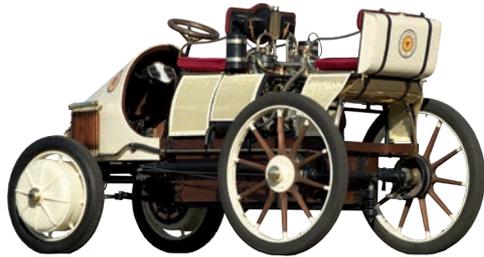




- 4** | **Das erste Hybridauto**
The first hybrid car



- 6** | **Auf dem Weg zum modernen Hybridauto**
On the journey to the modern hybrid car

- 8** | **Das erste serienmäßige Hybridauto**
The first mass-produced hybrid car

- 12** | **Wie funktioniert ein Hybridantrieb?**
How does a hybrid drive work?

- 14** | **Arten von Hybridfahrzeugen**
Types of hybrid vehicles

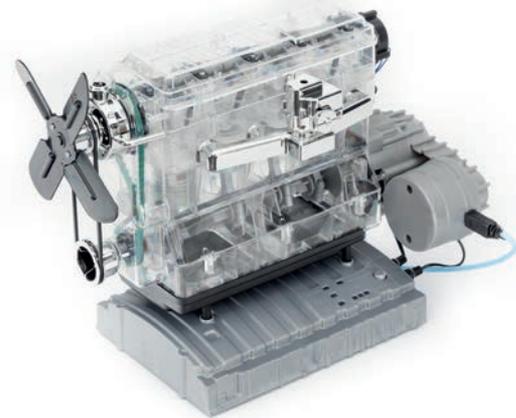
- 18** | **Hybrid oder Plug-in-Hybrid?**
Hybrid or plug-in hybrid?

- 19** | **Elektromotor**
Electric motor

- 26** | **Hinweise für den Modellaufbau**
Instructions for building the model

- 28** | **Alle Teile Ihres Motors**
The Components of the Engine

- 30** | **Bauanleitung**
Assembly instructions



- 46** | **Die Zündfolge**
Ignition sequence

- 47** | **Experiment: Zündzeitpunkt einstellen**
Experiment: Adjusting ignition timing

- 48** | **Tipps & Tricks – So läuft Ihr Motor rund**
Tips and Tricks – For a smooth run of your engine

50 | **Der Fahrakku**
The drive battery

56 | **Aufbau eines Lithium-Akkus und Vorgänge darin**
Structure of a lithium battery and processes inside

58 | **Ottomotor**
Petrol engine

60 | **Komponenten des Verbrennungsmotors**
Components of the combustion engine



63 | **Kolben und Pleuel**
Pistons and connecting rods

65 | **Kurbelwelle und Kurbelgehäuse**
Crankshaft and crankcase

67 | **Motoröl**
Engine oil

68 | **Hybridautos**
Hybrid cars

72 | **Stichwort: Akkulebensdauer**
Keyword: Battery life

74 | **Akkulebensdauer erhöhen**
Increasing battery life

76 | **Zweites Leben eines Fahrakkus**
Second life of a drive battery

78 | **Gefahren durch Lithium-Akkus**
Hazards of lithium batteries

80 | **Strom und Umwelt**
Electricity and the environment

82 | **Glossar**
Glossary

Das erste Hybridauto

The first hybrid car

Hybridautos sind keine Erfindung der Gegenwart. Tatsächlich gibt es sie schon fast so lange wie das Automobil selbst.

Ende des 19. Jahrhunderts waren bei Autos Elektroantriebe sehr verbreitet. Auch Ferdinand Porsche baute 1899 ein solches Auto. Es wog 980 Kilogramm, von denen allein 410 Kilogramm auf das Gewicht des 44-zelligen 300-Ah-Akkus entfielen. Angetrieben wurde der Lohner-Porsche, so sein Name, über Radnabenmotoren an der Vorderachse, die es auf eine Leistung von rund 3,6 kW brachten. Bei einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h konnten bis zu 50 Kilometer zurückgelegt werden.

Porsche erkannte recht schnell, dass diese geringe Reichweite der große Schwachpunkt dieses Wagens war. Deshalb entwickelte Porsche den damals sogenannten Mixte-Antrieb. Die Bezeichnung Hybrid sollte sich für diese Technologie erst viel später etablieren. Zum Einsatz kam ein Vierzylinder-Benzinmotor mit einer Leistung von 16 PS, der mit einem Generator gekoppelt wurde. Damit diente der Verbrennungsmotor ausschließlich dazu, Strom zum Nachladen der Akkus zu erzeugen. Angetrieben wurde der 1902 – andere Quellen nennen 1900 – vorgestellte Lohner-Porsche ausschließlich elektrisch. Er gilt als das erste funktionsfähige Vollhybridfahrzeug der Welt.

Hybrid cars are not a modern invention. Actually, they have been around almost as long as the automobile itself.

At the end of the 19th century, electric drives were very common in cars. Ferdinand Porsche also built one in 1899. It weighed 980 kilograms, 410 kilograms of which were accounted for by the weight of the 44-cell 300 Ah battery alone. The Lohner-Porsche, as it was called, was driven by wheel hub motors on the front axle, which had an output of around 3.6 kW. At a top speed of 50 km/h, it was possible to cover a range up to 50 kilometres.

Porsche realised rather quickly that this low range was the great weakness of this car. That is why Porsche developed what was then called the Mixte drive. The term hybrid was to become established for this technology much later. A four-cylinder petrol engine with an output of 16 hp was used, which was coupled with a generator. This meant that the combustion engine was used only to generate electricity for recharging the batteries. The Lohner-Porsche, which was presented in 1902 – other sources state 1900 – was powered solely by electricity. It is considered the world's first fully functional hybrid vehicle.



*Der Lohner-Porsche
Semper Vivus aus dem
Jahr 1900 gilt als das
erste funktionsfähige
Vollhybridfahrzeug
der Welt.*

*Bild: Dr. Ing. h. c. F.
Porsche AG*



*The Lohner-Porsche
Semper Vivus from
1900 is considered the
world's first fully func-
tional hybrid vehicle.*

*Picture: Dr. Ing. h. c. F.
Porsche AG*

Wahrscheinlich war Ferdinand Porsche mit der Entwicklung seines Mixte-Wagens seiner Zeit um Jahrzehnte voraus. Denn dem Konstrukteur blieb nicht verborgen, dass ein weiterer gravierender Schwachpunkt seines Antriebskonzepts in den damals mehr als leistungsschwachen und gleichzeitig noch recht schweren Akkus lag.

Hinzu kam, dass der Hybridwagen wegen seines komplizierten technischen Aufbaus im Vergleich zu Fahrzeugen nur mit Verbrennungsmotor recht teuer war.

Erst in der jüngeren Vergangenheit wurde erkannt, um welch großen Meilenstein es sich beim Mixte-Wagen wirklich gehandelt hat. Obwohl seine Entwicklung bereits 120 Jahre zurückliegt, nimmt er im Wesentlichen bereits das heute noch gültige Antriebskonzept der Hybridfahrzeuge vorweg.

Ferdinand Porsche was probably decades ahead of his time with the development of his Mixte car. The designer was not unaware that another serious weakness of his drive concept was the battery pack, which at that time was more than weak in performance and at the same time still quite heavy.

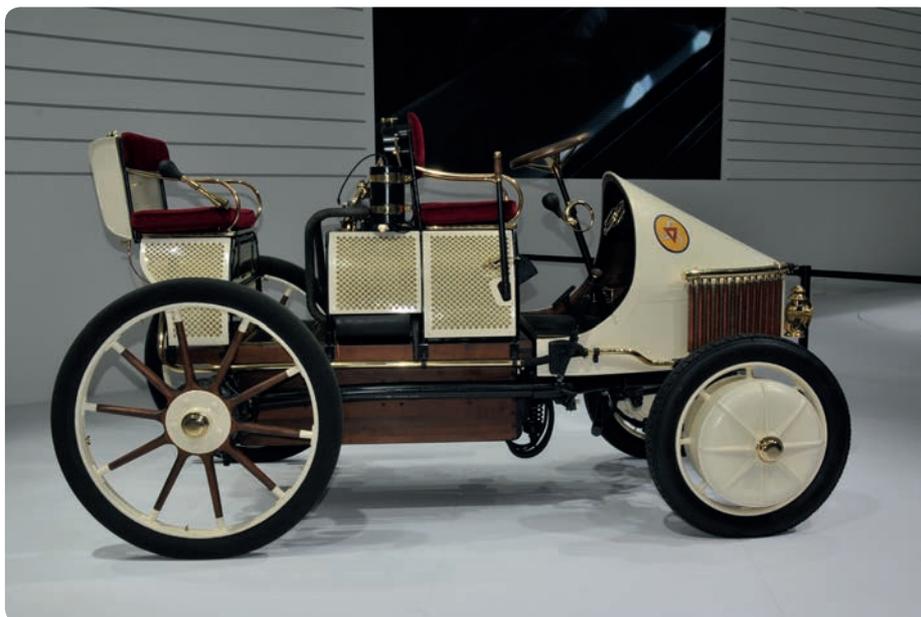
In addition, the hybrid car was quite expensive compared to vehicles with only a combustion engine because of its complicated technical construction.

Only in the recent years has it been recognised what a great milestone the Mixte car really was. Although its development dates back 120 years, it essentially already anticipates the drive concept of hybrid vehicles that is still valid today.

*Der Lohner-Porsche
auf der Genfer Auto
Show 2011*

*Bild: Wikipedia,
User: VortBot*

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GenevaMotorShow2011.jpg>



*The Lohner-Porsche
on the Geneva Motor
Show 2011.*

*Picture: Wikipedia,
User: VortBot*

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GenevaMotorShow2011.jpg>

Auf dem Weg zum modernen Hybridauto

Ab Ende der 1960er-Jahre begannen sich die Autohersteller allmählich wieder für die Hybridtechnologie zu interessieren. So wurden ab dieser Zeit mitunter außergewöhnliche Studien und Fahrzeuge entwickelt, die zumindest in Kleinstserien produziert wurden.

In den frühen 1970ern stellte beispielsweise Mazda den Prototyp des EX 005 vor. Dieses Micro-Car hatte ungefähr die Form eines Rieseneises. Innerhalb von Ortschaften fuhr der Wagen elektrisch. Für Freilandfahrten besaß er einen Zweischeiben-Kreiskolbenmotor.

Briggs & Stratton kennt man hierzulande am ehesten von ihren Rasenmähermotoren. 1979 stellte das amerikanische Unternehmen ein Coupé vor, das mit einem 8 PS starken Elektro- und einem 18-PS-Benzinmotor ausgestattet war. Beide Antriebssysteme konnten getrennt, aber auch gemeinsam genutzt werden. Für Aufsehen sorgte dieser Wagen, da er zwei Hinterachsen, also insgesamt sechs Räder besaß. Darüber war der 450 Kilogramm schwere Akku eingebaut.

Audi Duo

Auf Basis des Audi 100 Avant stellte der Ingolstädter Autobauer 1989 sein erstes Hybridfahrzeug vor. Der Audi Duo war nur eine Technikstudie, es blieb daher bei wenigen Prototypen. Die Vorderräder wurden von einem Fünfzylinder-Benzinmotor angetrieben. Auf die Hinterachse wirkte ein zuschaltbarer 9 kW (12 PS) starker E-Motor. Den Strom bezog er von einem großen Nickel-Cadmium-Akku.

Der Audi Duo wurde laufend verbessert. Die Variante von 1992 konnte bereits 80 Kilometer elektrisch zurücklegen. Von ihm wurden nur wenige Einheiten für Forschungszwecke und ausgesuchte Kunden gebaut.

1997 stellte Audi als erster europäischer Autobauer ein Hybridauto in Kleinserie her. Nun basierte der Audi Duo auf einem A4 Avant und besaß neben einem 66 kW starken 1,9-Liter-TDI-Motor auch einen E-Motor mit einer Leistung von 21 kW. Dieser wurde von einem im Heck verbauten Blei-Gel-Akku angetrieben. Beide Motoren wirkten auf die Vorderräder. Die elektrische Höchstgeschwindigkeit lag bei 80 km/h. Dieser Plug-in-Hybrid besaß bereits alle Merkmale eines modernen Modells.

On the journey to the modern hybrid car

From the end of the 1960s, car manufacturers slowly began to take an interest in hybrid technology again. From this time on, extraordinary studies and vehicles were developed, which were produced at least in small series.

In the early 1970s, for example, Mazda presented the prototype of the EX 005. This micro-car had roughly the shape of a giant ice cream. Within city limits, the car drove electrically. For outdoor driving, it had a two-disc rotary engine.

Briggs & Stratton is best known in this country for its lawnmower engines. In 1979, the American company introduced a coupé that was equipped with an 8 hp electric motor and an 18 hp petrol engine. Both drive systems could be used separately, but also together. This car caused a sensation because it had two rear axles, i.e. a total of six wheels. The 450-kilogram battery was installed above them.

Audi Duo

Based on the Audi 100 Avant, the Ingolstadt carmaker presented its first hybrid vehicle in 1989. The Audi Duo was only a technology study, so it was limited to a few prototypes. The front wheels were driven by a five-cylinder petrol engine. The rear axle was driven by a 9 kW (12 hp) electric motor. It drew its power from a large nickel-cadmium battery.

The Audi Duo was continuously improved. The 1992 version could already travel 80 kilometres on electric power. Only a few units were built for research purposes and selected customers.

In 1997, Audi was the first European carmaker to produce a hybrid car in small series. Now the Audi Duo was based on an A4 Avant and, in addition to a 66 kW 1.9-litre TDI engine, also had an electric motor with an output of 21 kW. This was powered by a lead-gel battery installed in the rear. Both motors worked on the front wheels. The electric top speed was 80 km/h. This plug-in hybrid already had all the characteristics of a modern model.



Der Audi Duo von 1997 war das erste in Europa in Serie hergestellte Hybridfahrzeug.

The 1997 Audi Duo was the first series-produced hybrid vehicle in Europe.



Der Audi Duo war ab 1989 zwar primär eine Studie, trotzdem kamen ausgesuchte Kunden in den Genuss dieses Wagens.

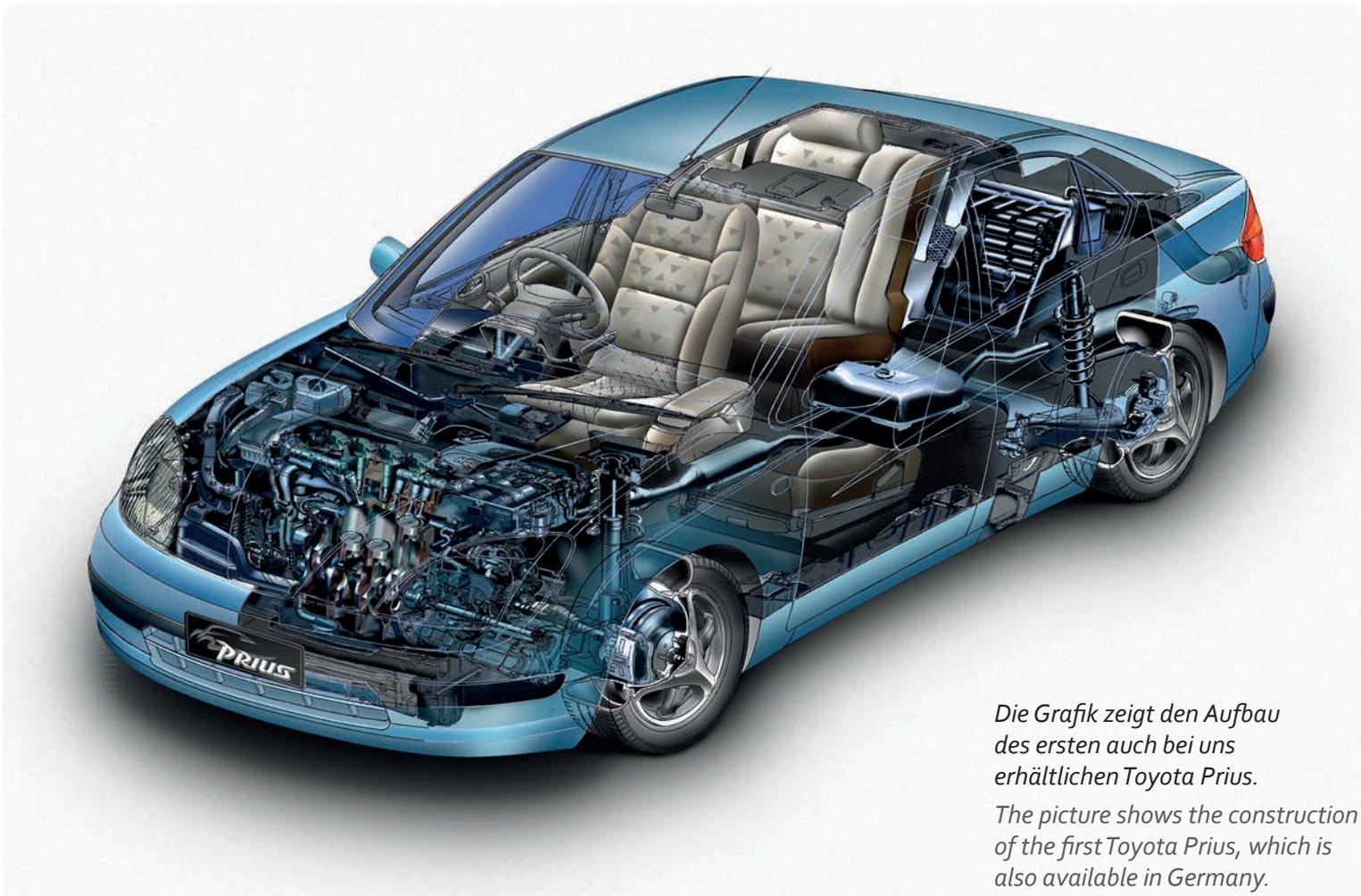
Although the Audi Duo was primarily a concept car from 1989 onwards, selected customers were able to enjoy this car.

Das erste serienmäßige Hybridauto

Der Ruhm des ersten in Großserie hergestellten Hybridautos gebührt dem Toyota Prius, der in Japan seit 1997 angeboten wird. In Deutschland ist er seit 2001 erhältlich. Der erste Prius verfügte über einen Vierzylinder-Benzinmotor sowie einen Elektroantrieb. Eine ausgeklügelte Steuerung, genannt Toyota Hybrid System (THS), aktiviert je nach Anforderung das gerade am besten geeignete Antriebssystem. Innerorts kann so vollständig elektrisch gefahren werden. Bei höheren Geschwindigkeiten wird der Benzinmotor zugeschaltet. Auf diese Weise lässt sich der Durchschnittsverbrauch auf rund 3,6 Liter auf 100 Kilometer reduzieren. Der Ausstoß von Wasser-, Kohlen- und Stickstoff kann damit sogar um bis zu 90 Prozent reduziert werden. Auf den Toyota Prius wurden über 200 Patente angemeldet – ein Zeichen dafür, wie viel an technischer Innovation in diesem Fahrzeug steckt.

The first mass-produced hybrid car

The honour of being the first mass-produced hybrid car goes to the Toyota Prius, which has been available in Japan since 1997. In Germany, it has been available since 2001. The first Prius had a four-cylinder petrol engine and an electric drive. A sophisticated control system called Toyota Hybrid System (THS) activates the most suitable drive system depending on the requirements. In urban areas, the car can be driven completely electrically. At higher speeds, the petrol engine is switched on. In this way, average fuel consumption can be reduced to around 3.6 litres per 100 kilometres. Emissions of water, carbon and nitrogen can be reduced by up to 90 percent. More than 200 patents have been registered for the Toyota Prius – a sign of how much technical innovation has gone into this vehicle.



Die Grafik zeigt den Aufbau des ersten auch bei uns erhältlichen Toyota Prius.

The picture shows the construction of the first Toyota Prius, which is also available in Germany.

Fahrzeugdaten

Type:	Toyota Prius
Modell:	Limousine, Kompaktklasse
Modelljahr:	2001
Länge:	4.315 mm
Breite:	1.695 mm
Höhe:	1.475 mm
Radstand:	2.550 mm
Leergewicht:	1.325 kg
Antriebsart:	Frontantrieb
Höchstgeschwindigkeit:	160 km/h
Verbrauch:	ca. 5,1 Liter/100 km

Motordaten

Verbrennungsmotor:	Ottomotor
Zylinder:	4
Hubraum:	1.497 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor:	53 kW (72 PS)
Leistung Elektromotor:	33 kW (45 PS)

Vehicle data

Type:	Toyota Prius
Model:	Sedan, compact class
Model year:	2001
Length:	4,315 mm
Width:	1,695 mm
Height:	1,475 mm
Wheelbase:	2,550 mm
Empty weight:	1,325 kg
Drive type:	Front-wheel drive
Top speed:	160 km/h
Fuel consumption:	approx. 5.1 litres/100 km

Engine data

Combustion engine:	petrol engine
Cylinders:	4
Displacement:	1,497 cm ³
Combustion engine output:	53 kW (72 hp)
Electric motor output:	33 kW (45 hp)



Blick unter die Motorhaube des Toyota Prius von 2002.

View under the bonnet of the 2002 Toyota Prius.



Der Toyota Prius ist das weltweit erste in Großserie hergestellte Hybridfahrzeug.

The Toyota Prius is the world's first mass-produced hybrid vehicle.

Das Hybridsystem des ersten Toyota Prius zielte vor allem auf den innerstädtischen Nah- und Kurzstreckenverkehr ab, also überall dort, wo der Benzinmotor nicht richtig warm und wo am meisten Treibstoff verbraucht wird. Gerade hier ist der Elektroantrieb unschlagbar. Die verbaute Akkukapazität reicht für einige Kilometer – genug für tägliche Besorgungen und den Weg zur Arbeit. Aufgeladen wird der Akku, während der Wagen mit dem Verbrennungsmotor fährt.

Anfangs fanden vor allem Taxiunternehmen Gefallen am hybriden Toyota. Später eroberte er auch die Herzen vieler privater Autofahrer.

The hybrid system of the first Toyota Prius was aimed primarily at urban short- and medium-distance traffic, i.e. everywhere where the petrol engine does not warm up properly and where the most fuel is consumed. It is precisely in this area that the electric drive is unbeatable. The built-in battery capacity is enough for several kilometres – enough for daily purchases and the way to work. The battery is charged while the car is running on the combustion engine.

Initially, it was mainly taxi companies that liked the hybrid Toyota. Later, it also won the hearts of many private car drivers.



Der Toyota Prius wird noch heute gebaut. Die aktuelle Version braucht nur noch 1,3 Liter Benzin pro 100 Kilometer.

The Toyota Prius is still being built today. The current version consumes only 1.3 litres of petrol per 100 kilometres.



Der rückwärtige Schriftzug verrät, dass in diesem Wagen neben dem Verbrennungsmotor auch ein Elektromotor schnurrt.

The lettering on the rear reveals that an electric motor purrs in this car in addition to the combustion engine.

Wie funktioniert ein Hybridantrieb?

Hybridantriebe zählen zu den alternativen Antrieben. Sie kombinieren zwei unterschiedliche Antriebssysteme. In der Regel sind dies ein Benzin- und ein Elektromotor, die gemeinsam auf die Antriebswelle wirken. Gerne werden solche Systeme auch als Hybridmotor bezeichnet, was aber falsch ist.

Während der Fahrt wechselt der Hybridantrieb automatisch zwischen beiden Motoren, je nachdem, mit welchem sich gerade effizienter fahren lässt. Bei geringen Geschwindigkeiten bis 50 km/h kommt primär der Elektromotor zum Einsatz. Bei höheren Geschwindigkeiten oder bei stärkerer Beschleunigung wird der Verbrennungsmotor zugeschaltet.

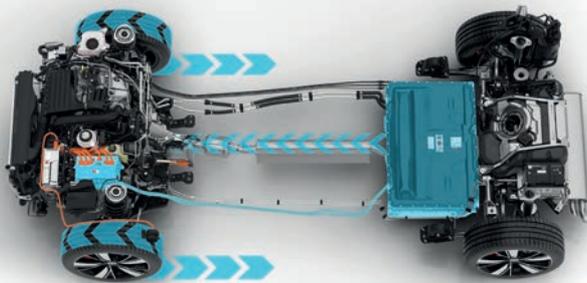
Außerdem verfügen Hybridautos über intelligente Bremsysteme, die die beim Bremsen auftretende Energie mittels Generator in elektrischen Strom umwandeln, mit dem wiederum der Hochvolt-Fahrakku geladen wird.

How does a hybrid drive work?

Hybrid drives are one of the alternative drives. They combine two different drive systems. As a general rule, these are a petrol engine and an electric motor that act together on the drive shaft. Such systems are often referred to as hybrid engines, but this is incorrect.

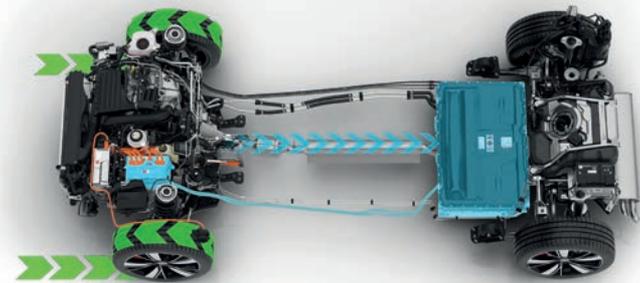
While driving, the hybrid drive automatically switches between the two engines, depending on which one is more efficient. At low speeds up to 50 km/h, the electric motor is primarily used. At higher speeds or with stronger acceleration, the combustion engine is switched on.

In addition, hybrid cars have intelligent braking systems that use a generator to convert the energy produced during braking into electricity, which in turn is used to charge the high-voltage battery.



Im elektrischen Fahrmodus bezieht der E-Motor die Energie aus dem Fahrakku.

In electric driving mode, the electric motor is powered by the vehicle's battery.



Die beim Bremsen entstehende Energie wird in Strom umgewandelt, mit dem der Fahrakku geladen wird.

The energy generated during braking is converted into electricity, which is used to charge the drive battery.

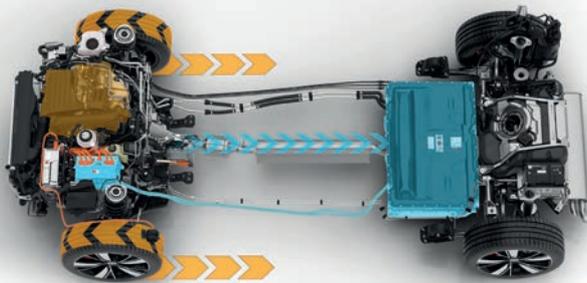
Mehrere Varianten

Bei Hybridantrieben kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz:

Beim seriellen Hybridantrieb gibt während der Fahrt immer nur ein Motor seine Kraft an die Antriebswelle ab. Während der Elektromotor aktiv ist, läuft der Verbrennungsmotor dennoch weiter und treibt währenddessen einen Generator an. Mit dem von ihm erzeugten Strom wird der Fahrakku geladen.

Beim parallelen Hybridsystem sind stets beide Motoren gleichzeitig aktiv und unterstützen sich gegenseitig.

Beim leistungsverzweigten Hybridantrieb sind im Fahrzeug neben dem Verbrennungsmotor ein Elektromotor und ein Generator eingebaut. Bei diesem Verfahren läuft der Verbrennungsmotor ständig im effizientesten Drehzahlbereich, und zwar vollkommen unabhängig davon, wie viel Motorleistung gerade gebraucht wird. Der tatsächliche Leistungsbedarf wird vom E-Motor abgedeckt. Bei der Realisierung von Hybridfahrzeugen zeigen sich die Autobauer ganz allgemein als recht erfinderisch und verstehen es vorzüglich, die Vorzüge des Verbrennungsmotors mit denen des Elektroantriebs bestmöglich zu kombinieren. Das übergeordnete Ziel, möglichst wenig Benzin zu verbrauchen und die Emissionen auf ein Mindestmaß zu reduzieren, beherrschen inzwischen alle ausgezeichnet.



Während das Auto mit dem Ottomotor fährt, wird gleichzeitig Strom erzeugt, mit dem der Fahrakku geladen wird.

While the car is being driven by the petrol engine, electricity is generated at the same time, which is used to charge the drive battery.

Several alternatives

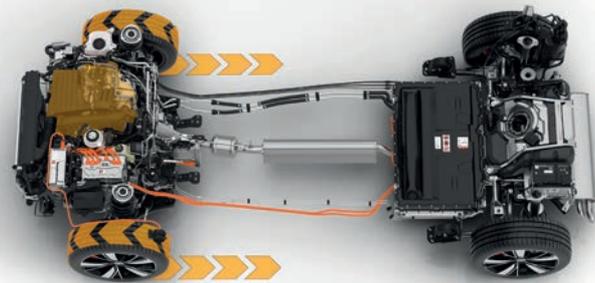
Different technologies are used for hybrid drives:

With the serial hybrid drive, only one motor delivers its power to the drive shaft while the vehicle is in motion. While the electric motor is active, the combustion engine continues to run and powers a generator. The electricity generated by the generator is used to charge the battery.

In the parallel hybrid system, both engines are always active at the same time and support each other.

With the power-split hybrid drive, an electric motor and a generator are installed in the vehicle in addition to the combustion engine. With this method, the combustion engine constantly runs in the most efficient speed range, completely independent of how much engine power is currently needed. The actual power demand is covered by the electric motor.

In the realisation of hybrid vehicles, carmakers are generally quite inventive and know how to combine the advantages of the combustion engine with those of the electric drive in the best possible way. The overriding goal of consuming as little petrol as possible and reducing emissions to a minimum is now excellently mastered by all of them.



Ist die Energie des Fahrakkus erschöpft, kann man mit dem Verbrennungsmotor des Hybridfahrzeugs sorgenlos weiterfahren.

If the energy in the drive battery is exhausted, the hybrid vehicle's combustion engine can be used to continue driving without worries.

Arten von Hybridfahrzeugen

Types of hybrid vehicles

Es gibt fünf Arten von Hybridfahrzeugen, die im Grunde nicht „hybrid“ sind. Davon kommen vornehmlich drei bei heute üblichen Hybridfahrzeugen zum Einsatz – wobei Plug-in-Hybridmodelle nicht nur am beliebtesten, sondern auch am umweltfreundlichsten sind.

There are five types of hybrid vehicles, popularly and incorrectly referred to as hybrids. Of these, three are primarily used in hybrid vehicles common today – with plug-in hybrid models not only being the most popular, but also the most environmentally friendly.

Mildhybrid

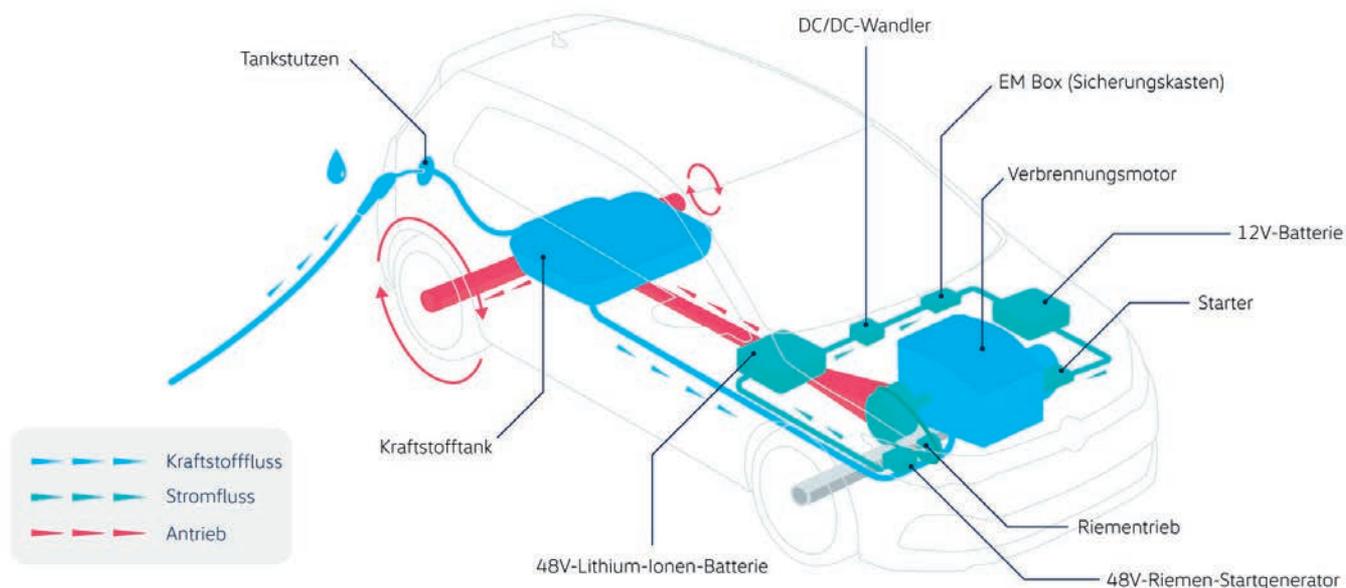
Bei dieser Variante wird der Verbrennungsmotor vom Elektromotor nur unterstützt. Rein elektrisches Fahren ist beim Mildhybrid nicht möglich.

Mild hybrid

In this variant, the combustion engine is only assisted by the electric motor. Purely electric driving is not possible with a mild hybrid.

So funktioniert ein **Mild Hybrid**

Verbrennermotor mit Stromaggregat für Anfahren, Beschleunigung und Rekuperation



Quelle Volkswagen

Die Grafik veranschaulicht die Funktionsweise eines Mildhybrids.

The diagram illustrates how a mild hybrid works.

Hybridauto

Das Hybridauto wird auch als Vollhybrid oder HEV (Hybrid Electric Vehicle) bezeichnet. In ihm dient der Elektromotor nur als Unterstützung für den Verbrennungsmotor. Er kommt etwa beim Anfahren und bei Geschwindigkeiten bis 50 km/h zum Einsatz. Danach übernimmt der herkömmliche Motor den Antrieb des Autos. Währenddessen rekuperiert der Elektromotor die Bewegungsenergie. Der so gewonnene Strom dient dem Aufladen der vergleichsweise kleinen Antriebsbatterie. Damit sorgen Vollhybridfahrzeuge selbst für das Aufladen ihres Fahrakkus. Eine Steckdose, über die sie etwa über das öffentliche Stromnetz aufgeladen werden könnten, fehlt ihnen. Mit Vollhybridautos lassen sich nur kurze Strecken bis etwa fünf Kilometer rein elektrisch zurücklegen.

Der Vollhybrid soll den Verbrennungsmotor entlasten und so zu einem geringeren Treibstoffverbrauch beitragen. Für rein elektrisches Fahren ist die verbaute Akkukapazität selbst auf der Kurzstrecke zu gering.

Plug-in-Hybrid

Der Plug-in-Hybrid, auch PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), entspricht dem, was allgemein fälschlicherweise als Hybridfahrzeug verstanden wird. Er besitzt einen größeren Fahrakku und erlaubt die freie Wahl des Antriebssystems. So kann man mit einem Plug-in-Hybrid auch auf der Autobahn vollelektrisch fahren. Immerhin

Hybrid car

The hybrid car is also called a full hybrid or HEV (Hybrid Electric Vehicle). In this type of car, the electric motor only serves to support the combustion engine. It is used, for example, when starting off and at speeds of up to 50 km/h. After that, the conventional engine takes over the drive of the car. Meanwhile, the electric motor recuperates the kinetic energy. The electricity generated in this way is used to charge the comparatively small drive battery. In this way, full hybrid vehicles recharge their batteries themselves. They do not have a socket that could be used to recharge them from the public electricity grid, for example. Full hybrid cars can only cover short distances of up to about five kilometres purely electrically.

The full hybrid is supposed to take the strain off the combustion engine and thus contribute to lower fuel consumption. For purely electric driving, the installed battery capacity is too small, even for short distances.

Plug-in Hybrid

The plug-in hybrid, or PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), corresponds to what is generally mistakenly understood as a hybrid vehicle. It has a larger drive battery and allows a free choice of drive system. This means that a plug-in hybrid can also be driven fully electrically on the motorway. After all, plug-in hybrid cars have larger

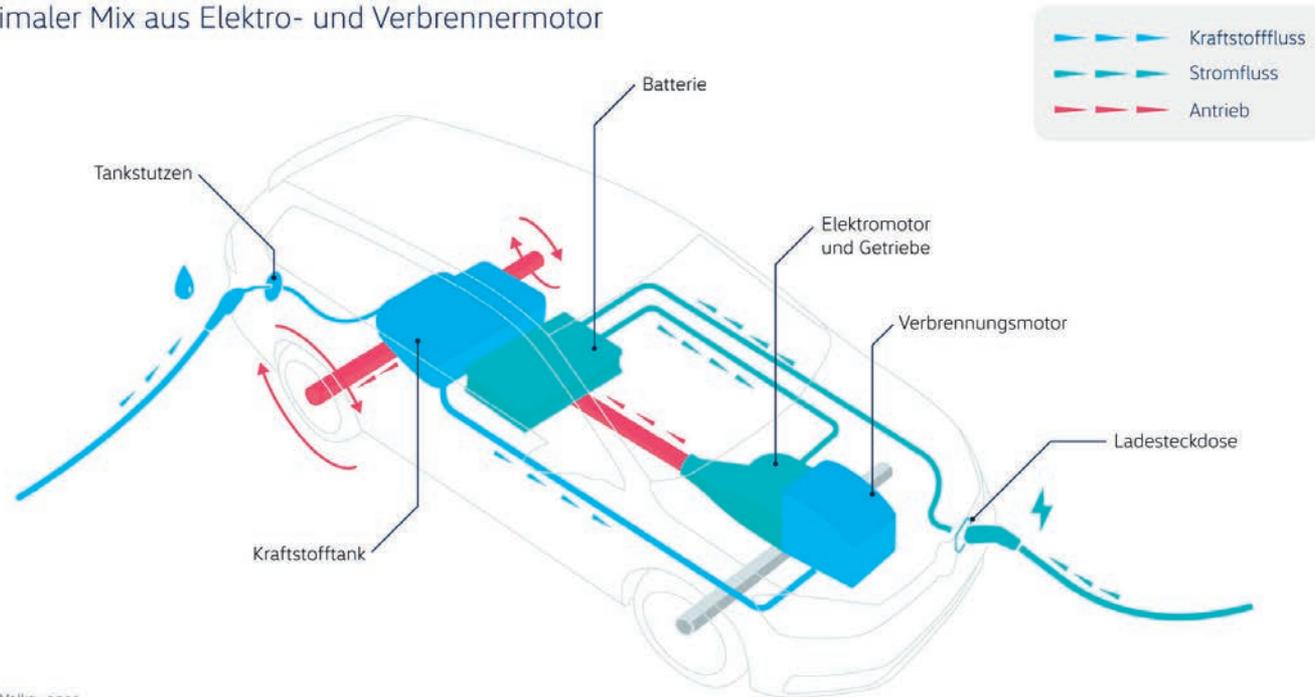


Das offensichtlichste Kennzeichen eines Plug-in-Hybrids ist, dass sein Akku an der Steckdose oder an Ladestationen aufgeladen werden kann, im Bild der Hyundai-IONIQ-Plug-in-Hybrid.

The most obvious characteristic of a plug-in hybrid is that its battery can be charged at the socket or at charging stations, pictured is the Hyundai IONIQ plug-in hybrid.

So funktioniert ein **Plug-In Hybrid**

Optimaler Mix aus Elektro- und Verbrennermotor



Die Grafik veranschaulicht die Funktionsweise eines Plug-in-Hybrids.

The diagram illustrates how a plug-in hybrid works.

besitzen Plug-in-Hybridautos größere Akkus als Vollhybride. Im Vergleich zu reinen E-Autos sind diese Akkus aber immer noch ziemlich klein. Entsprechend gering ist auch die elektrische Reichweite, die bei aktuellen Modellen zwischen rund 50 und 65 Kilometern liegt. Der Akku des Plug-in-Hybrids kann an der Steckdose aufgeladen werden.

Der Vorteil des Plug-in-Betriebs liegt darin, dass mit ihm typische tägliche Wege rein elektrisch gefahren werden können. Auf der Langstrecke sorgt der Verbrennungsmotor für hohen Reisekomfort.

batteries than full hybrids. Compared to pure e-cars, however, they are still quite small. The electric range is correspondingly low, ranging between about 50 and 65 kilometres in current models.

The battery of the plug-in hybrid can be charged at the socket.

The advantage of plug-in operation is that typical daily journeys can be driven purely electrically. For the long haul, the combustion engine ensures a high level of travelling comfort.

Range Extender

Mit dem Range-Extender-Antrieb wird, solange die Akku Energie abgeben kann, elektrisch gefahren. Neigt sich sein Ladezustand dem Ende zu, übernimmt der Verbrennungsmotor. Da stets nur ein Motor aktiv ist, bringen es Fahrzeuge mit Range-Extender-Antrieb auf eine geringere Motorleistung als andere Hybridfahrzeugvarianten.

Range extender

With the range extender drive, the vehicle is driven electrically as long as the battery can supply energy. When its charge level is nearing its end, the combustion engine takes over. Since only one engine is active at a time, vehicles with range extender drive have a lower engine output than other hybrid vehicle variants.

Micro-Hybrid

Der Micro-Hybrid ist die einfachste Variante einer Hybridlösung. Während bei üblichen Hybridfahrzeugen elektrische Energie auf zwei verschiedene Arten erzeugt wird, wandelt der Micro-Hybrid nur die beim Bremsen gewonnene Energie in Strom um. Damit kann der Akku während der Fahrt nicht zusätzlich und vor allem nicht kontinuierlich, wie etwa durch einen vom Verbrennungsmotor angetriebenen Generator, geladen werden. Die beiden letztgenannten Hybridvarianten haben im modernen Automobilbau keine Bedeutung.

Micro-Hybrid

The micro-hybrid is the simplest variant of a hybrid design. While conventional hybrid vehicles generate electrical energy in two different ways, the micro-hybrid only converts the energy gained during braking into electricity. This means that the battery cannot be charged additionally during the journey and, above all, not continuously, as would be the case with a generator driven by the combustion engine. The latter two hybrid variants are of no significance in modern automotive engineering.

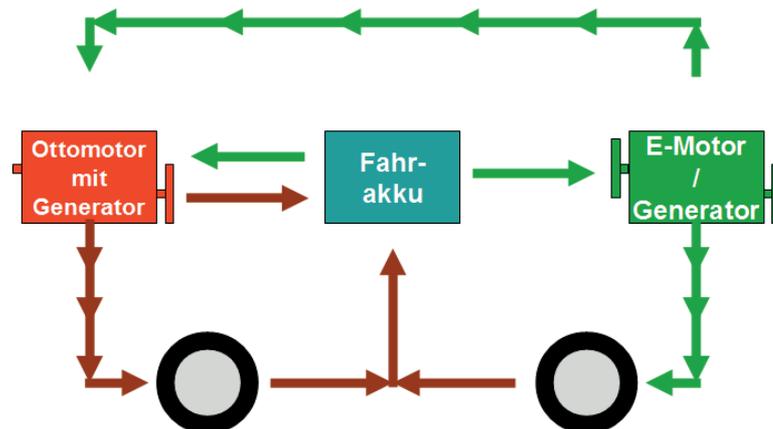
Smarter Einstieg in die E-Mobilität

Die Stärken von Mild Hybrid (MHEV) und Plug-In Hybrid (PHEV) im Vergleich

	Mild Hybrid	Plug-In Hybrid
 Motorisierung	Elektrische Unterstützung des Verbrennungsmotors bei Anfahren, Beschleunigung und Rekuperation	Elektromaschine und Verbrennungsmotor ergänzen sich
 Vorteil	Günstiger Preis, gute Performance, kein externer Ladestecker	Ermöglicht optimale Mobilität auf Kurz- (E-Motor) & Langstrecke (Verbrenner)
 Nachhaltigkeit	Kraftstoffersparnis dank emissionsfreiem Segeln	lokale Emissionsfreiheit auf Kurzstrecken bis zu 80 km
 Erhältlich in	Golf eTSI, (81, 96 & 110 kW) ^{1,2,3} , weitere Modelle folgen kurzfristig	Golf eHybrid ⁴ , Golf GTE ⁵ , Passat GTE ⁶ ; ab Ende 2020 auch in Tiguan, Arteon & Touareg Modellen

Quelle Volkswagen

1. - Golf 1.0 eTSI 7-Gang-DSS (81 kW / 110 PS); Verbrauch kombiniert (NEDC): 6,3 l/100 km; CO₂: 98 g/km; Effizienzklasse A.
 2. - Golf 1.3 eTSI 7-Gang-DSS (110 kW / 150 PS); Verbrauch kombiniert (NEDC): 6,6 l/100 km; CO₂: 106 g/km; Effizienzklasse A.
 3. - Golf 1.3 eTSI 7-Gang-DSS (96 kW / 130 PS); Das Fahrzeug ist eine serienmäßige Hybrid.
 4. - Golf 1.4 eHybrid 6-Gang-DSS (110 kW / 150 PS); Verbrauch kombiniert (NEDC): 1,4 - 1,2 l/100 km; 11,4 - 11,0 kWh/100 km; CO₂: 23 - 19 g/km; Effizienzklasse A+.
 5. - Golf 1.4 GTE 6-Gang-DSS (180 kW / 245 PS); Verbrauch kombiniert (NEDC): 1,7 l/100 km; 12,4 kWh/100 km; CO₂: 38 g/km; Effizienzklasse A+.
 6. - Passat 1.4 GTE 6-Gang-DSS (180 kW / 245 PS); Verbrauch kombiniert (NEDC): 1,5 - 1,4 l/100 km; 14,2 - 13,8 kWh/100 km; CO₂: 34 - 32 g/km; Effizienzklasse A+.



Gegenüberstellung zwischen Mild- und Plug-in-Hybrid.

Comparison between mild and plug-in hybrid.

Die Grafik veranschaulicht die Funktionsweise eines Vollhybrids.

The diagram illustrates how a full hybrid works.

Hybrid oder Plug-in-Hybrid?

Wer sich für ein Hybridfahrzeug entscheidet, hat die Wahl zwischen Voll- und Plug-in-Hybrid. Zu den großen Vorteilen des Vollhybrids zählt etwa, dass dessen Akku nicht extern aufgeladen werden muss. Nicht jeder hat schließlich die Gelegenheit, zu Hause eine Wallbox zu installieren, und öffentliche Ladesäulen sind rar. Vollhybridautos kommen zudem mit einem kleinen Fahrakku aus. Dessen Kapazität bewegt sich häufig um die 2 kWh. Das genügt, um den Verbrenner, der auch für das Laden des Akkus sorgt, zu unterstützen und so für geringeren Treibstoffverbrauch zu sorgen. Ein rein elektrisches Fahren ist bei ihnen nicht vorgesehen, womit die Treibstoff- und CO₂-Ersparnis jedenfalls geringer ausfällt als bei einem Plug-in-Hybrid. Für den Vollhybrid sprechen wiederum die spürbar günstigeren Anschaffungskosten, die sich unter anderem durch den deutlich kleineren verbauten Fahrakku begründen.

Der Plug-in-Hybrid lässt auch rein elektrisches Fahren über längere Distanzen bis etwa 50 bis 60 Kilometer zu. Dazu wurde ein im Vergleich zu den Vollhybriden deutlich größerer Fahrakku verbaut. Dieser wird gewöhnlich an Ladesäulen aufgeladen. Zusätzlich wird Ladestrom erzeugt, während man mit dem Verbrennungsmotor unterwegs ist. Der Benzinverbrauch moderner Plug-in-Hybridautos bewegt sich bei den meisten Modellen im Bereich von etwa 1,5 Litern pro 100 Kilometer, womit auch für entsprechend geringen CO₂-Ausstoß gesorgt ist.

Welches System am sinnvollsten?

Mit einem Plug-in-Hybrid wird die Umwelt stärker geschont als mit einem Voll- oder gar Mildhybridfahrzeug. Zudem ist er förderfähig, was seine erhöhten Anschaffungskosten relativiert. Für den Alltagsbetrieb entscheidend ist, dass sich mit jedem Hybridsystem genauso komfortabel fahren lässt wie mit einem Nur-Verbrenner-Auto. So können auch ferne Ziele erreicht werden, ohne zwischendurch freie Ladesäulen finden und dort warten zu müssen, bis der Akku wieder voll ist.

Hybrid or plug-in hybrid?

If you choose a hybrid vehicle, you have the choice between a full hybrid and a plug-in hybrid. One of the great advantages of the full hybrid is that its battery does not have to be charged externally. After all, not everyone has the opportunity to install a wallbox at home, and public charging stations are rare. In addition, full hybrid cars get by with a small drive battery. Its capacity is often around 2 kWh. This is enough to support the combustion engine, which also charges the battery, and thus ensure lower fuel consumption. Purely electric driving is not possible, which means that the fuel and CO₂ savings are lower than with a plug-in hybrid. The full hybrid, on the other hand, has noticeably lower acquisition costs, which are partly due to the significantly smaller battery installed.

The plug-in hybrid also allows purely electric driving over longer distances of up to about 50 to 60 kilometres. For this purpose, a significantly larger drive battery is installed compared to the full hybrids. It is usually charged at charging stations. In addition, charging current is also generated while driving with the combustion engine. The petrol consumption of modern plug-in hybrid cars is in the range of about 1.5 litres per 100 kilometres for most models, which also ensures correspondingly low CO₂ emissions.

Which system makes the most sense?

A plug-in hybrid is more environment-friendly than a full or even a mild hybrid vehicle. In addition, it is eligible for subsidies, which puts its higher acquisition costs into perspective. The decisive factor for everyday driving is that any hybrid system is just as comfortable to drive as a combustion-only car. This means that even distant destinations can be reached without having to find free charging stations in between and wait there until the battery is full again.

	Treibstoffersparnis	CO2-Einsparung	elektrische Reichweite	Anschaffungskosten	Akku laden	allgemeine Reichweite
Vollhybrid	gering	gering	gering ca. 2 km	relativ gering	entfällt	sehr hoch
Plug-in Hybrid	hoch	hoch	hoch ca. 60 km	relativ hoch	Wallbox Ladesäule	sehr hoch
Elektro	maximal	maximal	mittel	hoch	Wallbox Ladesäule	gering

Die Grafik stellt die Vor- und Nachteile von Voll- und Plug-in-Hybridautos sowie E-Fahrzeugen gegenüber.

The diagram compares the advantages and disadvantages of full and plug-in hybrid cars and e-vehicles.

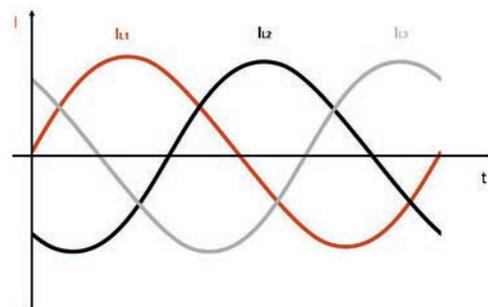
Elektromotor

Electric motor

In so gut wie allen E- und somit auch Hybridautos wird der Part des elektrischen Antriebs meist von einem Drehstromsynchronmotor übernommen, wobei zwischen fremd- und permanenterregtem Synchronmotor unterschieden wird. Am weitesten verbreitet sind permanenterregte Synchronmaschinen. Ihr Aufbau ist vergleichsweise simpel und kommt ohne Kohlebürsten, Schleifringe oder dergleichen aus. Diese Motoren punkten zudem mit einem hohen Wirkungsgrad von mehr als 90 Prozent und einem hohen spezifischen Drehmoment. Da der Fahrakku jedoch nur Gleichstrom speichert, ist für den Betrieb des Motors zwingend ein Drehstromwechselrichter vonnöten.

In almost all electric and thus also hybrid cars, the part of the electric drive is usually taken over by a three-phase synchronous motor, whereby a distinction is made between externally excited and permanently excited synchronous motors. Permanently excited synchronous machines are the most common. Their design is comparatively simple and does not require brushes, slip rings or the like. These motors also score with a high efficiency of more than 90 percent and a high specific torque. However, since the drive battery only stores direct current, a three-phase inverter is required to operate the motor.

Bei Drehstrom handelt es sich um drei Wechselströme, die im zeitlichen Abstand von je 120 Grad zueinander fließen.



Three-phase current involves three alternating currents, each flowing 120 degrees apart in time.

Ein E-Motor, egal in welcher Ausführung, kann grundsätzlich auch als Generator betrieben werden. Deshalb spricht man genau genommen etwa von einer Synchronmaschine und nicht von einem Synchronmotor, denn E-Motoren und Generatoren sind im Prinzip gleich aufgebaut. Diese besondere Eigenschaft erlaubt den kombinierten Einsatz einer Synchronmaschine in unseren E- und insbesondere Hybridautos. Werden diese elektrisch gefahren, beziehen sie im Fahrakku gespeicherte elektrische Energie, wodurch die Maschine als E-Motor wirkt. Bei Hybridfahrzeugen wirken der Elektro- und der Benzinmotor gemeinsam auf das Getriebe. Fährt man mit dem Verbrennungsmotor, versetzt er auch die Synchronmaschine in Drehung. Dabei kehrt sich ihre Funktionsweise um und wirkt nun als Generator, der Strom erzeugt. Mit diesem wird der Fahrakku geladen. Man spricht auch von Rekuperation. Mit diesem so gewonnenen Strom kann später wieder ein Stück vollelektrisch oder kombiniert gefahren werden.

Funktionsprinzip eines E-Motors

Der Elektromotor wandelt elektrische in mechanische Energie um. Grundlage dafür ist der Magnetismus, bei dem sich gleiche Pole abstoßen und unterschiedliche Pole anziehen. Die zwei grundlegenden Komponenten des Elektromotors sind der Stator und der sich im Stator drehende Rotor. Der Stator ist fest mit dem Motorgehäuse verbunden und, vereinfacht ausgedrückt, als kreisrunde Röhre ausgeführt. In ihrem Inneren ist der Rotor drehbar gelagert, wobei zwischen beiden nur ein äußerst geringer Luftspalt besteht. Im Stator sind in seiner einfachsten Ausführung drei je um 120 Grad zueinander versetzte Drahtspulen eingebaut. Jede dieser Wicklungen wird mit einer anderen Phase des erzeugten Drehstroms verbunden. Beim dreiphasigen Drehstrom handelt es sich um drei Wechselströme, die im zeitlichen Abstand von je 120 Grad zueinander fließen.

Fließt durch eine Spule elektrischer Strom, baut sich darin ein Magnetfeld auf, dessen Stärke wegen der sich ständig ändernden Stromstärke variiert und der auch seine Richtung ändert, je nachdem, ob sich die Stromkurve gerade in der positiven oder in der negativen Halbwelle des Wechselstroms befindet. Da etwa beim Dreiphasenwechselstrom die zweite Phase L₂ der ersten Phase L₁ um 120 Grad und die dritte Phase L₃ der ersten Phase L₁ um 240 Grad nacheilt, entsteht im Stator ein Drehfeld.

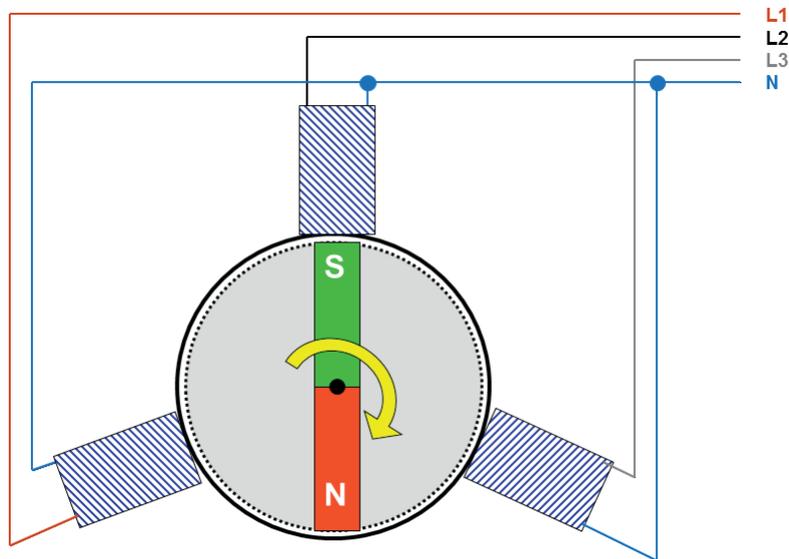
An electric motor, regardless of its design, can also be operated as a generator. This is why, strictly speaking, we speak of a synchronous machine rather than a synchronous motor, because electric motors and generators are basically constructed in the same way. This special property allows the combined use of a synchronous machine in our electric and especially hybrid cars. When these are driven electrically, they draw electrical energy stored in the drive battery, whereby the machine acts as an electric motor. In hybrid cars, the electric motor and the petrol engine act together on the transmission. When the combustion engine is driven, it also causes the synchronous machine to rotate. This reverses its function and it now acts as a generator that produces electricity. This is used to charge the battery. This is also called recuperation. The electricity generated in this way can later be used to drive the vehicle fully electrically or in a combined mode.

Functional principle of an electric motor

The electric motor converts electrical energy into mechanical energy. The basis for this is magnetism, in which similar poles repel each other and different poles attract each other. The two basic components of the electric motor are the stator and the rotor which rotates in the stator. The stator is firmly connected to the motor housing and, in simplified terms, is designed as a circular tube. The rotor is rotatably mounted inside it, with only an extremely small air gap between the two. In its simplest version, the stator contains three wire coils, each offset by 120 degrees. Each of these windings is connected to a different phase of the three-phase current generated. Three-phase current involves three alternating currents, each flowing 120 degrees apart in time.

When an electric current flows through a coil, a magnetic field builds up in it, the strength of which varies due to the constantly changing current strength and which also changes its direction depending on whether the current curve is currently in the positive or in the negative half-wave of the alternating current. Since, for example, in three-phase alternating current, the second phase L₂ lags the first phase L₁ by 120 degrees and the third phase L₃ lags the first phase L₁ by 240 degrees, a rotating field is created in the stator.

Prinzipieller Aufbau eines Drehstrommotors. Da die Stromstärken in den einzelnen Wicklungen im zeitlichen Abstand von 120 Grad zueinander stehen, entsteht im Stator ein Drehfeld.



Basic structure of a three-phase motor. Since the currents in the individual windings are spaced 120 degrees apart, a rotating field is created in the stator.

Der Rotor der permanent erregten Synchronmaschine besteht aus Dauermagneten, die ein ständiges, zu jedem Zeitpunkt gleichbleibendes Magnetfeld erzeugen. Nachdem gleich magnetische Pole sich abstoßen und unterschiedliche sich anziehen, richtet sich das Rotormagnetfeld an dem sich drehenden Magnetfeld des Stators aus, sodass sich der Rotor entsprechend der Geschwindigkeit dreht, mit der sich das Statormagnetfeld dreht. Die Verlängerung der Rotorwelle wirkt auf das Fahrzeuggetriebe, über das letztlich die Räder angetrieben werden.

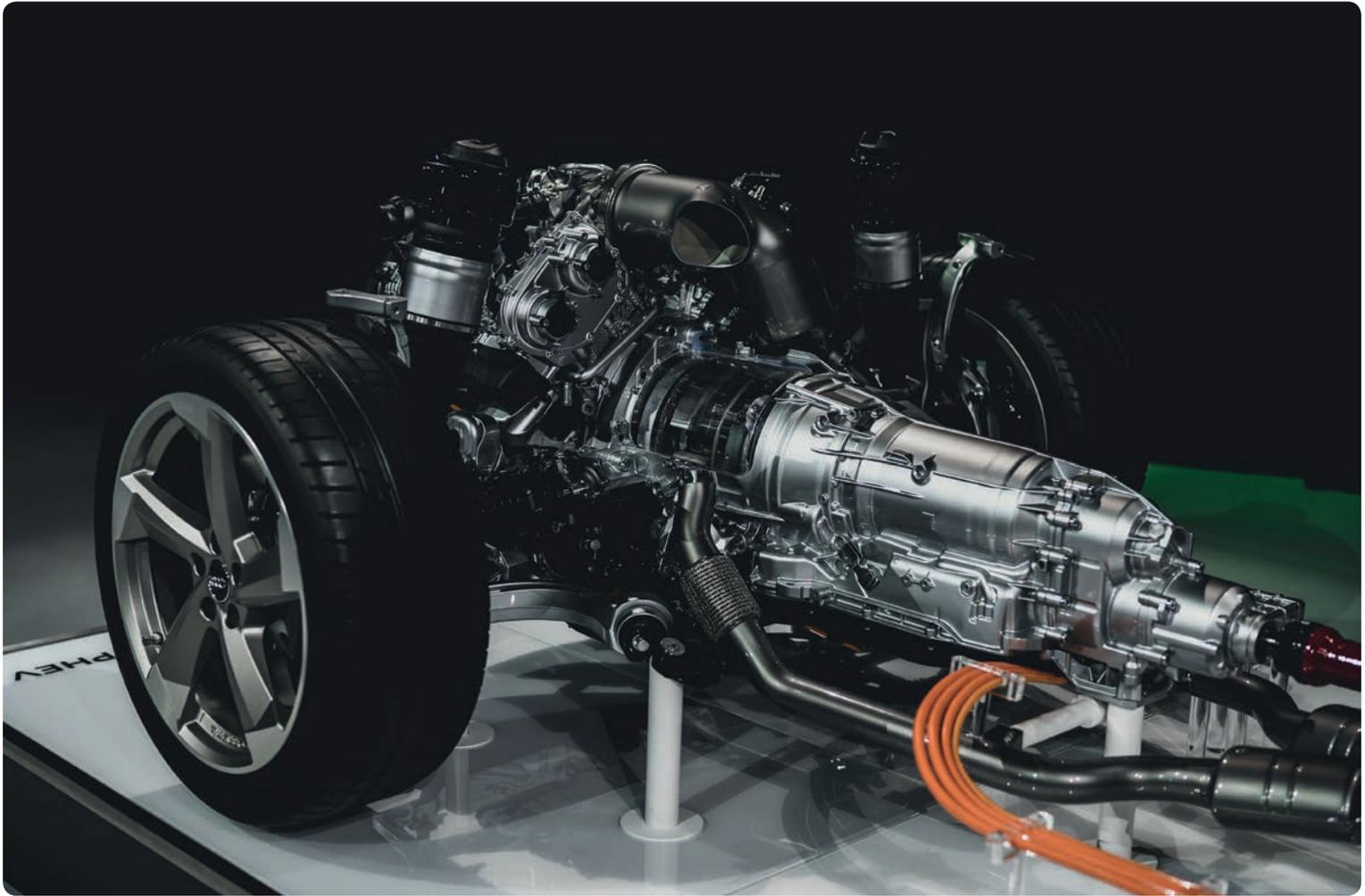
The rotor of the permanently excited synchronous machine consists of permanent magnets that generate a constant magnetic field that remains unchanged at all time. Since magnetic poles of the same polarity repel each other and opposite poles attract each other, the rotor magnetic field is aligned with the rotating stator magnetic field, so that the rotor rotates according to the speed with which the stator magnetic field rotates. The extension of the rotor shaft acts on the vehicle gearbox, which ultimately drives the wheels.

Generatormodus

Rollt das Fahrzeug etwa bergab, brauchen seine Räder nicht vom E-Motor angetrieben zu werden. Dann wird vom Fahrakku kein Strom zu den Motorwicklungen geleitet. Die sich drehenden Räder drehen aber über das Getriebe den Rotor, sodass dessen Dauermagnete in den Spulenwicklungen des Stators weiterhin Strom induzieren, der nun zum Aufladen des Akkus verwendet wird.

Generator mode

When the vehicle is rolling downhill, for example, its wheels do not need to be powered by the electric motor. This means that no current is conducted from the drive battery to the motor windings. However, since the rotor also continues to turn via the gearbox from the turning wheels, its permanent magnets induce current in the coil windings of the stator, which is now used to charge the battery.



Plug-in-Hybridantrieb des Audi A8 L 60 TFSI e.

Plug-in hybrid drive of the Audi A8 L 60 TFSI e.



*Der Stator ist aus zahlreichen dünnen Blechen zusammengesetzt. So werden Wirbelstromverluste vermieden.
The stator is composed of numerous thin sheets. This prevents losses due to eddy currents.*

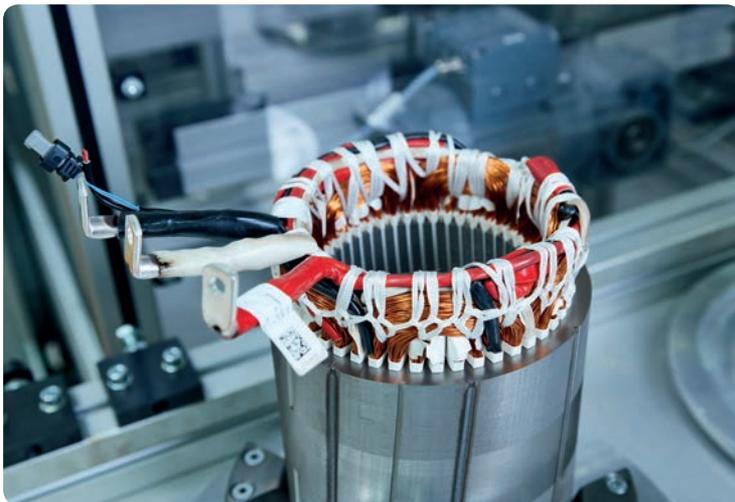


*In die Statorbleche werden die Windungen des E-Motors eingesetzt.
The windings of the electric motor are inserted into the stator laminations.*



Die Spulen werden in den Stator des E-Motors eingebaut.

The coils are being installed in the stator of the electric motor.



Da die Spulenwicklungen auch großen mechanischen Kräften ausgesetzt sind, werden sie fest miteinander verbunden.



Since the coil windings are also subjected to great mechanical forces, they are firmly connected to each other.

*Zusammenbau
eines E-Motors.
Assembly of an
electric motor.*



*Der Hybridmotor
wird mit einer
Schalldämmung
versehen. Damit
werden seine
Laufgeräusche
auf ein Minimum
reduziert.
The hybrid motor
is fitted with
sound insulation.
This reduces its
running noise to
a minimum.*

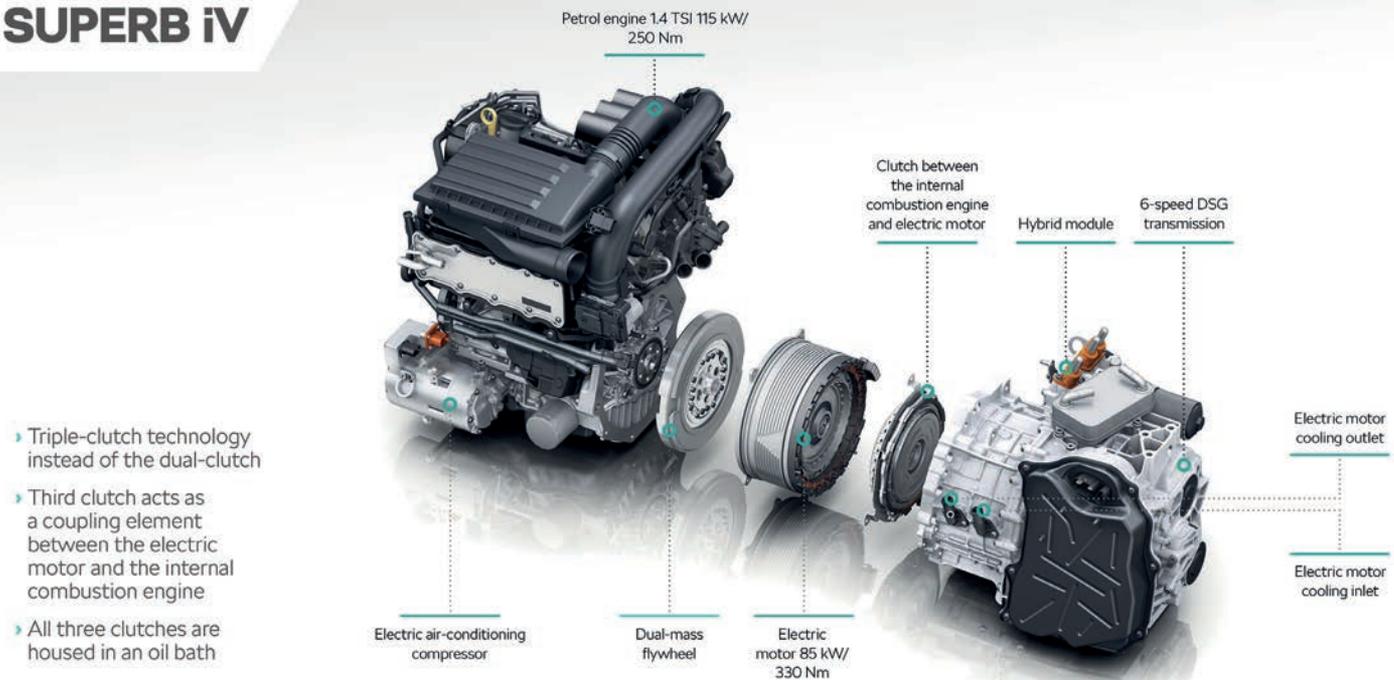


NEW

ŠKODA SUPERB iV

DQ400E GEARBOX

ŠKODA

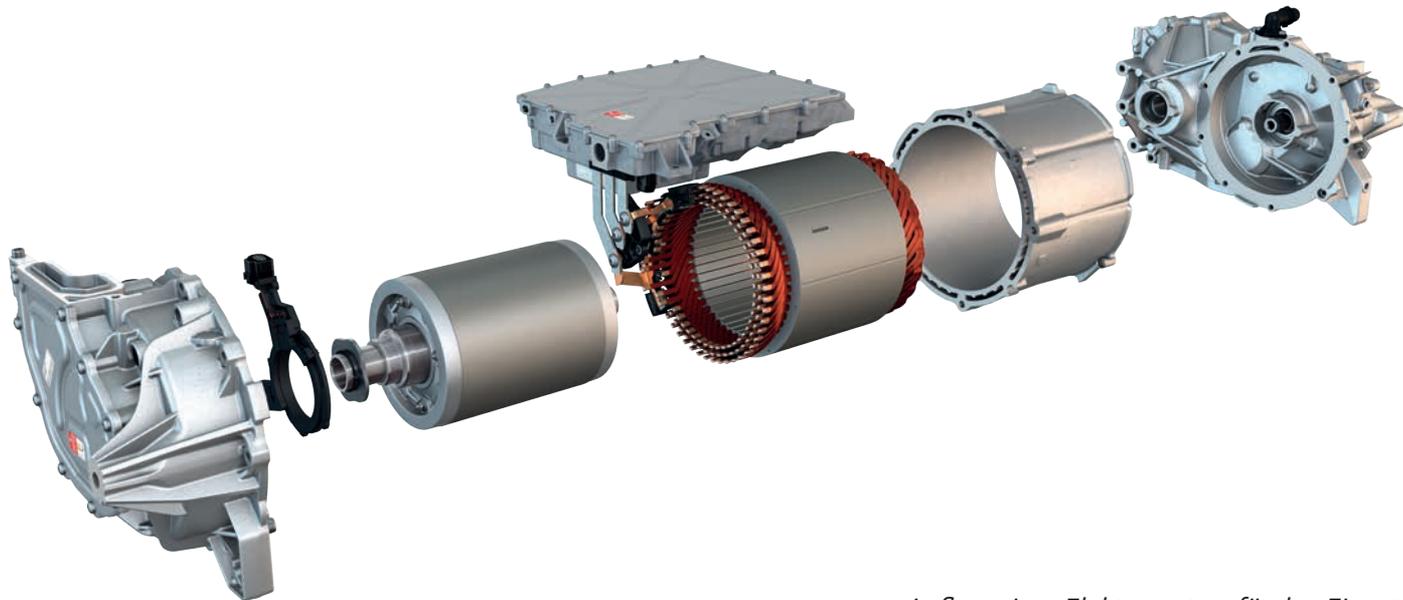


- › Triple-clutch technology instead of the dual-clutch
- › Third clutch acts as a coupling element between the electric motor and the internal combustion engine
- › All three clutches are housed in an oil bath

SOURCE: ŠKODA AUTO

Aufbau eines Hybridantriebs eines Skoda Superb iV. Dabei lässt sich gut erkennen, wie der E-Motor (rechts) unmittelbar mit dem Verbrennungsmotor (links) verbunden ist.

Structure of a hybrid drive in a Skoda Superb iV. It is easy to see how the electric motor (right) is directly connected to the combustion engine (left).



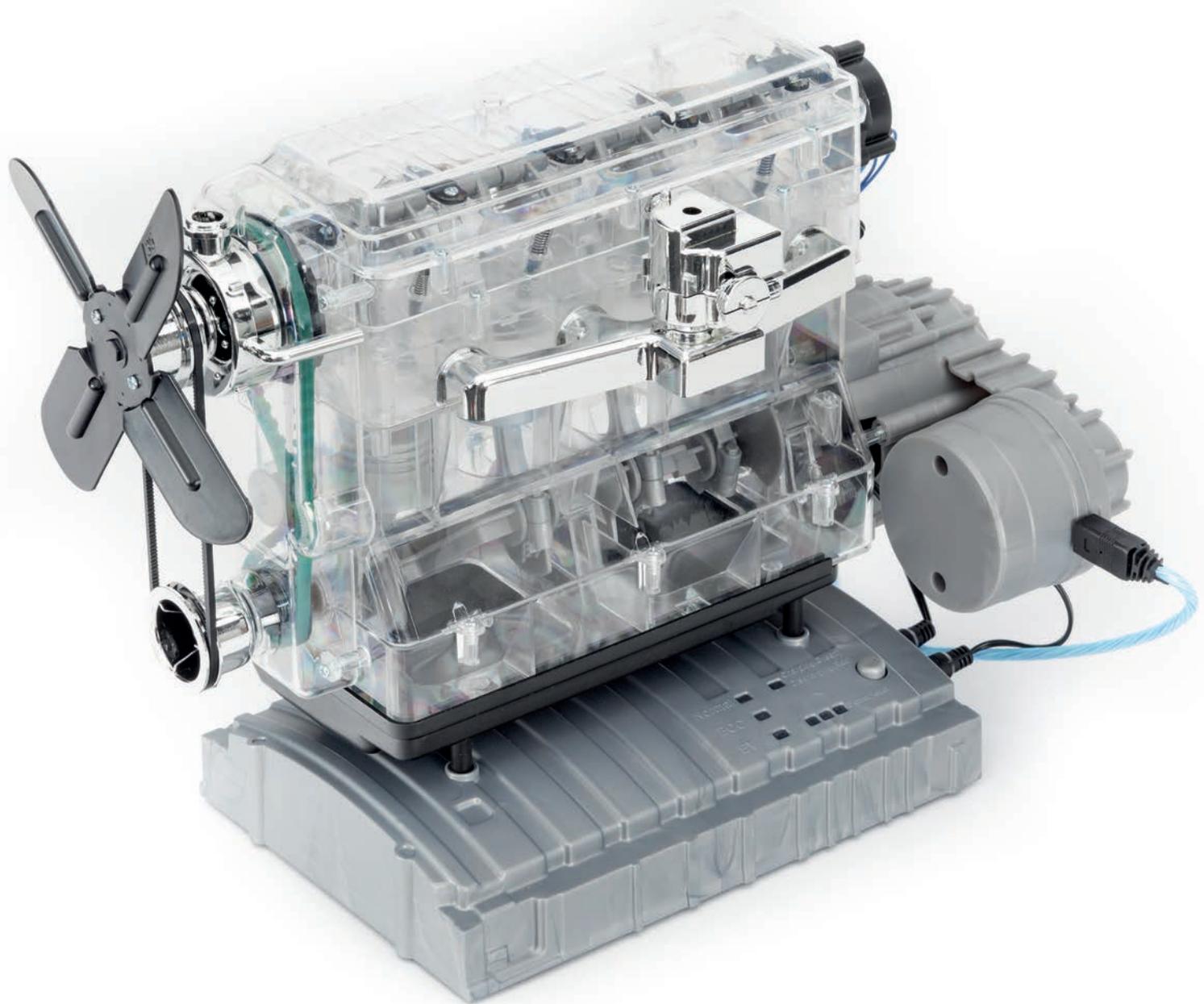
*Aufbau eines Elektromotors für den Einsatz in einem E- oder Hybridfahrzeug.
Design of an electric motor for use in an electric or hybrid vehicle.*

Hinweise für den Modell- aufbau

Mit der Anleitung in diesem Buch bauen Sie ein voll funktionsfähiges Modell eines Hybrid Motors im Maßstab 1:3. Alle beweglichen Teile funktionieren wie beim großen Vorbild.

Instructions for building the model

Following the instructions in this book, you will build a fully functional 1:3 scale model of a Hybrid engine. All movable parts work just like in the real thing.



Nützliche Bautipps

Alternativ zum beige­packten Kreuzschlitzschraubendreher können Sie auch einen mit größerem Griff verwenden. Er erleichtert Ihnen das Schrauben. Immerhin werden Sie es beim Zusammenbau mit mehr als 65 Schrauben zu tun haben.

Die meisten Einzelteile des Motormodells sind in Materialbogen miteinander verbunden. Lösen Sie immer nur die Bauteile daraus, die Sie für den nächsten Schritt benötigen. Die Teile sind mit Nummern versehen, von denen Sie einige direkt auf dem Materialbogen finden. Eine komplette Übersicht aller Teile finden Sie auf der folgenden Doppelseite.



Sie können die Teile behutsam mit der Hand oder mit einer kleinen Zange lösen. In beiden Fällen wird an der Bruch- oder Schnittstelle ein Grat übrig bleiben. Schneiden Sie ihn vorsichtig mit einem Tapetenmesser ab, sodass durchweg plane Oberflächen entstehen. Eventuell eignet sich dazu auch eine feine Feile.



Tips for assembly

Instead of the included Phillips screwdriver, you can also use one with a larger grip. This will make it easier to tighten the screws. After all, you will have to deal with more than 65 screws!

Most parts of the engine model are connected to the sprue. Only remove the parts that you need for the step at hand. The parts are identified by numbers some of which can be found on the sprue. A complete overview of all parts can be found in the lid of the box.

Carefully remove the parts by hand or with the help of small pincers. In both cases, a small ridge will remain at the break or cut. Carefully cut it away with a carpet cutter to produce a completely smooth surface. A fine file may also be used.

Benötigtes Werkzeug und Material

Zum Zusammenbauen des Modellmotors benötigen Sie nur wenig Werkzeug. Neben dem im Lieferumfang enthaltenen Schraubendreher brauchen Sie:

- ein scharfes Messer (z. B. Tapetenmesser)
- eine feine Feile oder feines Schleifpapier
- eventuell einen Seitenschneider zum Herauslösen der Teile

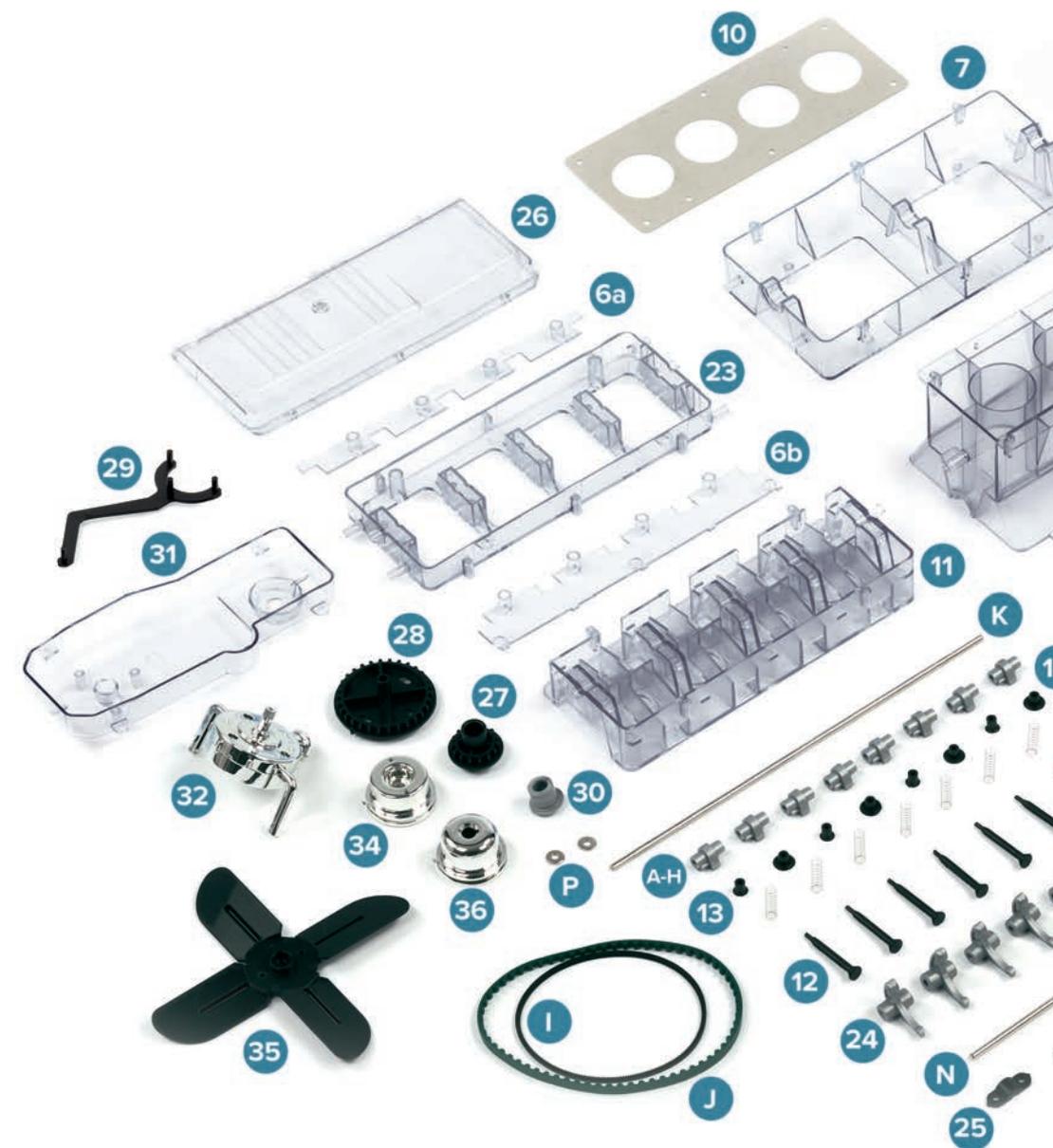
Required tools and material

Only a few tools are required to assemble the engine model. In addition to the included screw driver, you will need:

- a sharp knife (e.g. a carpet cutter)
- a fine file or fine sandpaper
- optionally a wire cutter to remove the parts from the sprue

Alle Teile Ihres Motors

- 1 Kolbenbolzen (4 Stück)
- 2 Pleuel (4 Stück)
- 3 Kolben (8 Hälften)
- 4 Kurbelwelle (1 Stück)
- 5 Pleueldeckel (4 Stück)
- 6 Ölwanne (1 Stück)
- 6a Zylinderkopfplatte
- 6b Zylinderkopfplatte
- 7 Kurbelgehäuseunterteil (1 Stück)
- 8 Standfuß mit Batteriefach (1 Stück)
- 9 Zylinderblock (1 Stück)
- 10 Zylinderkopfdichtung (1 Stück)
- 11 Unterer Zylinderkopf (1 Stück)
- 12 Ventile (8 Stück)
- 13 Auslassventilteller (4 Stück)
- 14 Einlassventilteller (4 Stück)
- 23 Oberer Zylinderkopf (1 Stück)
- 24 Kipphebel (8 Stück)
- 25 Kipphebel-Lagerbefestigung (5 Stück)
- 26 Kipphebelabdeckung (1 Stück)
- 27 Kurbelwellenritzel (1 Stück)
- 28 Nockenwellenritzel (1 Stück)
- 29 Montagehilfe für Zahnriemen (1 Stück)
- 30 Zahnriemen-Umlenkrolle (1 Stück)
- 31 Zahnriemenabdeckung (1 Stück)
- 32 Wasserpumpe, hinterer Teil (1 Stück)
- 33 Wasserpumpe, vorderer Teil (1 Stück)
- 34 Lüfterriemenscheibe (1 Stück)
- 35 Lüfter (1 Stück)
- 36 Kurbelwellenriemenscheibe (1 Stück)
- 37 Antriebsrad/Schwungscheibe (1 Stück)
- 38 Hybridantriebseinheit
- 39 Untere Drosselklappe, Vergaser (1 Stück)
- 40 Einlasskrümmer (1 Stück)
- 41 Obere Drosselklappe, Vergaser (1 Stück)
- 42 Auspuffkrümmer (1 Stück)
- 43 Ölmesstab (1 Stück)



- A-H Nocken (8 Stück)
- I Keilriemen (schwarz) (1 Stück)
- J Zahnriemen (grün und blau) (2 Stück) (Ein Riemen dient als Ersatz)
- K Nockenwelle, 206 mm (1 Stück)
- L Antriebseinheit (1 Stück)

- M Zündverteiler (1 Stück)
- N Kipphebelachse, 156 mm (1 Stück)
- O Ventilfeuern (8 Stück)
- P Unterlegscheiben (2 Stück)
- Q Schrauben

The Components of the Engine



- 1 Gudgeon pins (4)
- 2 Con rods (4)
- 3 Pistons (8 halves)
- 4 Crankshaft (1)
- 5 Con rod caps (4)
- 6 Oil sump (1)
- 6a Cylinder head plate
- 6b Cylinder head plate
- 7 Lower part of the crankcase (1)
- 8 Base with battery case (1)
- 9 Cylinder block (1)
- 10 Cylinder head gasket (1)
- 11 Lower cylinder head (1)
- 12 Valves (8)
- 13 Exhaust valve heads (4)
- 14 Inlet valve heads (4)
- 23 Upper cylinder head (1)
- 24 Rocker levers (8)
- 25 Rocker shaft bearing caps (5)
- 26 Rocker cover (1)
- 27 Crankshaft sprocket (1)
- 28 Camshaft sprocket (1)
- 29 Timing belt alignment tool (1)
- 30 Timing belt idler pulley
- 31 Timing belt cover (1)
- 32 Water pump, rear half (1)
- 33 Water pump, front half (1)
- 34 Fan pulley (1)
- 35 Fan (1)
- 36 Crankshaft pulley (1)
- 37 Drive gear/flywheel (1)
- 38 Hybrid drive Unit
- 39 Lower throttle plate, carburettor (1)
- 40 Intake manifold (1)
- 41 Upper throttle plate, carburettor (1)
- 42 Exhaust manifold (1)
- 43 Oil dip stick (1)

- A–H Cams (8)
- I V belt (black) (1)
- J Toothed belt (green and blue) (2) (One belt serves as replacement)
- K Camshaft, 206 mm (1)

- L Drive unit (1)
- M Ignition distributor (1)
- N Rocker shaft, 156 mm (1)
- O Valve springs (8)
- P Washers (2)
- Q Screws

Bauanleitung

Assembly instructions

Schritt 1:

Schieben Sie einen Kolbenbolzen (1) bis zur Mitte durch das kleine Pleuelauge. Schieben Sie dann zwei Kolbenhälften (3) von den Seiten über den Kolbenbolzen, also eine von jeder Seite. Drücken Sie die beiden Hälften zusammen. Achten Sie darauf, dass der Kolbenbolzen nicht zu lang ist (wenn nötig, vorsichtig abfeilen).



Step 1:

Push a gudgeon pin (1) up to the middle through the small end eye of a con rod (2). Then push two halves of the piston (3) over the gudgeon pin from the sides. Make sure that the gudgeon pin is not too long. (File it down if necessary.)

Schritt 2:

Drücken Sie die beiden Teile fest zusammen, sodass sie sich verbinden. Das Pleuel muss frei auf dem Kolbenbolzen schwingen können. Glätten Sie überstehende Kanten der Kolbenhälften mit Sandpapier oder eine Feile.



Step 2:

Firmly press the two parts together so that they connect. The con rod must be able to swing freely around the gudgeon pin. Remove any protruding edges from the piston halves with sandpaper or a file.

Schritt 3:

Wiederholen Sie die Schritte 1 und 2 bei den anderen drei Kolben-Pleuel-Baugruppen.

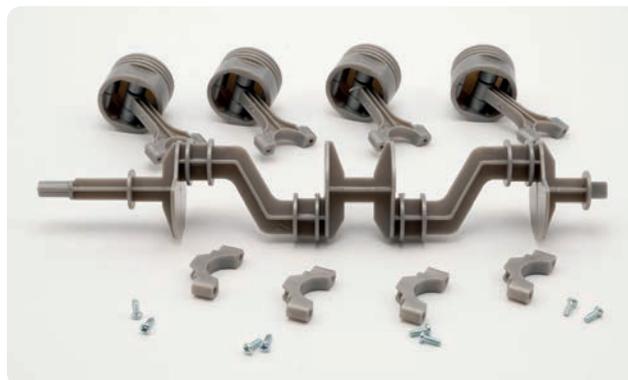
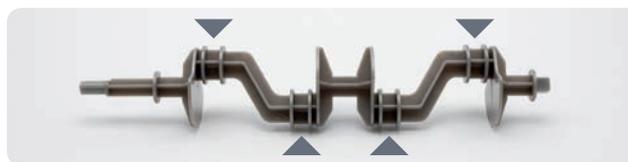


Step 3:

Repeat steps 1 and 2 for the remaining three piston/rod assemblies.

Schritt 4:

Das Bild zeigt, wo die vier Kolben/Pleuel auf die Kurbelwelle (4) montiert werden sollen. Bevor Sie die erste Kolben-Pleuel-Baugruppe montieren, geben Sie etwas Öl auf die Oberfläche des unteren Pleuellagers. Setzen Sie einen Pleueldeckel (5) auf die Kurbelwelle und schrauben Sie ihn mit zwei Schrauben am Pleuel fest. Ziehen Sie die Schrauben vorsichtig an.



Step 4:

The picture shows where to mount the four piston/con rod assemblies on the crankshaft (4). Before installing the first of the assemblies, apply some oil to the surface of the bottom con rod bearing. Place a rod cap (5) on the crankshaft and use two screws to fasten it to the rod. Carefully tighten the screws.

Schritt 5:

Wiederholen Sie Schritt 4 für die anderen drei Kolben-Pleuel-Baugruppen.

Schritt 6:

Wenn alle vier Kolben-Pleuel-Gruppen an der Kurbelwelle montiert sind, überprüfen Sie die fertige Baugruppe. Halten Sie dazu mit Daumen und Zeigefinger beider Hände die Enden der Kurbelwelle fest und drehen Sie die Welle. Die Kolben-Pleuel-Einheiten sollten dabei die ganze Zeit frei nach unten baumeln.



Step 5:

Repeat step 4 for the remaining three piston/con rod assemblies.

Step 6:

After mounting all four piston/con rod assemblies on the crankshaft, check the completed structure. Hold the ends of the crankshaft with the thumbs and index fingers of both hands and turn the shaft. The piston/con rod assemblies must hang down freely for the whole time.

Schritt 7:

Legen Sie die Ölwanne (6) auf die vier Anschlussstücke an der Unterseite des Kurbelgehäuseunterteils (7), wie es in der Zeichnung zu sehen ist. Schrauben Sie je eine Schraube in die vier Löcher an der Ölwanne, um sie am Kurbelgehäuse zu befestigen. Achten Sie darauf, dass die Ölwanne richtig herum montiert wird.

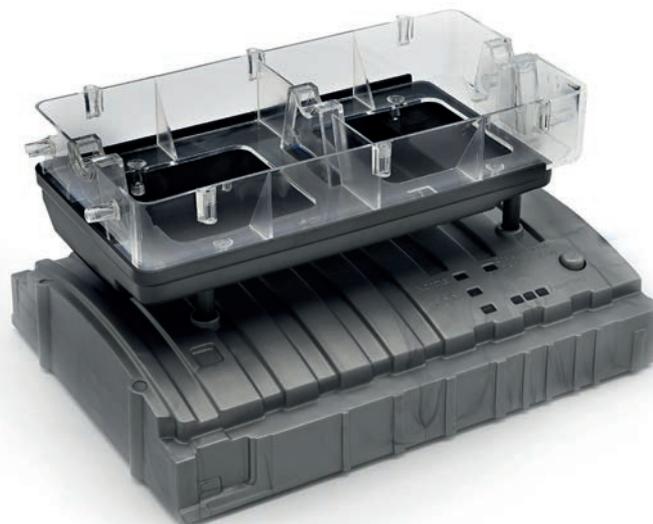


Step 7:

Place the oil sump (6) on the four studs at the bottom of the lower crankcase (7) as shown in the picture. Insert a screw in each of the four holes in the oil sump and tighten them to fasten the sump to the crankcase. Make sure that you mount the oil sump the right way round.

Schritt 8:

Drehen Sie die Baugruppe aus Ölwanne und Kurbelgehäuseunterteil um. Setzen Sie das Ganze auf die Motorhalterung (8), sodass die vier unten an der Ölwanne befindlichen Stützen in die Anschlussstücke der Halterung greifen. Montieren Sie die vier Schrauben von der Unterseite des Standfußes und ziehen Sie sie gleichmäßig an.



Step 8:

Turn around the assembly of oil sump and bottom crankcase. Place the whole assembly on the base (8) so that the four studs at the bottom of the oil sump engage the studs on the base. Insert four screws from the bottom side of the base and tighten them evenly.

Schritt 9:

Platzieren Sie den Zylinderblock (9) so, dass die Pleuellager oben liegen. Streichen Sie etwas Öl auf die Oberflächen der drei Lager im Zylinderblock, auf denen die Pleuellage aufliegen soll.

Schritt 10:

Halten Sie die Pleuellage über den Zylinderblock. Das lange Ende der Pleuellage sollte sich über der Seite des Zylinderblocks befinden, aus der ein einzelner Pleuellage herausragt. Lassen Sie die vier Pleuellagen vorsichtig in ihre Zylinder im Zylinderblock gleiten.



Step 9:

Turn the cylinder block (9) upside down so that the crankshaft bearings are at the top. Apply some oil to the surfaces of the three bearings in the cylinder block that will support the crankshaft.

Step 10:

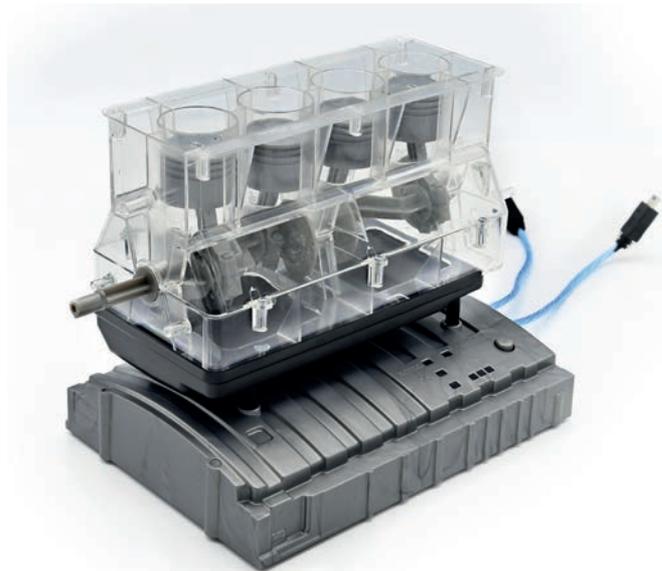
Hold the crankshaft assembly above the cylinder block with the longer end of the crankshaft positioned at the side with the single stud. Carefully let the four pistons slip into the respective cylinders in the cylinder block.

Schritt 11:

Setzen Sie die vorher montierte Baugruppe aus Ölwanne, Pleuellageunterteil und Motorhalterung auf den Zylinderblock.

Schritt 12:

Halten Sie die Seiten der Baugruppe aus Pleuellage und Zylinderblock so, dass die Pleuellage unten liegt. Achten Sie darauf, dass sie im Zylinderblock nicht verrutscht. Halten Sie das Ganze so über das Pleuellage, dass der Teil der Pleuellage, der am weitesten aus der Seite des Zylinderblocks herausragt, über der Seite des Pleuellageunterteils liegt, aus der zwei (nicht drei) Pleuellagen herauskommen. Setzen Sie den Zylinderblock vorsichtig auf das Unterteil und achten Sie darauf, dass die Pleuellage auf den Lagern des Unterteils zu liegen kommt.



Step 11:

Place the previously assembled module consisting of oil sump, bottom crankcase and base on the cylinder block.

Step 12:

Hold the crankshaft/cylinder block assembly by the sides so that the crankshaft is at the bottom. Make sure that it does not slip within the cylinder block. Hold the entire assembly above the crankcase so that the longer part of the crankshaft protruding from the cylinder block is placed above the end of the crankcase with two studs (not the one with three studs). Carefully place the cylinder block on the bottom crankcase. Make sure that the crankshaft rests on the bearings of the crankcase.

Achtung! Die vorstehende Nase muss in das Gegenstück greifen. Ziehen Sie die Schrauben gleichmäßig, aber nicht zu fest an.

Caution! The protruding lug must engage its counterpart. Tighten the screws evenly but not too much.

Schritt 13:

Drehen Sie vorsichtig per Hand die Pleuellage, um zu prüfen, ob sie sich frei drehen lässt und die vier Pleuellagen in ihren Zylindern reibungslos auf und ab gleiten.

Step 13:

Carefully turn the crankshaft to make sure that it and the four pistons can move freely.

Schritt 14:

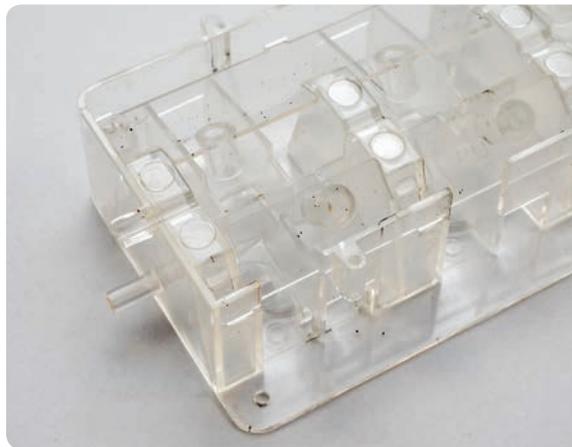
Lösen Sie die acht Ventile (12) aus dem Plastikrahmen, ohne die dünnen Enden abzubrechen. Schieben Sie über jeden Ventilschaft eine Feder.

Step 14:

Remove the eight valves (12) from the sprue without snapping off the thin ends. Slide a spring over each valve stem.

Schritt 15:

Legen Sie den unteren Zylinderkopf (11) so ab, dass die offenere Seite nach unten zeigt. Befestigen Sie die beiden klaren Kunststoffplatten (Teile 6a und 6b) im unteren Zylinderkopf. Sie dienen der Ventilführung. Aus jeder Platte ragen unten vier Zapfen heraus. Sie müssen tief unten im unteren Zylinderkopf einrasten. Die schmalere Platte (6a) gehört auf die Seite des unteren Zylinderkopfs, die am Boden die kleineren Löcher hat, die breitere Platte (6b) gehört auf die Seite mit den größeren Löchern. Drücken Sie darauf, bis sie einrasten.



Step 15:

Place the lower cylinder head (11) on your working surface with the open side facing down. Attach the two transparent plastic plates (parts 6a and 6b) to the lower cylinder head. They act as valve guides. Four studs protrude from the bottom of each plate. They have to click into place deep inside the lower

cylinder head. The narrow plate (6a) belongs on the side of the cylinder head with the smaller holes in the bottom and the wide plate (6b) on the side with the larger holes. Press the plates down until they snap into place.

Schritt 16:

Die Bohrungen der schmaleren Platte tragen die Auslassventile. Schieben Sie das dünnere Ende eines Ventilschafts von oben in eines der Löcher der schmaleren Platte. Das Ende des Ventilschafts gleitet durch das Loch, aber die Feder bleibt oben auf dem unteren Zylinderkopf zurück. Drücken Sie das Ventil vorsichtig nach unten, sodass sich die Feder spannt, bis das dünne Ende des Ventilschafts aus dem Loch unter dem unteren Zylinderkopf herausragt. Dann nehmen Sie einen Auslassventilteller (13, die kleineren Teller) und drücken das Loch auf das dünne Ende des Ventilschafts. Drücken Sie den Teller an, bis er festsetzt. Das ist etwas knifflig. Wenn es zu schwer geht, können Sie das dünne Ende vorsichtig mit Sandpapier verjüngen.



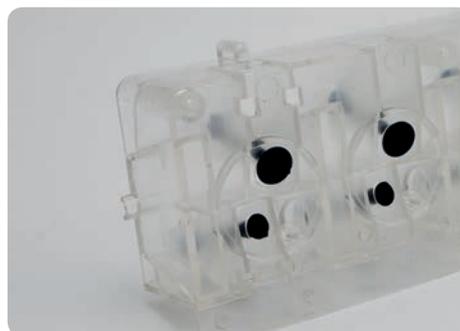
Step 16:

The bores of the narrow plate receive the exhaust valves. Insert the thin end of a valve stem from above in one of the holes in the narrow plate. The end of the stem slides through the hole but the spring remains on the surface of the lower cylinder head. Carefully push down the valve so that the spring compresses until the thin end of the

valve stem exits the hole in the lower cylinder head. Take one of the exhaust valve heads (13; the smaller heads) and slide it over the thin end of the valve stem. Press the valve head until it is firmly seated. This may be a bit tricky. If it is too difficult, you can carefully taper the thin end with sandpaper.

Schritt 17:

In den Bohrungen der breiteren Platte sitzen die Einlassventile (gegenüber den Auslassventilen). Schieben Sie das dünnere Ende eines der Ventilschäfte in eines der Löcher in der breiteren Platte, wie Sie es auch mit den Auslassventilen getan haben.



Step 17:

The bores in the wide plate receive the inlet valves (opposite the exhaust valves). Insert the thin end of one of the valve stems in one of the holes in the wide plate as you have done it with the exhaust valves.

Schritt 18:

Zur Montage der Einlassventile verfahren Sie analog zu den Schritten 16 und 17.

Schritt 19:

Prüfen Sie die Funktion der Ventile, indem Sie sie nacheinander leicht nach unten drücken. Jedes Ventil sollte sich glatt auf und ab bewegen und dabei sein Loch im unteren Zylinderkopf öffnen und schließen. Die Ventile sollten sich bewegen, ohne sich zu verhaken.



Step 18:

Mount the inlet valves as described in steps 16 and 17.

Step 19:

Check the operation of the valves by pushing them down one after the other. Each valve should move smoothly up and down and in doing so open and close the respective hole in the lower cylinder head. The valves must move freely without getting stuck.

Schritt 20:

Entfernen Sie die acht Kipphebel (24) aus ihrem Plastikrahmen und legen Sie die Kipphebelachse (3 mm dick und 156 mm lang) bereit. Verstreichen Sie etwas Öl längs auf der Achse und schieben Sie dann vorsichtig den ersten Kipphebel darauf (alle Kipphebel sind gleich). Schieben Sie alle weiteren Kipphebel auf, jeden andersherum als den vorigen. Zum Schluss sollten der erste und der letzte Kipphebel in verschiedene Richtungen zeigen.



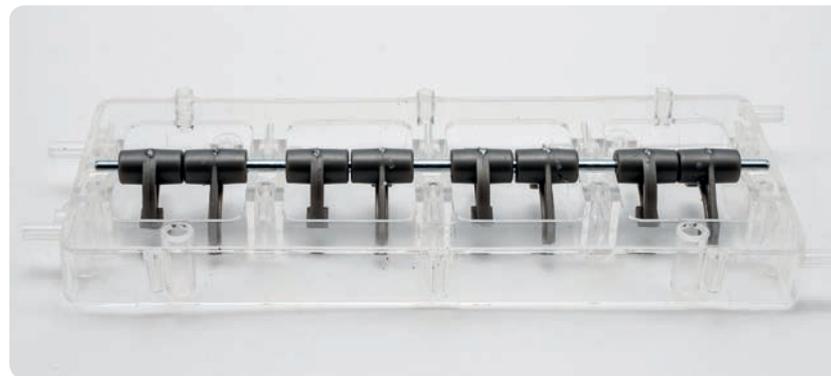
Step 20:

Remove the eight rocker levers (24) from the sprue and have the rocker shaft (3 mm diameter, 156 mm long) ready. Apply some oil along the rocker shaft and carefully slide the first rocker lever onto it. (All rocker levers are identical.) Slide all the remaining rocker levers onto

the shaft. Mount each lever the opposite way round to the previous one. The first and the last rocker lever must point in opposite directions.

Schritt 21:

Bringen Sie die Kipphebelbaugruppe vorsichtig über den oberen Zylinderkopf (23). Führen Sie die Achse mit den Kipphebeln langsam an ihre Position (siehe Bild) auf dem oberen Zylinderkopf (flache Seite oben). Schieben Sie die Kipphebel auf der Achse mit den Fingern paarweise auseinander, bis jeweils zwei Kipphebel in jedes der rechteckigen Löcher passen. Die beiden Kipphebel in jedem Loch müssen in unterschiedliche Richtungen zeigen. Vergewissern Sie sich, dass die Kipphebelachse richtig auf den Lagern im oberen Zylinderkopf aufliegt.



Step 21:

Carefully lower the rocker lever assembly onto the upper cylinder head (23) as shown. The flat side has to point upwards. Arrange the rocker levers with your fingers in pairs so that two levers each fit

into one of the rectangular openings. The two rocker levers in each opening must point in opposite directions. Make sure that the rocker shaft sits properly on the bearings in the upper cylinder head.

Schritt 22:

Setzen Sie die fünf Lagerbefestigungen (25) ein (siehe Bild), um die Kipphebelbaugruppe im oberen Zylinderkopf zu fixieren. Befestigen Sie sie mit je zwei Schrauben. Ziehen Sie die Schrauben nicht zu fest an. Wenn Sie alle Schrauben befestigt haben, überprüfen Sie, ob sich alle Kipphebel auf der Kipphebelachse leicht bewegen lassen.



Step 22:

Insert the five bearing caps (25) to fix the rocker lever assembly in the upper cylinder head (refer to the picture). Fasten them with two screws each. Do not overtighten the screws. After tightening the screws, check whether the rocker levers can be easily moved on the shaft.

Schritt 23:

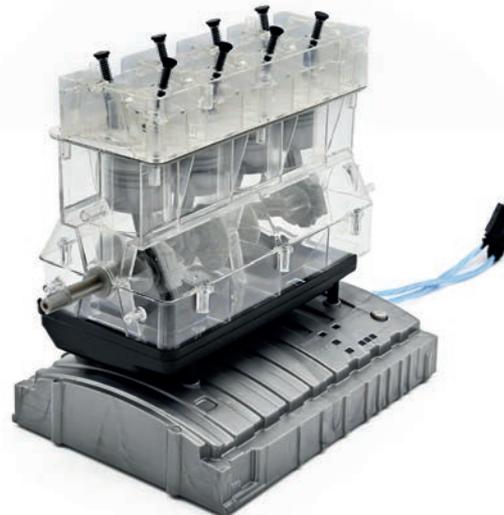
Die Zylinderkopfdichtung (10) wird später von den sechs Schrauben gehalten, die den unteren Zylinderkopf mit dem Zylinderblock verbinden. In der Dichtung befinden sich zwei Justierlöcher als Montagehilfe zum Ausrichten. Mit einem Kugelschreiber oder Bleistift lösen Sie die ausgestanzten Pappscheiben aus den acht Löchern der Dichtung. Legen Sie die Dichtung vorsichtig auf den Zylinderblock und passen Sie dabei die beiden kleinen Zapfen auf der Oberseite des Zylinderblocks in die beiden Justierlöcher ein.

Schritt 24:

Setzen Sie den unteren Zylinderkopf mit den Ventilen vorsichtig auf den Zylinderblock, sodass der obere und der untere Rand bündig abschließen. Die beiden kleinen Zapfen an der Oberseite des Zylinderblocks, die in die Justierlöcher der Dichtung greifen, passen auch in die Justierlöcher im unteren Zylinderkopf. Das runde Ansatzstück, das aus der einen Seite des unteren Zylinderkopfs ragt, müsste sich an der Seite des Zylinderblocks mit den fünf Ansatzstücken befinden (nicht an der mit den drei Ansatzstücken). Die sechs Schraubgewinde an der Unterseite des unteren Zylinderkopfs sollten an den sechs Gewinden des oberen Zylinderkopfs ausgerichtet werden. Wenn der untere Zylinderkopf, die Dichtung und der Zylinderblock richtig aufeinandersitzen, fixieren Sie das Ganze mit den sechs Schrauben. Führen Sie die drei abgesenkten Schrauben vorsichtig mit dem Schraubendreher in ihre Löcher ein. Ziehen Sie die Schrauben nicht zu fest an.

Step 23:

Later on, the cylinder head gasket (10) will be retained by the six screws connecting the lower cylinder head to the cylinder block. The gasket has two adjustment holes to help with alignment during assembly. Use a ballpoint pen or a pencil to remove the cardboard discs from the eight holes in the gasket. Carefully place the gasket on the cylinder block fitting the two small studs on the surface of the block into the adjustment holes.



Step 24:

Carefully place the lower cylinder head with the valves on the cylinder block so that the upper edge is flush with the lower edge. The two little studs on the surface passing through the adjustment holes in the gasket also fit into the adjustment holes in the lower cylinder head. The round stud protruding from one side of the lower cylinder head must end up on the side of the cylinder block with five studs (not the one with three studs). The six threads at the bottom of the lower cylinder head must align with the six threads of the upper cylinder head. When the lower cylinder head, the gasket and the cylinder block sit properly on each other, fasten the entire assembly with six screws. Use a screwdriver to carefully insert the three recessed screws in their holes. Do not overtighten the screws.

Schritt 25:

Lösen Sie die acht Nocken aus dem Kunststoffrahmen. Legen Sie die Nockenwelle (3 mm dick, 206 mm lang und längs abgeflacht) bereit. Die Nocken sind mit Buchstaben von A bis H markiert. Es ist sehr wichtig, die Nocken in der richtigen Reihenfolge auf die Welle zu schieben, da sonst der Modellmotor nicht richtig arbeiten kann. Schieben Sie die Nocken in der Reihenfolge A, B, C, D, E, F, G, H auf die Welle. Durch die Nut (Abflachung) passt jede Nocke nur in einer bestimmten Position auf die Welle. Jede Nocke besitzt auf einer Seite einen Steg. Diese Stege müssen alle in die gleiche Richtung zeigen, nämlich auf das längere Ende der Kurbelwelle (wie im Bild gezeigt nach links).

Schritt 26:

Drehen Sie den Motor so, dass das längere Ende der Kurbelwelle links liegt. Geben Sie ein wenig Öl auf die drei Nockenwellenlager im unteren Zylinderkopf. Die beiden weiteren Lager an den Enden des unteren Zylinderkopfs halten die Enden der Nockenwelle. Bestreichen Sie auch sie mit etwas Öl.

Schritt 27:

Halten Sie die Nockenwelle so, dass die H-Nocke links ist. Schieben Sie die Nocken auf der Welle mit den Fingern paarweise auseinander, sodass sich beim Einpassen der Nockenwelle in den unteren Zylinderkopf jeweils auf beiden Seiten der Nockenwellenlager ein Paar Nocken befindet. Legen Sie nun vorsichtig die Nockenwelle in den unteren Zylinderkopf und achten Sie darauf, dass die Welle auf den fünf Lagern zu liegen kommt. Eventuell müssen Sie dazu die Nocken auf der Welle noch leicht verschieben. Die Stege auf den Nocken sollten alle in Richtung auf das längere Ende der Kurbelwelle zeigen.

Step 25:

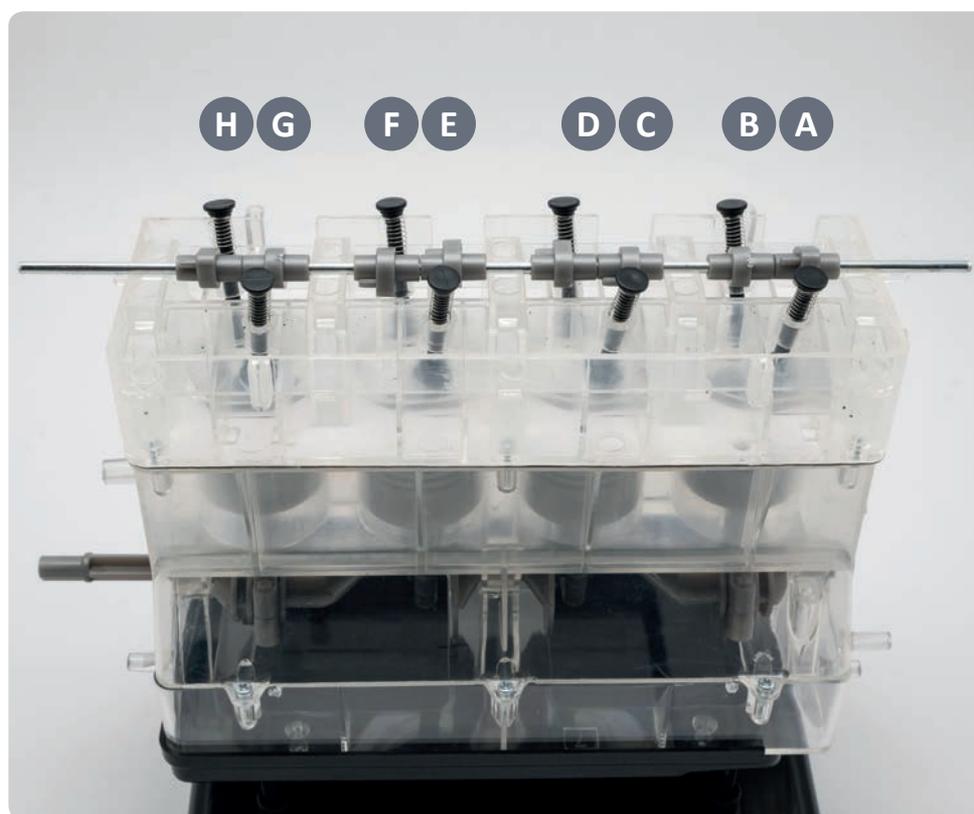
Remove the eight cams from the sprue. Keep the cam shaft (3 mm in diameter, 206 mm long and flattened) ready. The cams are labelled A to H. It is essential to mount them on the shaft in the correct order as otherwise, the model engine can't work properly. Slide the cams on the shaft in alphabetical order. Due to the flat area, each cam can only be mounted at a given attitude on the shaft. Each cam also has a rib on one of its sides. The ribs of all cams must point in the same direction, namely towards the longer end of the crankshaft (towards the left in the figure).

Step 26:

Turn the engine so that the longer end of the crankshaft points to the left. Apply a little oil to the three camshaft bearings in the lower cylinder head. The other two bearings at the ends of the lower cylinder head retain the ends of the camshaft. Coat them with a little oil as well.

Step 27:

Hold the camshaft with the H cam to the left. Arrange the cams on the shaft with your fingers in pairs so that each pair fits between two camshaft bearings in the lower cylinder head. Carefully place the camshaft in the lower cylinder head. Make sure that the shaft rests on the five bearings. You may have to move the cams on the shaft. The ribs of all cams must point to the longer end of the crankshaft.



Schritt 28:

Montieren Sie den oberen Zylinderkopf mit der eingepassten Kipphebelbaugruppe vorsichtig auf den unteren Zylinderkopf. Die Seite des oberen Zylinderkopfs, aus der die beiden weiter auseinanderliegenden Ansatzstücke hervorkommen, soll auf das Ende des Zylinderblocks gesetzt werden, aus dem drei (nicht fünf) Ansatzstücke hervortreten. Wenn Sie den oberen Zylinderkopf auf den unteren bringen, vergewissern Sie sich, dass alle Kipphebel richtig über den Ventilköpfen sitzen. Das können Sie überprüfen, indem Sie jeden Hebel vorsichtig mit einem Finger herunterdrücken. Jeder Kipphebel sollte dann auf einen Ventilkopf drücken. Wenn ein Kipphebel sein Ventil nicht richtig herunterdrückt, verschieben Sie ihn vorsichtig mit dem Finger und heben ihn notfalls an, bis er richtig auf dem Ventil sitzt. Wenn Sie sicher sind, dass alle Bauteile richtig ausgerichtet sind, schrauben Sie mit vier Schrauben den oberen Zylinderkopf auf dem unteren Zylinderkopf fest, wobei Sie die Schrauben nicht zu fest anziehen sollten.



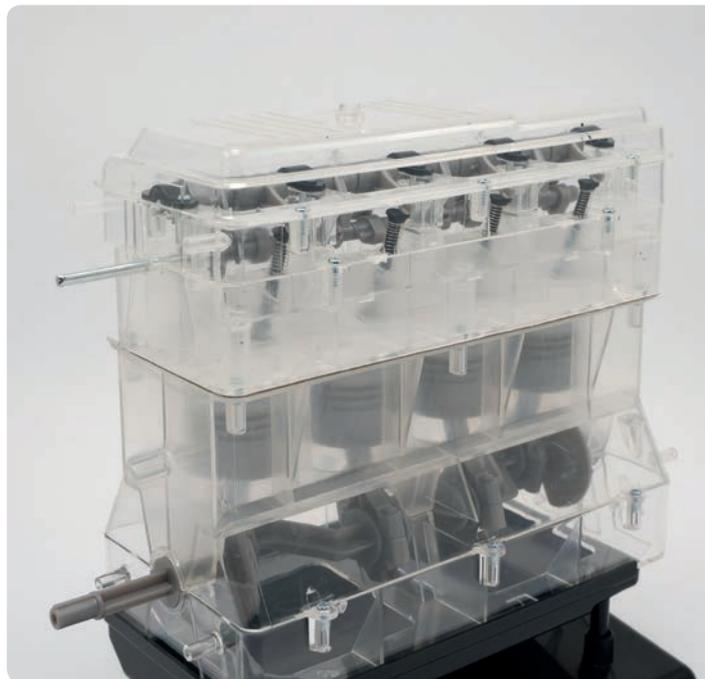
Step 28:

Carefully mount the upper cylinder head with the inserted rocker lever assembly on the lower cylinder head. The end of the upper cylinder head with the two wider-spaced studs should be positioned over the end of the cylinder block with three studs (not the one with five studs). When placing the upper cylinder head on the lower one, make sure that all rocker levers align with the tops of the valve stems. Check this by carefully pressing each lever with your finger. In the process, each rocker lever must push a

valve. In case one of the levers doesn't, carefully move it with your fingers or even lift it if necessary until it sits properly on the valve. When you are sure that all components are properly aligned, use four screws to bolt the upper cylinder head to the lower one. Do not overtighten the screws.

Schritt 29:

Setzen Sie Kipphebelabdeckung (26) auf die Oberseite des Zylinderkopfs und befestigen Sie sie mit sechs Schrauben, die Sie gleichmäßig festziehen.



Step 29:

Place the rocker cover (26) on top of the cylinder head and fasten it with six screws. Tighten the screws evenly.

Schritt 30:

Schieben Sie das Kurbelwellenritzel (27) vorsichtig so auf das längere, eingekerbte Ende der Kurbelwelle, dass die gezahnte Seite vom Modellmotor weg zeigt. Das Kurbelwellenritzel passt nur in einer einzigen Position auf die Welle.

Schritt 31:

Montieren Sie das Nockenwellenritzel (28) auf dieselbe Seite des Modells wie das Kurbelwellenritzel. Halten Sie das andere Ende der Nockenwelle fest, um sie zu fixieren, und schieben Sie das Ritzel vorsichtig so auf die Welle, dass die Zähne vom Modell weg zeigen. Die Abflachung im Loch des Kurbelwellenritzels passt genau auf die Abflachung der Nockenwelle.



Step 30:

Carefully slide the crankshaft sprocket (27) onto the longer, notched end of the crankshaft so that the toothed side points away from the engine. The sprocket only fits in one position on the crankshaft.

Step 31:

Mount the camshaft sprocket (28) on the same side of the engine as the crankshaft sprocket. Hold the other end of the camshaft steady and carefully slide the sprocket onto the shaft so that the teeth point away from the engine. The flat area in the hole of the sprocket matches the flat area on the camshaft.

Schritt 32:

Die Montagehilfe (29) synchronisiert die beiden Ritzel, während der Zahnriemen montiert wird. Drehen Sie die beiden Ritzel so, dass sie die Position wie im Bild einnehmen. Setzen Sie dann die Montagehilfe so ein, dass die Stifte des Werkzeugs in die Löcher der Ritzel greifen. Versuchen Sie, die Ritzel zu drehen, um sicherzustellen, dass das Werkzeug sie verankert hält.

Schritt 33:

Wenn die Montagehilfe eingebaut ist, schieben Sie den Zahnriemen (Sie können den grünen oder den blauen Riemen verwenden. Der zweite Riemen dient als Ersatz.) vorsichtig so über die Ritzel, dass seine Zähne in die der Ritzel greifen. Setzen Sie den Riemen so auf, dass er auf der rechten Seite des Motors gespannt ist und auf der linken Spiel hat. Nehmen Sie die Umlenkrolle (30) und drücken Sie sie sanft gegen die lockere Seite des Zahnriemens. Schieben Sie sie auf den oberen Zapfen an der vorderen Seite des Zylinderblocks. Der Zahnriemen sollte, wie im Bild gezeigt, um die Umlenkrolle laufen. Entfernen Sie die Montagehilfe.



Step 32:

The alignment tool (29) helps to synchronize the two sprockets while installing the timing belt. Turn both sprockets while installing the timing belt. Turn both sprockets into the positions shown. Fit the alignment tool so that its pins engage the holes in the sprockets. Try to move the sprockets to make sure that they are locked by the tool.

Step 33:

With the alignment tool installed, carefully fit the timing belt (the green or the blue belt) onto the sprockets so that its teeth mesh with their teeth. Install the belt

so that it is taut on the right side of the engine with all slack on the left side. Take the idler pulley (30) and gently push it against the slack side of the timing belt. Then slide it onto the upper stud on the front side of the cylinder block. The timing belt must run around the pulley as shown. Remove the alignment tool.

Schritt 34:

Setzen Sie die Zahnriemenabdeckung (31) auf den Zahnriemen und schrauben Sie sie mit vier Schrauben vorsichtig fest. Die Nockenwelle endet innerhalb der Abdeckung.



Step 34:

Place the timing belt cover (31) over the timing belt and carefully secure it with four screws. The camshaft ends inside the cover.

Schritt 35:

Drücken Sie beide Hälften der Wasserpumpe (32+33) zusammen, bis sie einrasten; schieben Sie sie vorsichtig über die drei Zapfen auf der Vorderseite der Zahnriemenabdeckung. Die drei Zapfen sollen in die drei Löcher an der Hinterseite der Wasserpumpe greifen. Die ange deutete Schlauchverbindung (siehe Bild) sollte sich an der Oberseite der Wasserpumpe befinden. Schrauben Sie sie vorsichtig mit drei Sicherungsschrauben an die vorstehenden Zapfen.

three studs at the front side of the timing belt cover. The three studs must fit into the three holes at the rear side of the water pump. The indicated hose connector must be on top of the water pump (refer to the picture). Carefully attach the pump to the protruding studs with three lock screws.

Step 35:

Press the two halves of the water pump (32 + 33) together until they snap into place. Carefully slide the assembly over the

Schritt 36:

Schieben Sie die Kurbelwellenriemenscheibe (36) über die Vorderseite der Kurbelwelle, wobei Sie die Nut der Riemenscheibe passend auf die Nut der Kurbelwelle stecken. Achten Sie darauf, die Riemenscheibe richtig herum anzubringen – genau wie im Bild gezeigt. Dann fixieren Sie sie mit einer Schraube mit einer Unterlegscheibe darunter. Die Schraube wird vorsichtig in das Ende der Kurbelwelle eingedreht, sodass sich die Riemenscheibe noch leicht drehen lässt.



Step 36:

Slide the crankshaft pulley (36) onto the front end of the crankshaft matching the slot in the pulley with the ridge on the shaft. Make sure to install the pulley the right way round as shown in the picture. Secure it with a screw and a washer. Carefully insert the screw in the end of the crankshaft so that the pulley can still be easily turned.

Schritt 37:

Schieben Sie die Lüfterriemenscheibe (34) über das Ende der Achse, die aus der Vorderseite der Wasserpumpe heraustritt. Bringen Sie die Riemenscheibe unbedingt richtig herum an (siehe Bild). Befestigen Sie die Riemenscheibe mit einer Schraube mit Unterlegscheibe auf der Achse. Ziehen Sie die Schraube nur so fest an, dass sich die Riemenscheibe noch leicht drehen lässt.



Step 37:

Slide the fan pulley (34) over the end of the shaft protruding from the front side of the water pump. Make sure to mount it the right way round (refer to the picture). Secure the pulley with a screw and a washer to the shaft. Tighten the screw only so much that the pulley can still be easily turned.

Schritt 38:

Montieren Sie den Lüfter (35) mit den Rippen nach außen auf die Lüfterriemenscheibe. Drehen Sie zwei Schrauben in die Löcher in der Mitte des Ventilators, um ihn an der Riemenscheibe zu befestigen.

Schritt 39:

Ziehen Sie den Keilriemen (dünnerer, schwarzer Riemen) vorsichtig über die Lüfterblätter, bis er auf der Lüfterriemenscheibe aufliegt. Ziehen Sie das andere Ende des Riemens vorsichtig nach unten und legen Sie es um die Kurbelwellenriemenscheibe. Die gezahnte Seite des Riemens sollte auf den Riemenscheiben aufliegen. Beachten Sie, dass der Riemen sehr stramm sitzen soll.

Schritt 40:

Drehen Sie den Motor um. Das weiße Antriebsrad (37) gehört auf das andere Ende der Kurbelwelle. Drücken Sie es so auf das Ende der Kurbelwelle, dass es über den rechteckigen Stift am Ende der Welle gleitet. Die gezahnte Seite des Antriebsrads sollte von der Wand des Modells am weitesten entfernt sein.

Schritt 41:

Drehen Sie die Kurbelwelle langsam von Hand, bis sich der Kolben Nr. 1 (am Antriebsrad-Ende der Kurbelwelle) im Zylinder am höchsten Punkt, dem sogenannten oberen Totpunkt, befindet. Sehen Sie dann nach, ob die abgeflachte Seite der Nockenwelle nach oben zeigt. Zeigt sie nach unten, drehen Sie die Kurbelwelle weiter, bis Kolben Nr. 1 erneut den höchsten Punkt erreicht. Dann sollte die abgeflachte Seite nach oben zeigen. Verändern Sie die Stellung nicht, bevor der Zündverteiler montiert und justiert wurde.

Step 38:

Mount the fan (35) on the fan pulley with the ribs pointing outwards. Insert two screws in the centre holes of the fan to fasten it to the pulley.

Step 39:

Carefully pull the V belt (the thin black belt) over the fan blades until it rests on the fan pulley. Carefully pull the other end of the belt down and run it around the crankshaft pulley. The toothed side of the belt must rest on the pulley. The belt must be taut.

Step 40:

Turn around the engine. The white drive gear/flywheel (37) belongs on the other end of the crankshaft. Push it onto the end of the crankshaft so that it slides over the rectangular pin at the end of the shaft. The toothed side of the flywheel must be farthest away from the engine wall.

Step 41:

Slowly turn the crankshaft by hand until piston no. 1 (the one at the flywheel end of the crankshaft) is at the highest point in the cylinder (top dead centre). Check whether the flat side of the camshaft points up. If it points down, continue to turn the crankshaft until piston no. 1 is again at top dead centre. Now the flat side should point up. Do not change this position until the ignition distributor is mounted and adjusted.



Schritt 42:

Das Motormodell wird durch zwei 1,5-V-Batterien (AA) angetrieben. Sie können auch passende Akkus verwenden. Wenn Sie das Sicherungsetikett lösen und den Deckel des Batteriegehäuses öffnen, erkennen Sie die stilisierten Umrissse von zwei Batterien. Sie zeigen, in welche Richtung die Batterien eingelegt werden müssen.



Step 42:

The engine model is driven by two 1.5 V AA batteries. You can also use matching rechargeable batteries. When you remove the safety sticker and open the lid of the battery box, you will see the stylized outlines of two batteries. They show in which direction to insert the batteries.

Warnung! Versuchen Sie niemals, irgendeinen Teil des Motormodells mit dem 230-V-Stromnetz zu verbinden!

Warning! Never try to connect any parts of the model engine to the 230 V mains supply!

Schritt 43:

Positionieren Sie den Zündverteiler mit den Markierungen »2«, »4«, »3« und »1« wie im folgenden Bild dargestellt. Schieben Sie den Verteiler (auf der Antriebsradseite des Modells) so über das Ende der Nockenwelle, dass die Hinterseite des Verteilers auf den drei Anschlussstutzen sitzt, die aus der Seite des Zylinderkopfs herausragen (siehe Bild). Drehen Sie drei Schrauben locker in die Anschlussstutzen ein, aber ziehen Sie sie noch nicht fest. Drehen Sie die Nockenwelle nicht. Der Kolben Nr. 1 und die Nockenwelle sollen in derselben Lage bleiben wie in Schritt 41.



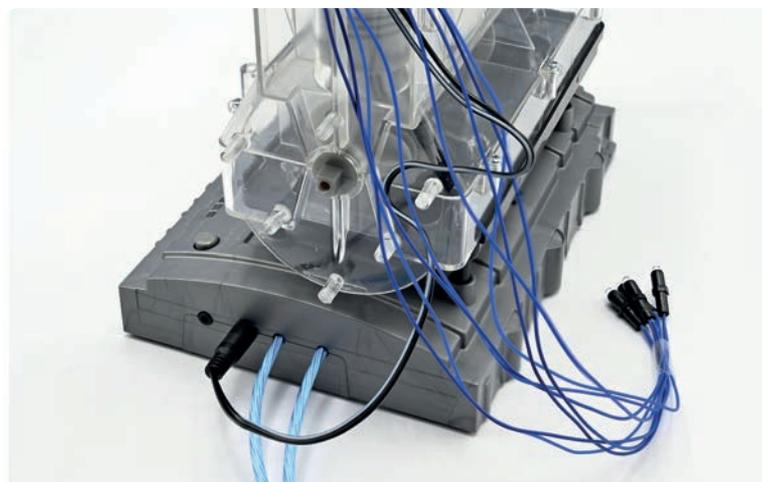
Step 43:

Position the distributor as shown with respect to the markings. Slide the distributor onto the end of the camshaft at the drive gear side of the model so that its rear side rests on the three studs protruding from the cylinder head (refer to the picture). Insert three screws in the studs. Turn them a little but do not yet fasten them. Do not

turn the camshaft! Piston no. 1 and the camshaft must remain in the position of step 41.

Schritt 44:

Die Kabel von der Oberseite der Baugruppe bestehend aus Verteiler und Zündkerzen führen zu einem Stecker, den Sie in die Buchse des Batteriegehäuses stecken.



Step 44:

The cables of the distributor/spark plug assembly end in a plug. Insert this plug in the socket on the battery case.

Schritt 45:

Suchen Sie die Markierung »1« auf dem Verteiler und verfolgen Sie den Draht, der unter dieser Markierung herauskommt, bis an die »Zündkerze« (Glühbirne) Nr. 1. Halten Sie die Glühbirne fest und justieren Sie den Zündzeitpunkt wie folgt:

- A Drücken Sie den Knopf auf dem Batteriegehäuse und drehen Sie dann den Verteiler langsam, bis die Glühbirne (Zündkerze Nr. 1) gerade aufleuchtet.
- B Ziehen Sie vorsichtig die drei Sicherungsschrauben des Verteilers fest, ohne den Verteiler dabei zu bewegen. Vergewissern Sie sich, dass die Zündkerze Nr. 1 bei erneutem Drücken des Kopfs immer noch leuchtet.
- C Ziehen Sie den Verteilerstecker aus dem Batteriegehäuse.
- D Da der richtige Zündzeitpunkt sehr wichtig ist, können Sie diesen Schritt mehrmals wiederholen, um sicherzustellen, dass der Zündzeitpunkt richtig eingestellt ist.



Step 45:

Follow the wire starting at the "1" marking on the distributor to the "spark plug" (light bulb) no. 1. Hold the bulb and adjust ignition timing as follows:

- A Press the button on the battery box and slowly turn the distributor until the bulb (or spark plug) no. 1 just about lights up.
- B Carefully fasten the three lock screws of the distributor without moving it. Make sure that spark plug no. 1 still lights up when you press the button again.
- C Remove the distributor plug from the battery box.
- D As the correct ignition timing is of utmost importance, you may repeat this step several times to make sure that it is properly adjusted.

Schritt 46:

Die vier Kabel am Gehäuse des Verteilers sind mit »1«, »3«, »4« und »2« markiert. Suchen Sie die Markierung »1« auf dem Verteiler (dieselbe, die in Schritt 45 erwähnt wurde) und verfolgen Sie den Draht darüber zur dazugehörigen Zündkerze. Drücken Sie diese sanft in die Montagebohrung Nr. 1 auf dem Zylinderkopf. Es ist die Bohrung, die dem Verteiler am nächsten liegt.

Schritt 47:

Wiederholen Sie Schritt 46 für die anderen drei »Zündkerzen« und achten Sie darauf, jede in die Bohrung des zugehörigen Zylinders zu stecken. Beim Blick von der Seite auf das Modell (Ventilator zeigt nach rechts) lautet die Reihenfolge der Zylinder von links Nr. 1, 2, 3 bis ganz rechts Nr. 4. Die Zahlen sind auch neben den Zündkerzenbohrungen im Zylinderblock eingeprägt.

Step 46:

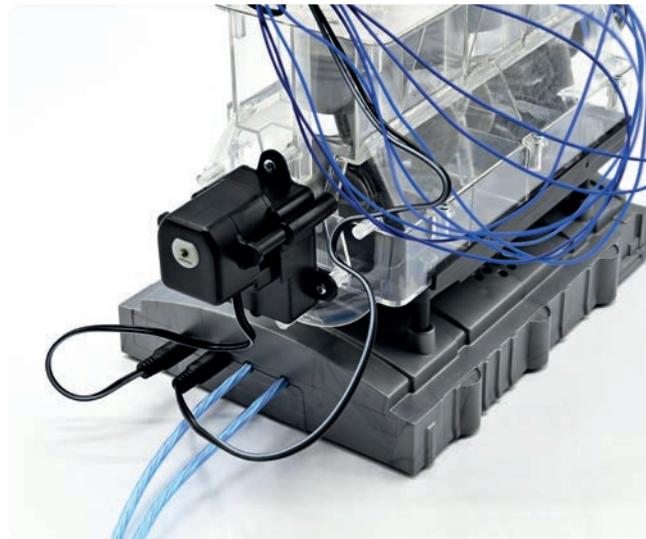
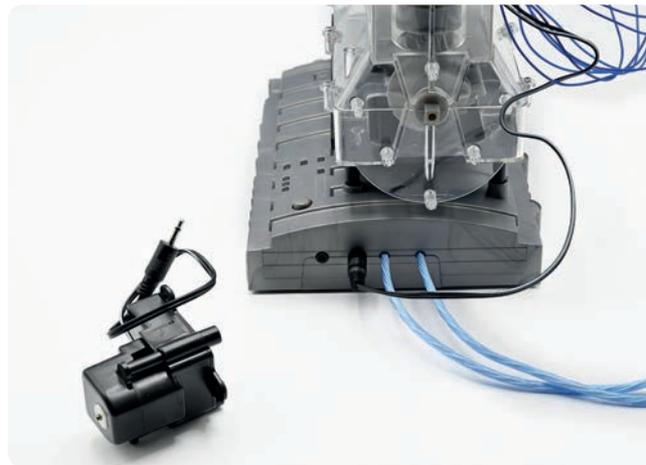
The four wires at the distributor casing are marked "1", "2", "3" and "4". Follow the wire starting at the "1" marking on the distributor (the same that you used in step 45) to the corresponding spark plug. Gently push the spark plug into bore no. 1 on the cylinder head. This is the bore nearest to the distributor.

Step 47:

Repeat step 46 for the remaining three "spark plugs" and insert each of them in the bore next to the corresponding cylinder. When you look at the model with the fan on the right side, the cylinders from left to right are no. 1, 2, 3 and 4. The numbers are also embossed in the cylinder block next to the respective spark plug bores.

Schritt 48:

Montieren Sie den Elektromotor. Die Zahnkränze von Elektromotor und Antriebsrad sollen so ineinandergreifen, dass der Motor dabei nicht blockiert. Die drei Laschen mit den Schraubenlöchern am Rand des Elektromotors werden auf die drei Stützen an der Seite des Modellmotors gelegt (siehe Bild). Schrauben Sie den Elektromotor an das Modell (die Schrauben sollten in die Anschlussstücke des Modells gedreht werden) und ziehen Sie die Schrauben vorsichtig an.



Step 48:

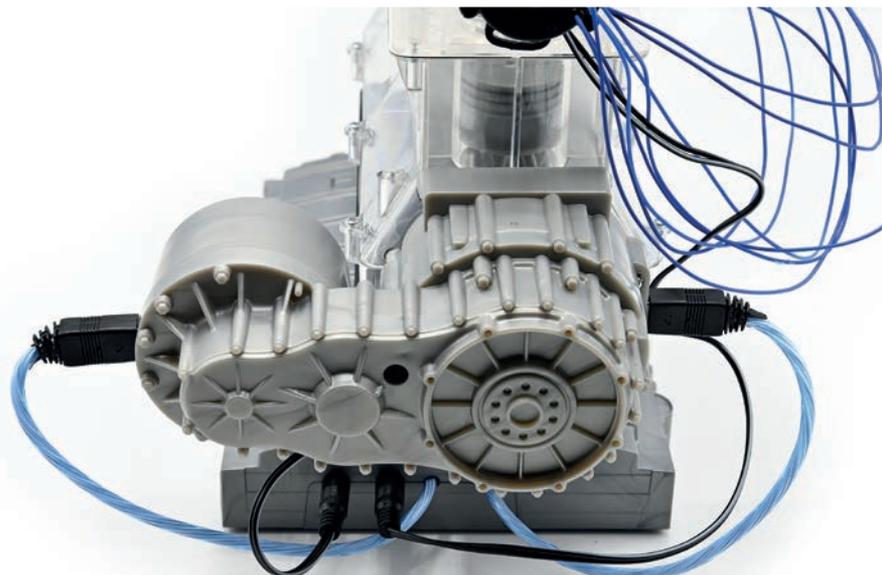
Mount the electric motor. The teeth of the electric motor and the drive gear must engage in such a way that the motor does not block. Line up the mounting holes of the electric motor with the three studs at the side of the engine (refer to the picture). Fasten the electric motor to the model. To do so, insert the screws in the studs on the model and carefully tighten them.

Schritt 49:

Befestigen Sie die Hybridantriebseinheit mit drei Schrauben an der Rückseite des Motors. Stecken Sie die USB-Glasfaserkabel an jeder Seite der Antriebseinheit an.

Step 49:

Attach the hybrid drive unit to the rear of the engine and secure with three screws. Insert the USB fibre optic cables to each side of the drive unit.



Schritt 50:

Verbinden Sie das Unterteil des Vergasers (39) mit dem Einlasskrümmer (40). Ein Stift am Boden des Vergaserunterteils soll in ein Loch im Einlasskrümmer greifen.



Step 50:

Fit the carburettor base (39) to the intake manifold (40). The pin at the bottom of the carburettor base must engage a hole in the intake manifold.

Schritt 51:

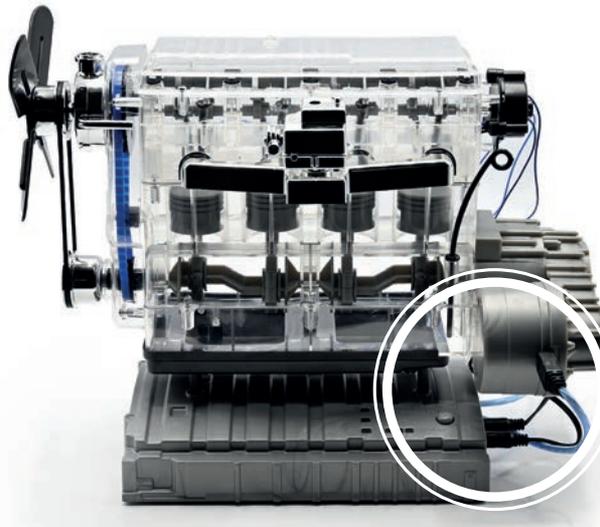
Setzen Sie das Vergaseroberteil (41) auf das Vergaserunterteil und befestigen Sie es mit einer Schraube. Schieben Sie die Baugruppe aus Einlasskrümmer und Vergaser vorsichtig an ihren Platz auf dem Zylinderkopf, bis die Arretierungen einrasten, und zwar auf der den Zündkerzen gegenüberliegenden Seite des Modells.

Step 51:

Place the carburettor top (41) on the carburettor base and secure it with a screw. Carefully fit the intake manifold/carburettor assembly to the side of the cylinder head opposite the spark plugs until it snaps into place.

Schritt 52:

Der Ölmesstab (43) passt in ein Loch im Zylinderblock. Das Loch liegt auf derselben Motorseite wie der Einlasskrümmer (siehe Bild). Schieben Sie den Messstab durch das Loch möglichst tief in den Modellmotor hinein.



Step 52:

The oil dip stick (43) belongs into a hole in the cylinder block on the same side as the intake manifold (refer to the picture). Insert the dip stick as far as possible in the model.

Schritt 53:

Drücken Sie den Auspuffkrümmer (42) vorsichtig an seinen Platz auf der Zündkerzenseite des Zylinderkopfs, bis die Arretierungen einrasten.



Step 53:

Carefully fit the exhaust manifold (42) to the spark plug side of the cylinder head until it snaps into place.

Schritt 54:

Tragen Sie den Aufkleber auf die Basis auf. Entfernen Sie dazu den Aufkleber von seinem Rücken und drücken Sie ihn fest auf die Basis.



Step 54:

Apply the self-adhesive label to the base. Peel the label from the backing and press firmly on to the end as shown.

Herzlichen Glückwunsch!

Ihr Modellmotor ist fertig. Der Motor arbeitet auf drei Arten. Einmaliges Drücken der Ein-/Aus-Taste leitet den normalen Betrieb des Verbrennungsmotors ein. Alle vier Zündkerzen leuchten auf, und das Glasfaserkabel simuliert das schnelle Laden der Hybridbatterie. Durch zweimaliges Drücken der Taste wird die ECO-Funktion ausgelöst, bei der nur zwei der vier Zündkerzen im Motor funktionieren und das Glasfaserkabel eine kleine Ladungsmenge simuliert, die von der Batterie zur Hybrid-einheit bewegt wird (als ob der Hybrid-Elektromotor hilft, Strom zu liefern).

Durch dreimaliges Drücken der Taste wird der Hybrid-Elektromotor gestartet. Der 4-Zylinder-Verbrennungsmotor wird gestoppt, aber das Geräusch des Hybrid-Elektromotors ist zu hören, und das Glasfaserkabel simuliert die elektrische Ladung, die sich von der Batterie in die Hybrideinheit bewegt.

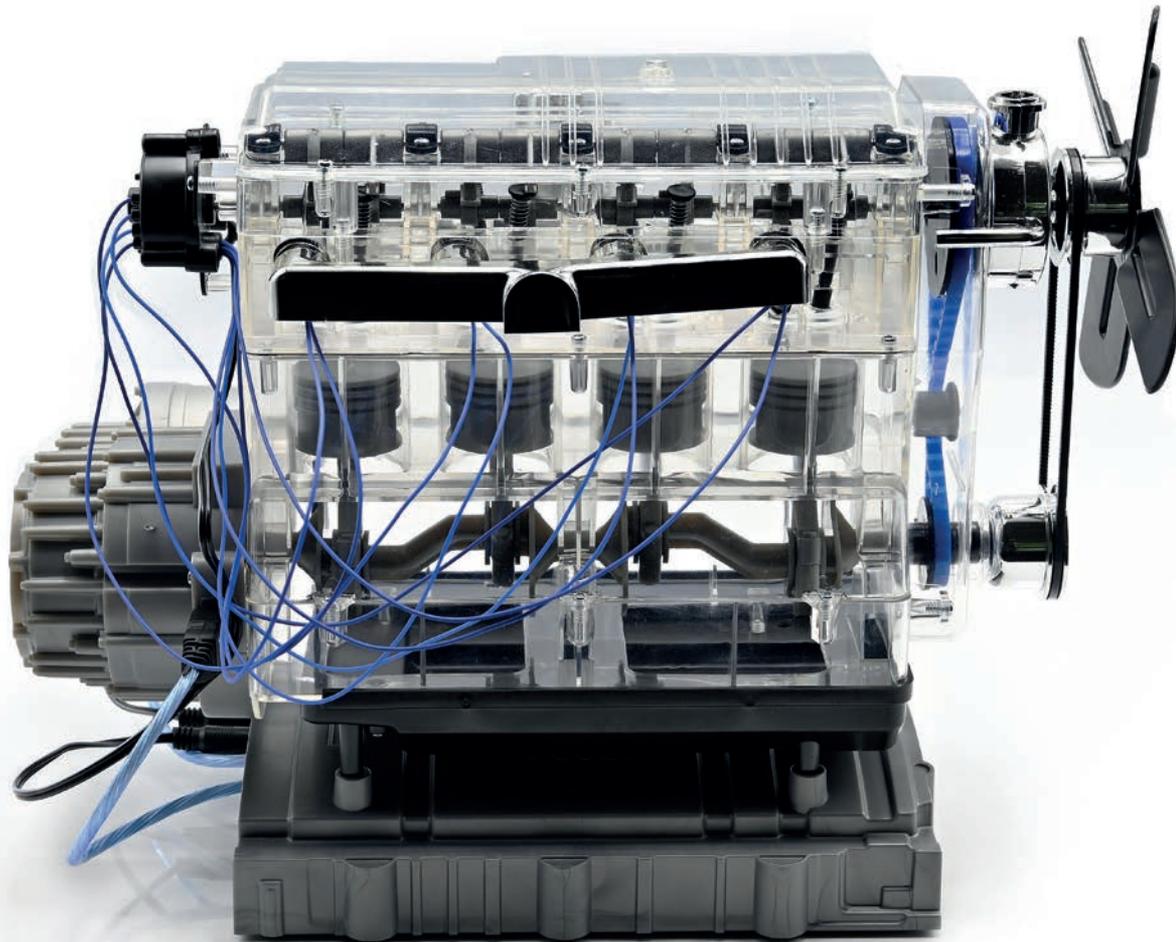
Congratulations!

Your model engine is ready. The engine operates in three ways. Pressing the On/Off button once will initiate normal internal combustion engine operation. All four spark plugs will illuminate, and the fibre optic cable will simulate the fast charging of the hybrid battery. Pressing the button twice will initiate the ECO function, in which only two of the four spark plugs in the engine will be working, and the fibre optic cable will simulate a small amount of charge moving from the battery to the hybrid unit (as if the hybrid electric motor is helping to supply power).

Pressing the button three times initiates the hybrid electric motor. The 4-cylinder combustion engine is stopped, but the sound of the hybrid electric motor can be heard, and the fibre optic cable simulates the electric charge moving away from the battery into the hybrid unit.

Der fertige Motor mit angeschlossener Starterbox.

The completed engine.



Die Zündfolge

Die vier Zylinder eines Motors können nicht nacheinander in Reihe gezündet werden. Der Motor würde dadurch zu viele Vibrationen entwickeln. Übliche Reihenfolgen der Zündung sind daher 1-3-4-2 und 1-2-4-3. Diese beiden Zündfolgen ergeben den vibrationsärmsten Lauf. Die DIN-Norm 73021 definiert den ersten Zylinder auf der Ventiltriebsseite. Bei unserem Modellmotor liegt der erste Zylinder auf der Kupplungsseite. Er hat jedoch die gleiche Zündfolge: 1-3-4-2.

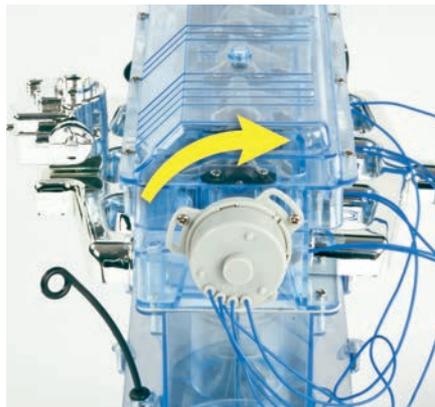
Ignition sequence

The four cylinders of an engine cannot be ignited in positional order as this would produce too much vibration. Common ignition sequences are thus 1-3-4-2 and 1-2-4-3. Both sequences result in minimum vibrations. According to DIN 73021, the first cylinder is the one on the valve train side. In our model, however, the first cylinder is the one on the clutch side. Nonetheless, the model still uses the ignition sequence 1-3-4-2.

Zündzeitpunkt einstellen

Zündet der Motor nach dem oberen Totpunkt des Kolbens, spricht man von einer Spätzündung. In diesem Fall drehen Sie den Zündverteiler nach links.

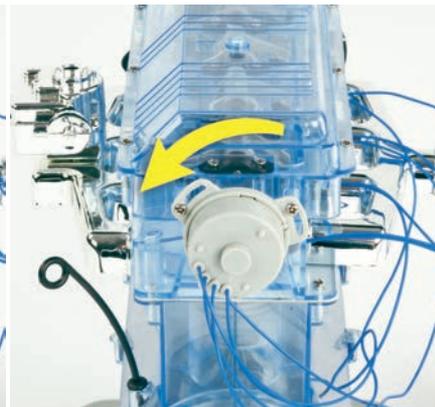
Zündet der Motor vor dem oberen Totpunkt des Kolbens, spricht man von einer Frühzündung. In diesem Fall drehen Sie den Zündverteiler nach rechts.



Adjusting ignition timing

When ignition takes place after the piston has reached top dead centre (so-called retarded ignition), turn the distributor anticlockwise.

When ignition takes place before the piston reaches top dead centre (so-called pre-ignition), turn the distributor clockwise.



Was passiert, wenn der Zündzeitpunkt nicht stimmt?

Befindet sich der Kolben bereits wieder auf dem Weg nach unten, wird durch die Explosion des Kraftstoff-Luft-Gemischs nur noch wenig Druck auf den Kolben ausgeübt. Damit gelangt auch nur noch wenig Kraft auf die Kurbelwelle. Befindet sich der Kolben noch auf dem Weg nach oben, ist erst ein Teil des Kraftstoff-Luft-Gemischs in der Brennkammer. Es ist zudem noch unzureichend komprimiert. Dadurch ist die Energieausbeute beim Zünden des Gemischs gering. Die erzeugte Druckwelle wirkt außerdem gegen die Bewegungsrichtung des Kolbens und bremst ihn. Die Folge: Der Motor läuft schlecht oder gar nicht.

What happens when ignition timing is wrong?

When the piston is already on its way down, the explosion of the fuel-air mixture exerts less pressure and hence less power on the crankshaft. When the piston is still on its way up, only part of the fuel-air mixture has entered the combustion chamber and is not even sufficiently compressed. This results in low energy gain from igniting the mixture. Furthermore, the pressure wave acts against the direction of travel of the piston and brakes it. As a result, the engine performs badly or doesn't work at all.

Experiment: Zündzeitpunkt einstellen

Wenn Sie den Zündzeitpunkt am fertigen Modell noch einmal einstellen wollen, montieren Sie den an der Kurbelwelle angedockten Elektromotor ab. Lockern Sie die Schrauben, mit denen der Zündverteiler befestigt ist, und verdrehen Sie ihn etwas. Wenn Sie die Kurbelwelle langsam per Hand drehen, können Sie erkennen, ob die Zündung zu früh oder zu spät ausgelöst wird. Eigentlich soll sie erfolgen, wenn der Kolben am oberen Totpunkt ist.

Die Stellung der Ventile

Stoppen Sie die Drehung, sobald der Zündfunken zu sehen ist. Beobachten Sie nun die Stellung der Ventile. Je nachdem, ob die Zündung zu früh oder zu spät erfolgt, ist entweder noch das Einlass- oder schon das Auslassventil geöffnet. Beides ist nicht erwünscht. Durch das Auslassventil etwa entweicht ein Teil des Kraftstoff-Luft-Gemischs, bevor es gezündet wird. Außerdem sind die Ventile während der Zündung einer erhöhten Belastung ausgesetzt, wenn sie nicht geschlossen sind.

Stellen Sie am Modellmotor verschiedene Zündzeitpunkte ein und beobachten Sie, bei welchen Kolbenstellungen die Zündung erfolgt. Beobachten Sie dabei auch die Stellung der Ventile.



Adjust the ignition timing of the model engine in several ways and notice where the piston is when ignition occurs. Also have a look at the valve positions.

Bei korrekt eingestellter Zündung sehen Sie den Zündfunken, wenn der Kolben am oberen Totpunkt angelangt ist. So wird am meisten Kraft auf den Kolben übertragen.



With proper ignition timing, the ignition spark is visible when the piston reaches top dead centre. This way, maximum power is transferred to the piston.

Experiment: Adjusting ignition timing

If you want to readjust the ignition timing of the completed model, you have to remove the electric motor attached to the crankshaft. Loosen the screws holding the ignition distributor and turn the distributor a little. When you now slowly turn the crankshaft by hand, you can see whether ignition is triggered too early or too late. It should occur when the piston reaches top dead centre.

Valve positions

Stop turning as soon as you see the ignition spark. Have a look at the valve positions. Depending on whether ignition happens too early or too late, either the inlet valve is still open or the exhaust valve is already open. Both is undesirable. For instance, part of the fuel-air mixture can escape before being ignited. Furthermore, the valves are heavily stressed when they are not closed at ignition.

Zu später Zündzeitpunkt: Dann wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch erst gezündet, wenn der Kolben schon längst wieder auf dem Weg nach unten ist.



Ignition too late: The fuel-air mixture is ignited when the piston is already on its way down.

Vergessen Sie nicht, den Zündverteiler wieder festzuschrauben, nachdem Sie den korrekten Zündzeitpunkt eingestellt haben.



Don't forget to retighten the ignition distributor after adjusting ignition timing!

Tipps & Tricks – So läuft Ihr Motor rund

Ein Kolben sitzt fest

Wurde ein Kolben nicht fest genug zusammengesteckt, kann zwischen beiden Halbschalen ein kleiner Luftspalt zu sehen sein. Dann ist der Kolbendurchmesser genauso groß wie die Zylinderbohrung, und der Kolben sitzt darin fest.

Ein anderer Grund könnten die kleinen Grate an den Rändern der Kolbenhalbschalen sein. Sie lassen sich bei genauem Tasten mit den Fingern fühlen. Feilen oder schleifen Sie die Grate vorsichtig ab. Um zu den Kolben zu gelangen, müssen Sie den Motor teilweise wieder zerlegen.

Die Kolben sind schwergängig

Kunststoff auf Kunststoff kann erheblich reiben. Möglicherweise haben Sie die sich bewegenden Teile nicht genügend geschmiert. Dazu eignet sich Pflanzenöl oder ein Silikonschmiermittel. Keinesfalls dürfen Sie die beiden Mittel mischen. Neben den Kolben sollten Sie alle Lager schmieren, sodass sich die Wellen gut drehen können. Auch zum Nachschmieren müssen Sie den Motor teilweise zerlegen.

Der Motor dreht sich nicht

Bewegt sich der Motor nicht und gibt die Batteriebox auch keine typischen Motorgeräusche von sich, liegt das vermutlich an den Batterien. Prüfen Sie zuerst, ob sie entsprechend der Grafik am Boden des Batteriefachs eingelegt sind. An den Federn der Fächer muss jeweils der Minuspol der Batterie liegen. Sind die Batterien richtig eingelegt und läuft der Motor trotzdem nicht, sollten Sie die Batterien austauschen oder die eingelegten Akkus neu laden.

Tips and Tricks – For a smooth run of your engine

A piston is jammed

When a piston is not assembled properly, there may be a little gap between the two halves. This makes the piston diameter as large as the cylinder bore so that the piston gets stuck.

Jamming can also be caused by the small ridges at the edges of the piston parts. You can feel them with your fingers. Carefully file or grind down the ridges. In order to access the pistons, you have to partially dismantle the engine.

The pistons move sluggishly

There is a lot of friction when plastic moves on plastic. Maybe you haven't properly lubricated the moving parts. Both vegetable oil and silicon lubricants are suitable; however, never mix the two! Apart from the pistons you should also grease all bearings so that the shafts can turn freely. To relubricate the engine, you have to dismantle it partially.

The engine doesn't turn

When the engine does not move or make any sound, the batteries are the most probable cause. Make sure that they are inserted the right way round according to the diagram at the bottom of the battery box. In each of the three battery cases, the negative pole has to face the spring. If the engine does not run although the batteries are properly inserted, try and replace or recharge the batteries.



Die Zündung erfolgt bei tiefster Kolbenstellung

Das deutet darauf hin, dass Sie die Nockenwelle vor der Montage des Zündverteilers falsch herum ausgerichtet haben. Entfernen Sie den Elektromotor und den Zündverteiler vom Modell. Die Zündkerzen können im Modell bleiben. Drehen Sie die Kurbelwelle per Hand um exakt eine Umdrehung. Nun können Sie den Verteiler und den Elektromotor wieder anschrauben. Dann stellen Sie den genauen Zündzeitpunkt ein. Nun sollte die Zündung am oberen Totpunkt erfolgen.



Ignition occurs with the piston in bottom position

This indicates that you adjusted the camshaft the wrong way round before installing the ignition distributor. Remove the electric motor and the ignition distributor from the model. The spark plugs can remain. Manually spin the crankshaft for exactly one turn. Reattach the distributor and the motor, and then properly adjust ignition timing. Now ignition should occur at top dead centre.

Die Zündfolge ist falsch

Die richtige Zündfolge ist 1-3-4-2. Haben Sie zum Beispiel die Zündkerzen 1 und 3 oder 2 und 4 vertauscht, erfolgt die Zündung in zwei Zylindern, wenn die Kolben ihren oberen Totpunkt erreicht haben, und in zweien, wenn sich der Kolben an der tiefsten Stelle befindet. Bauen Sie die beiden Zündkerzen aus und stecken Sie sie in ausgetauschter Reihenfolge wieder in die Zündkerzenbohrungen.

Der Motor macht seltsame Geräusche

Achten Sie darauf, dass das Antriebsritzel vom Elektromotor nicht aus dem weißen Zahnrad auf der Kurbelwelle rutschen kann. Sonst dreht zwar der Elektromotor, aber die Kurbelwelle gibt ein Rutschgeräusch von sich.

The ignition sequence is wrong

The proper ignition sequence is 1-3-4-2. If you have swapped e.g. the spark plugs 1 and 3 or 2 and 4, ignition occurs in two of the cylinders at top dead centre and in the other two cylinders with the piston at its bottom position. Remove the two spark plugs in question and reinstall them in the proper order.

The engine makes strange noises

Make sure that the drive sprocket of the electric motor does not slip out of the white gear on the crankshaft. Otherwise the electric motor will turn, but the crankshaft will only produce a slipping noise.

Der Fahrakku

Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeuge besitzen große Akkublöcke, die bis zu mehrere Hundert Kilogramm schwer sein können. In der Regel kommen Lithium-Ionen-Akkus zum Einsatz. Es gibt sie in mehreren Ausführungen, die sich etwa in der Menge der in ihnen speicherbaren elektrischen Energie unterscheiden. Übliche Lithium-Akkus besitzen meist kein Gehäuse, wie man es von Haushaltsakkus kennt. Stattdessen weisen sie oft sogar eine etwas biegbare flache Tütenform auf – wie etwa auch die in Smartphones verbauten. Für Industrieanwendungen gibt es Lithium-Akkus auch in der Industrienorm 18650. Sie sehen Rundzellen der Größe AA zum Verwechseln ähnlich, sind aber etwas länger und haben einen größeren Durchmesser. Mitunter findet man sie in akkubetriebenen Haushaltsgeräten, aber nicht nur dort.

Auch E-Autos fahren letztlich mit nichts anderem. So können auch ihre Fahrakkus mit 18650er-Akkus aufgebaut sein, wobei es egal ist, ob es sich um 48-Volt- oder Hochvoltakkus handelt. Am Ende kommt es nur auf die Anzahl der verbauten Zellen und deren Beschaltung an.



Lithium-Ionen-Akkus der Industrienorm 18650 finden nicht nur in diversen Elektrogeräten, sondern auch in E-Autos Anwendung. Lithium-ion batteries of the industrial standard 18650 are not only used in various electrical appliances, but also in e-cars.

The drive battery

Electric and plug-in hybrid vehicles have large battery packs that can weigh up to several hundred kilograms. As a rule, lithium-ion batteries are used for this purpose. These come in several versions, which differ in the amount of electrical energy they can store. Common lithium batteries usually do not have a housing as known from household batteries. Instead, they often have a somewhat flexible, flat bag shape – as used in smartphones, for example. For industrial applications, lithium batteries are also available in the industrial standard 18650. They look confusingly similar to AA-size round cells, but are slightly longer and have a larger diameter. They are sometimes found in battery-operated household appliances, but not only there.

E-cars also ultimately drive with nothing else. This means that their driving batteries can also be built with 18650 batteries, whereby it does not matter whether they are 48-volt or high-voltage batteries. In the end, it only depends on the number of cells installed and their circuitry.



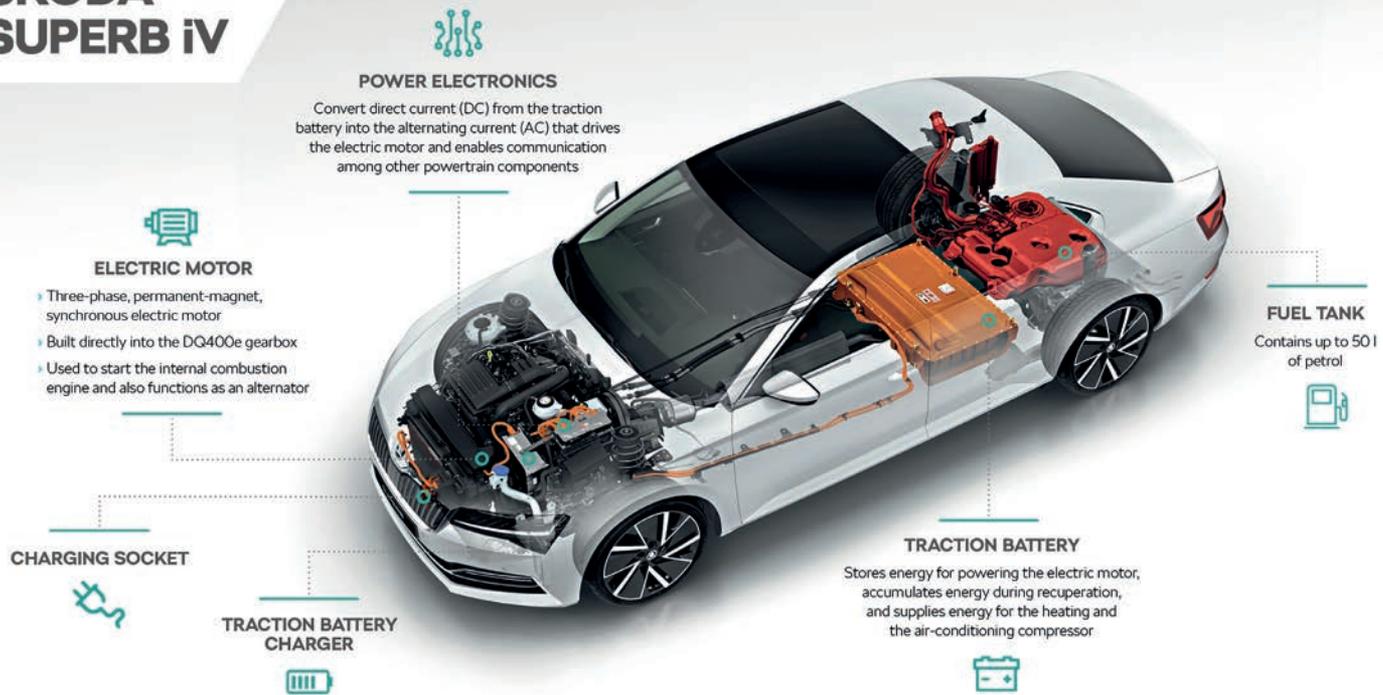
Lithium-Ionen-Akkus können aus einer Art Baukastensystem hergestellt werden. Das Gehäuse des Moduls ist zwecks besserer Anschauungsmöglichkeit transparent dargestellt.

Lithium-ion batteries can be manufactured from a kind of modular system. The housing of the module is shown transparent for better visualisation.

NEW

ŠKODA SUPERB iV

POWERTRAIN TECHNOLOGY



SOURCE: ŠKODA AUTO

Im Vergleich zu einem in einem reinen Elektroauto verbauten Fahrakku ist der in einem Plug-in-Hybrid verbaute Fahrakku (im Bild Skoda Superb iV) relativ klein.

Compared to a purely electric car, the drive battery installed in a plug-in hybrid (Skoda Superb iV in the picture) is relatively small.



Beim Kia XCeed-Plug-in ist der Fahrakku im Bereich des Kofferraums verbaut.
In the Kia XCeed plug-in, the drive battery is installed in the boot area.

Auf Qualität kommt es an

Der Fahrakku eines typischen Plug-in-Hybrids besteht aus rund 1.000 Akkuzellen. Bei reinen E-Autos können es über 7.000 sein.

Ein Akkupack ist jedoch nur so gut wie sein schwächstes Glied. Deshalb werden für E-Autos aller Art nur Akkuzellen höchster Qualität verbaut. Entscheidend ist, dass alle Zellen unter Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen möglichst die gleichen technischen Daten aufweisen. Nur so lässt sich maximale Reichweite, problemloses Nachladen und hohe Lebensdauer gewährleisten.

Die Nennspannung einer Li-Ion-Zelle beträgt 3,6 Volt. Ihre minimale Zellenentladespannung liegt bei 2,5 Volt. Sinkt ihre Spannung unter diesen Wert – Stichwort Tiefentladung –, kann sie dauerhaft Schaden nehmen. Damit kann die Kapazität des Akkublocks und somit die erzielbare elektrische Reichweite gravierend sinken.



Fahrakkus werden in ein stabiles Gehäuse eingebaut. Es schützt die empfindlichen Akkus vor Erschütterungen, Verunreinigungen und mechanischen Beschädigungen.
Drive batteries are installed in a stable housing. It protects the sensitive batteries from shocks, contamination and mechanical damage.

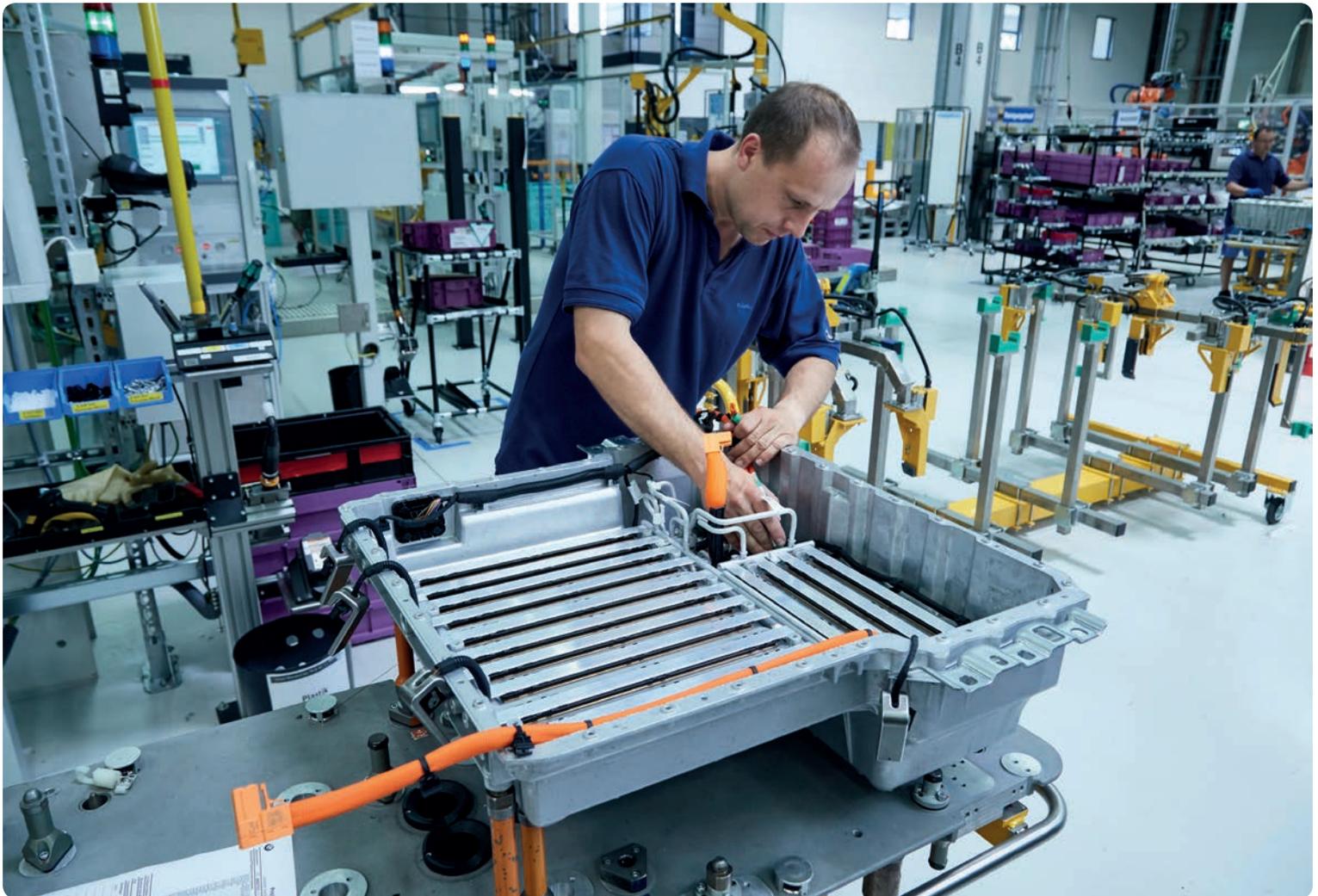
Quality matters

The drive battery of a typical plug-in hybrid consists of around 1,000 battery cells. In pure e-cars, it can be more than 7,000.

However, a battery pack is only as good as its weakest link. That is why only battery cells of the highest quality are used for all types of electric cars. It is crucial that all cells have the same technical data as far as possible, taking into account the manufacturing tolerances. This is the only way to ensure maximum range, trouble-free recharging and a long service life.

The nominal voltage of a Li-Ion cell is 3.6 volts. Its minimum cell discharge voltage is 2.5 volts. If its voltage falls below this value – keyword deep discharge – it can be permanently damaged. This can seriously reduce the capacity of the battery block and thus the achievable electric range.





Zuerst wird die Verkabelung für die Akkublöcke eingebaut. Weitere Vorrichtungen dienen dazu, den einzelnen Akkublöcken sicheren Halt zu geben.

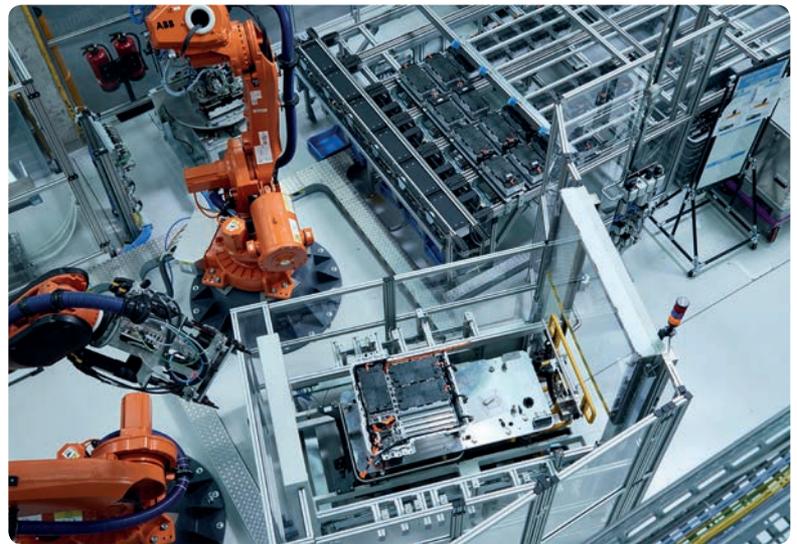
First, the cabling for the battery blocks is installed. Other fixtures are used to give the individual battery blocks a secure hold.



Die einzelnen Akkublöcke werden maschinell in das stabile Metallgehäuse eingesetzt.



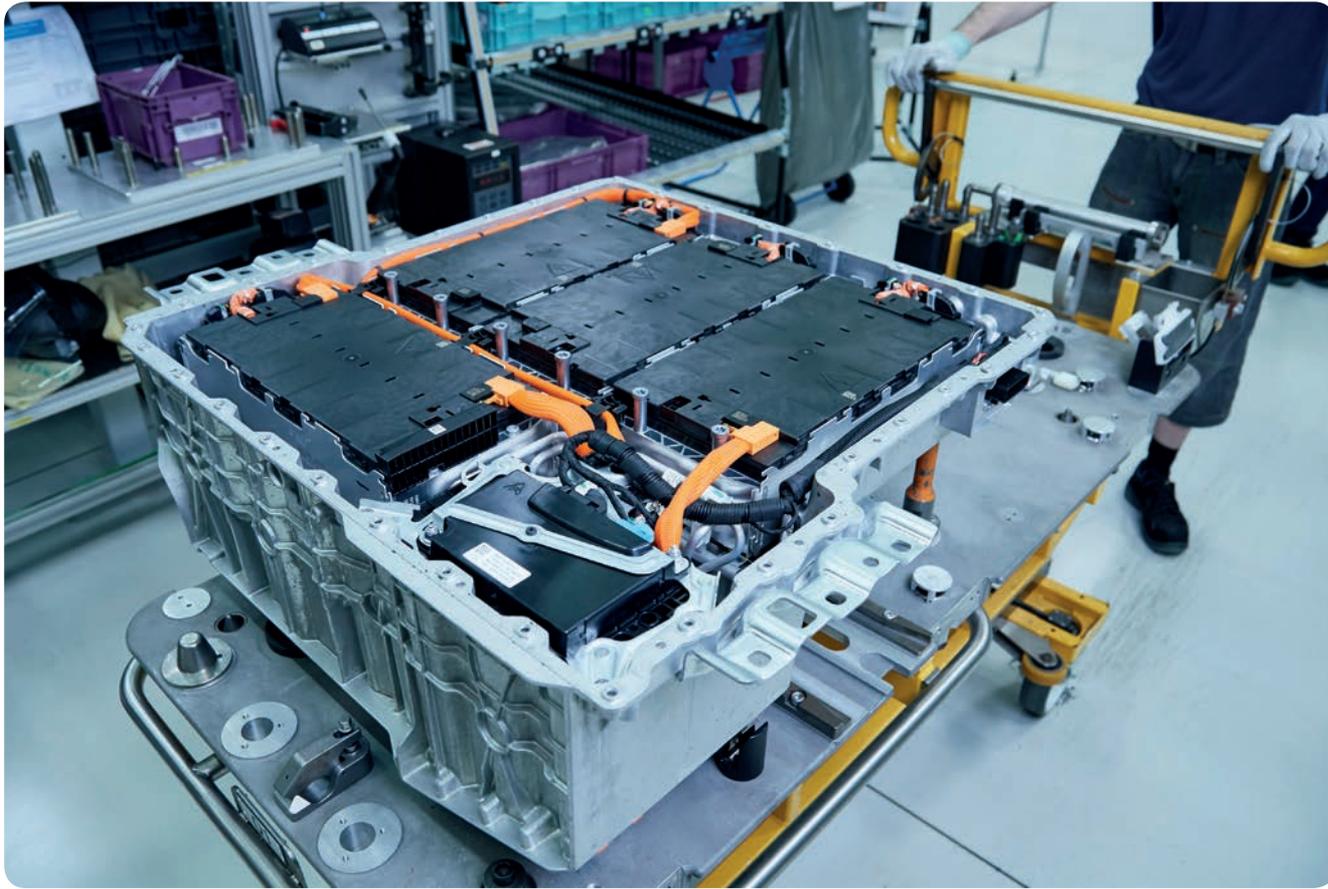
The individual battery blocks are inserted into the sturdy metal housing by machine.



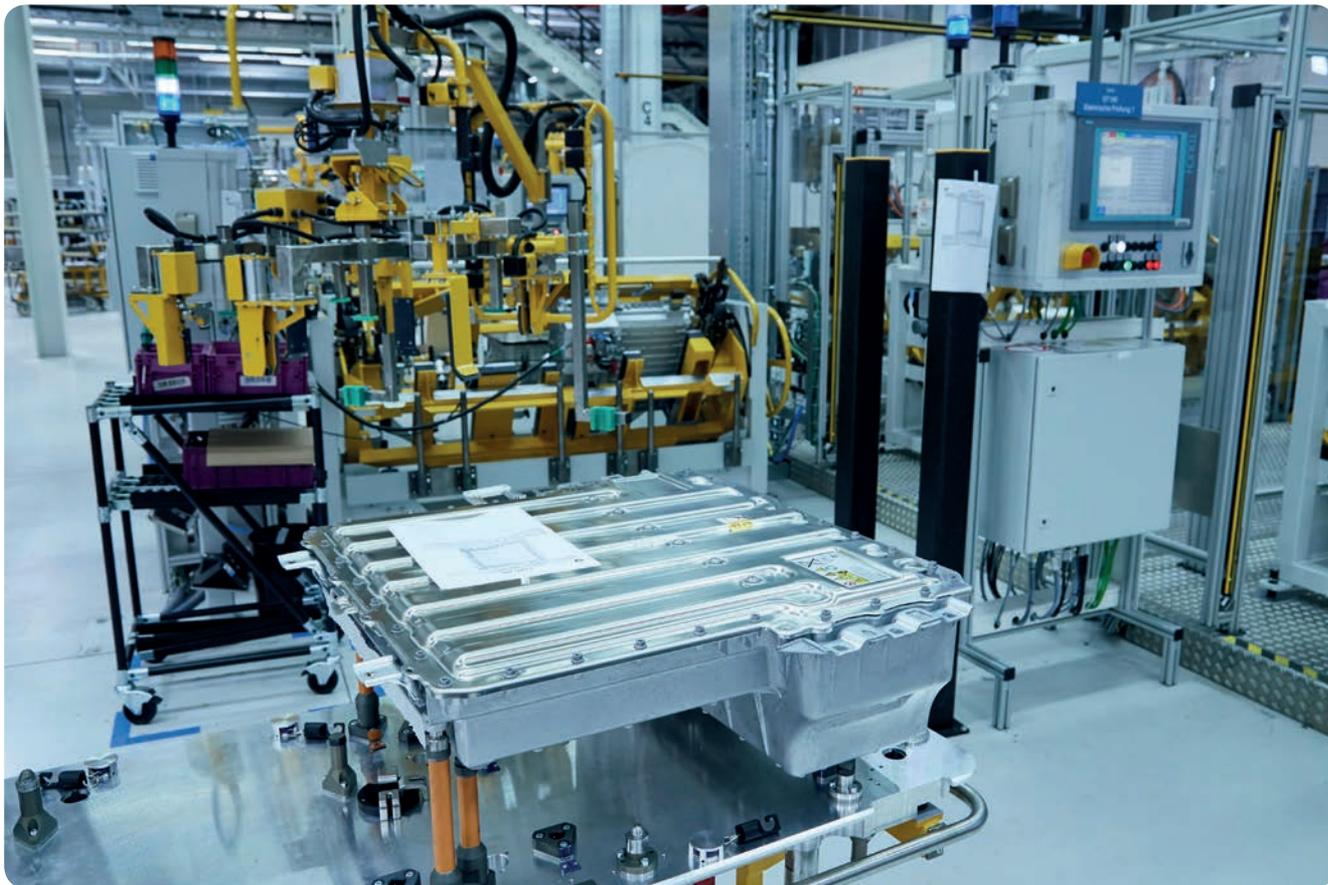
Im nächsten Arbeitsschritt werden die einzelnen Akkublöcke miteinander verdrahtet.



In the next step, the individual battery blocks are wired together.



*Fertig verkabelter
Fahrakku.
Ready wired drive
battery.*



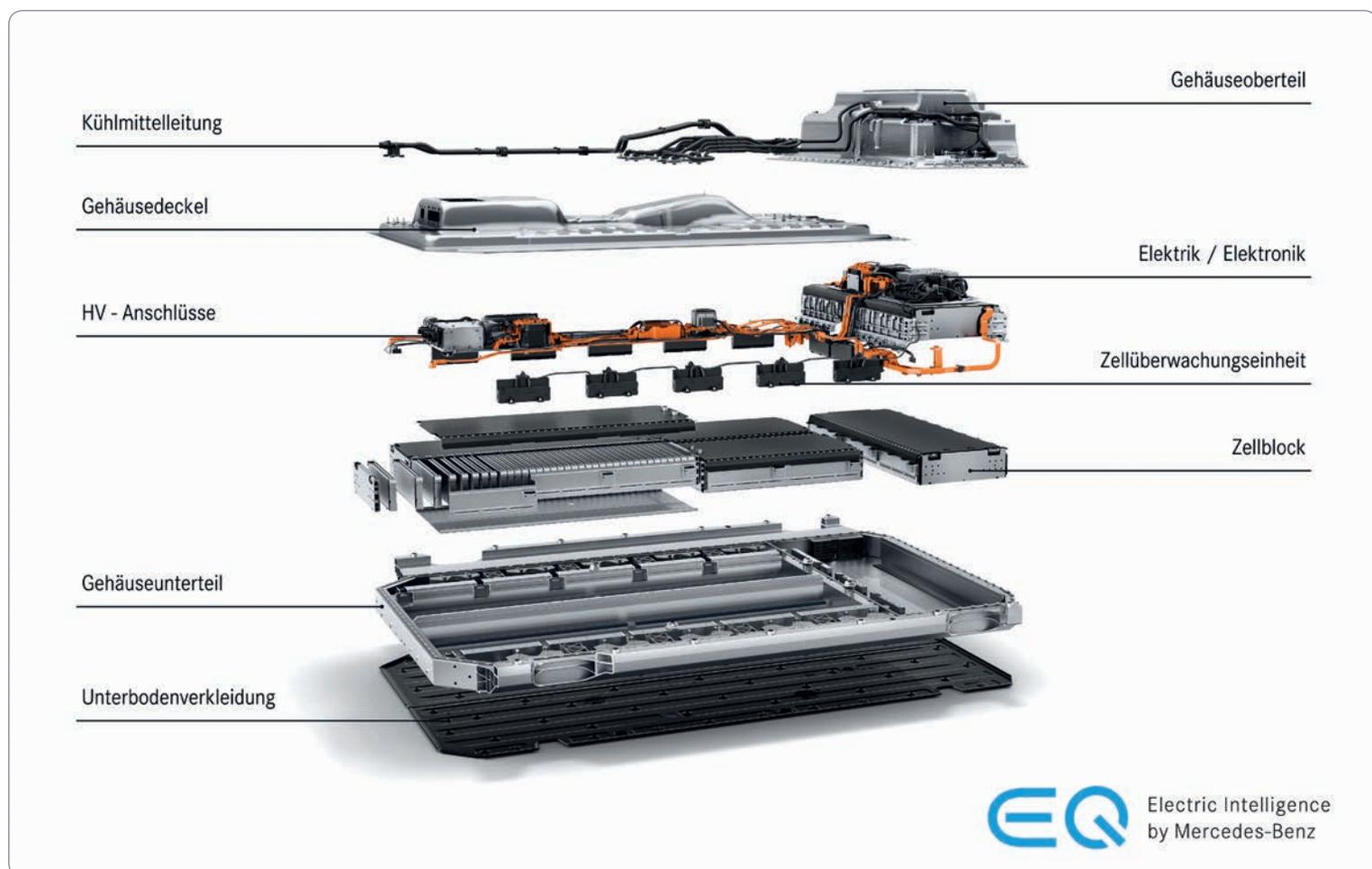
*Zuletzt wird der
Fahrakku mit
einem Metalldeckel
verschlossen.
Das gewährleistet
maximalen Schutz
auch bei Unfällen.
Finally, the drive
battery is sealed with
a metal cover. This
ensures maximum
protection even in the
event of an accident.*

Aufbau eines Lithium-Akkus und Vorgänge darin

Ein Akku besteht zuallererst aus einer Zelle, in der sich ein wasserfreier Elektrolyt befindet. Darin wiederum sind Salze, wie Lithiumhexafluorophosphat, in einem Lösungsmittel wie etwa Diethylcarbonat gelöst. Im Elektrolyten befinden sich zwei Elektroden. Die positive besteht aus Metalloxid, in dem Schichten aus Lithium-Atomen eingelagert sind. Die negative Elektrode besteht aus Kohlenstoff wie etwa Graphit. Im Elektrolyten zwischen den beiden Elektroden ist ein sogenannter Separator angeordnet, der einen Kurzschluss zwischen ihnen verhindert und ausschließlich Lithium-Ionen passieren lässt. Elektronen fließen durch den Leiter, da er den Weg des geringsten Widerstands darstellt.

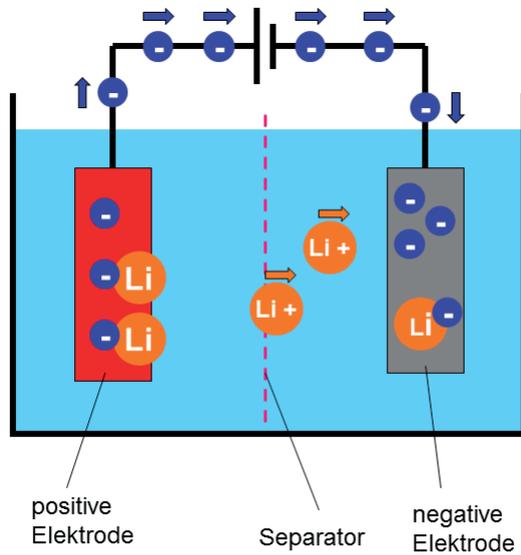
Structure of a lithium battery and processes inside

A rechargeable battery consists first of all of a cell in which there is an anhydrous electrolyte. Salts, such as lithium hexafluorophosphate, are dissolved in a solvent such as diethyl carbonate. There are two electrodes in the electrolyte. The positive electrode consists of metal oxide in which layers of lithium atoms are embedded. The negative electrode consists of carbon such as graphite. A so-called separator is arranged in the electrolyte between the two electrodes and thus prevents a short circuit between them. It only allows lithium ions to pass. Electrons flow through the conductor, as this represents the path of least resistance.



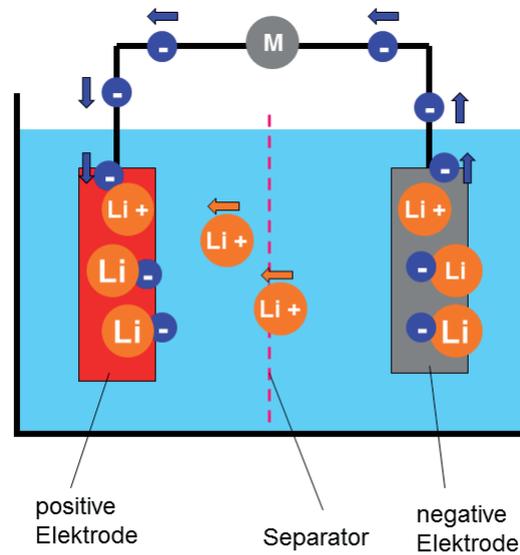
Aufbau und Gehäuse eines Fahrakkus von Mercedes.

Structure and housing of a driving battery from Mercedes.



Die Grafik zeigt die Vorgänge im Lithium-Akku während des Ladevorgangs.

The diagram shows the processes in the lithium battery during the charging process.



Die Grafik veranschaulicht die Vorgänge im Lithium-Akku, wenn er Strom an den E-Motor abgibt.

The diagram illustrates the processes in the lithium battery when it supplies current to the electric motor.

Beim Laden des Akkus werden der positiven Elektrode Elektronen entzogen, die vom eingelagerten Lithium einfach abgegeben werden. Sie fließen über den Leiter zur negativen Elektrode, wo ein Elektronenüberschuss entsteht. Gleichzeitig entstehen dabei an der positiven Seite positiv geladene Lithium-Ionen, die durch den Separator zur negativen Elektrode wandern. Dort nehmen sie wieder Elektronen auf und setzen sich als neutrale Teilchen zwischen den Graphitmolekülen ab.

Beim Entladevorgang kehrt sich der Prozess um. Die Lithium-Teilchen geben an der negativen Elektrode wieder negativ geladene Elektronen ab, die über den Leiter und den Verbraucher zurück zur positiven Elektrode fließen. Zu ihr wandern die nun auch positiven Lithium-Ionen durch den Separator zurück. Dort nehmen die Lithium-Ionen wieder Elektronen auf.

When charging the battery, electrons are withdrawn from the positive electrode, which are easily released by the stored lithium. They flow via the conductor to the negative electrode, where an excess of electrons is created. At the same time, positively charged lithium ions are produced on the positive side, which migrate through the separator to the negative electrode. There they pick up electrons again and settle as neutral particles between the graphite molecules.

During the discharging process, the process is reversed. The lithium particles release negatively charged electrons at the negative electrode, which flow back to the positive electrode via the conductor and the consumer. The lithium ions, which are now also positive, return to the positive electrode through the separator. This is where the lithium ions pick up electrons again.

Ottomotor

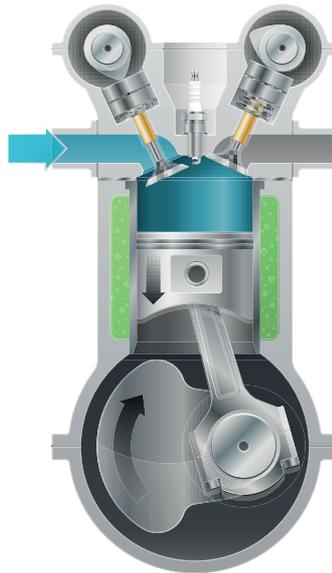
Petrol engine

Der Ottomotor ist der klassische Benzinmotor, der neben üblichen Verbrennerautos so gut wie immer in Hybridfahrzeugen verbaut ist. Sein zentrales Bauteil ist die Pleuelwelle, an der über Pleuel die Pleueln befestigt sind. Diese bewegen sich in den Zylindern auf und ab und versetzen die Pleuelwelle in Drehung. Die Bewegung des Pleuels ist in vier Arbeitsschritte, Takte genannt, unterteilt. Ihnen ist zu verdanken, dass auch vom Viertakt-Benzinmotor die Rede ist.

The petrol engine is the classic gasoline engine which, in addition to the usual combustion engine cars, is also almost always installed in hybrid vehicles. Its central component is the crankshaft, to which the pistons are attached via connecting rods. These pistons move up and down in the cylinders and cause the crankshaft to rotate. The movement of the piston is divided into four stages called strokes. It is thanks to them that we also talk about the four-stroke petrol engine.

1. Takt: Ansaugen

Der erste Takt beginnt am höchsten Punkt des Pleuels, dem oberen Totpunkt. In dieser Stellung ist das Einlassventil geöffnet und das Auslassventil geschlossen. Durch die Drehung der Pleuelwelle bewegt sich der Pleuel nach unten. Währenddessen wird durch das Einlassventil das Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt. Wenn der Pleuel den tiefsten Punkt im Zylinder erreicht hat, schließt sich das Einlassventil.

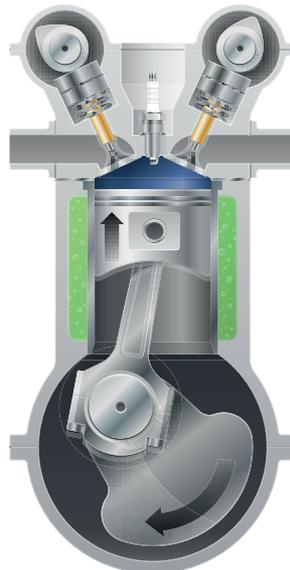


1st stroke: Suction

The first stroke begins at the highest point of the piston, the top dead centre. In this position, the intake valve is open and the exhaust valve is closed. The rotation of the crankshaft causes the piston to move downwards. Meanwhile, the fuel-air mixture is sucked in through the intake valve. When the piston has reached the lowest point in the cylinder, the intake valve closes.

2. Takt: Verdichten

Ein- und Auslassventil sind geschlossen. Durch die weitere Drehung der Pleuelwelle wird der Pleuel nach oben bewegt. Dabei drückt er das Benzin-Luft-Gemisch zusammen. Die maximale Verdichtung wird erreicht, wenn der Pleuel den höchsten Punkt erreicht hat. Durch den hohen Druck ist das Gemisch nun ungefähr 450 °C heiß.

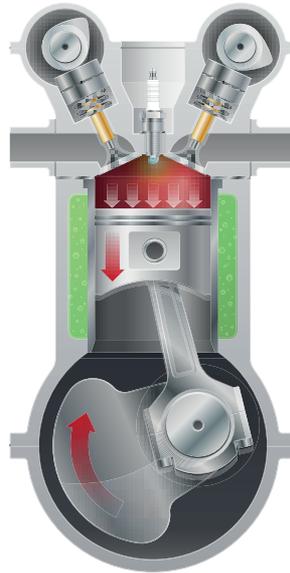


2nd stroke: Compression

The intake and exhaust valves are closed. Further rotation of the crankshaft moves the piston upwards. In doing so, it compresses the petrol-air mixture. Maximum compression is reached when the piston reaches its highest point. Due to the high pressure, the mixture is now about 450 °C hot.

3. Takt: Arbeiten

Das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch wird mit dem Funken der Zündkerze zur Explosion gebracht. Der durch die Verbrennungsgase entstehende Druck presst den Kolben nach unten. Dieser Takt bewirkt, dass sich die Kurbelwelle überhaupt dreht und dass währenddessen in den anderen Zylindern der Ansaug-, Verdichtungs- oder Ausstoßtakt stattfinden kann. Mit Erreichen des tiefsten Punkts ist der dritte Takt abgeschlossen.

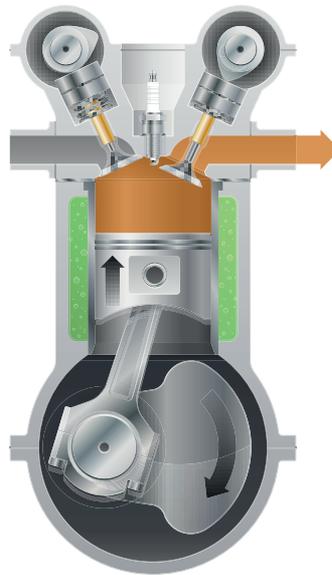


3rd stroke: Working

The compressed fuel-air mixture is detonated by the spark of the spark plug. The pressure created by the combustion gases presses the piston downwards. This cycle causes the crankshaft to rotate at all and, in the meantime, the intake, compression or exhaust cycle can take place in the other cylinders. The third stroke is completed when the lowest point is reached.

4. Takt: Ausstoßen

Der Kolben bewegt sich im Zylinder wieder nach oben. Währenddessen wird das Auslassventil geöffnet. Aus ihm werden die Verbrennungsgase herausgepresst. Wenn der Kolben den höchsten Punkt erreicht, wird das Auslassventil wieder geschlossen. Damit ist der vierte Takt abgeschlossen, und der Ablauf beginnt von vorn.



4th stroke: Ejection

The piston moves upwards again in the cylinder. Meanwhile, the exhaust valve is opened. The combustion gases are forced out of it. When the piston reaches the highest point, the exhaust valve is closed again. This completes the fourth cycle and the process begins again.

Komponenten des Verbrennungsmotors

Components of the combustion engine

Kurbelwelle, Pleuel und Kolben

Die Kurbelwelle und die daran montierten Pleuel und Kolben bilden die wichtigste Einheit des gesamten Motors. Ins Motorgehäuse eingebaut, sorgt sie dafür, dass im Motor überhaupt erst Bewegung entsteht. Da die Kolben in den Zylindern sozusagen eingeschlossen sind, werden sie bei der Zündung des Luft-Benzin-Gemischs durch den dabei entstehenden Druck nach unten gedrückt. Damit bewegen sie gleichzeitig die Pleuel, die wiederum die Kurbelwelle in Drehung versetzen. Gleichzeitig wird dabei die lineare Auf/Ab-Bewegung der Kolben und Pleuel in eine Drehbewegung der Kurbelwelle umgewandelt. Sie ist mit dem Getriebe verbunden und sorgt schließlich dafür, dass sich die Räder unserer Autos drehen.

Crankshaft, connecting rod and piston

The crankshaft and the connecting rods and pistons mounted on it are the most important unit of the entire engine. Installed in the engine casing, they ensure that movement is created in the engine in the first place. After the pistons have been enclosed in the cylinders, so to speak, they are pressed downwards by the resulting pressure when the air-petrol mixture is ignited. This simultaneously moves the connecting rods, which in turn cause the crankshaft to rotate. At the same time, the linear up/down movement of the pistons and connecting rods is converted into a rotary movement of the crankshaft. It is connected to the gearbox and ultimately ensures that the wheels of our cars turn.

Hubraum

Als Hubraum bezeichnet man das Volumen der Brennkammer eines Zylinders, wenn der Kolben seinen tiefsten Punkt erreicht hat.

Er errechnet sich aus der Kolbenfläche multipliziert mit dem Hub, also dem Weg, den ein Kolben zwischen seinem tiefsten und seinem höchsten Punkt zurücklegt.

$$\text{Hubraum} = \frac{d^2 * 3,14}{4} * \text{Hub}$$

Displacement

Displacement is the volume of the combustion chamber of a cylinder when the piston has reached its lowest point.

It is calculated by multiplying the piston area by the stroke, i.e. the distance a piston travels between its lowest and highest point.

$$\text{Displacement} = \frac{d^2 * 3.14}{4} * \text{Stroke}$$

Werden in der Formel Durchmesser und Hublänge in Zentimetern angegeben, erhält man den Hubraum des Zylinders in der allgemein üblichen cm³-Angabe. Der Hubraum eines Motors errechnet sich zudem aus der Anzahl der Zylinder, weshalb der errechnete Wert etwa bei einem Vierzylindermotor mit vier zu multiplizieren ist.

If the diameter and the stroke length are given in centimetres in the formula, the displacement of the cylinder is given in the commonly used cm³. The displacement of an engine is also calculated from the number of cylinders, which is why the calculated value for a four-cylinder engine, for instance, must be multiplied by four.

Kolbengeschwindigkeiten in der Formel 1

Die Motoren unserer Autos sind auf Langlebigkeit getrimmt. Dementsprechend ist ihre Maximaldrehzahl auf 6.500 Umdrehungen pro Minute begrenzt. Ganz anders in der Formel 1: Hier geht es ausschließlich um Power und Speed. Dennoch gibt es ebenfalls eine Drehzahlbegrenzung, die konkret bei 15.000 Umdrehungen pro Minute liegt.

Bei einem Hub von etwa 90 mm liegt die mittlere Kolbengeschwindigkeit bei maximaler Drehzahl in der F1 bei 15.000 Umdrehungen pro Minute bei sagenhaften 45 Metern pro Sekunde. Das entspricht 162 km/h!

Piston speeds in Formula 1

The engines in our cars are designed to last. Accordingly, their maximum speed is limited to 6,500 revolutions per minute. Formula 1 is completely different: here it's all about power and speed. Nevertheless, there is also a speed limit, which specifically is 15,000 revolutions per minute.

With a stroke of about 90 mm, the average piston speed at maximum speed in F1 at 15,000 revolutions per minute is an incredible 45 metres per second. That is the corresponding speed of 162 km/h!



*Nockenwelle (links), Kolben (Mitte) und Kurbelwelle (rechts)
eines Verbrennungsmotors.*

*Camshaft (left), piston (centre) and crankshaft (right)
of a combustion engine.*

Kolben eines Verbrennungsmotors.

Piston of a combustion engine.



Zylinderbohrungen eines Motorblocks.
Cylinder bores of an engine block.

Kurbelwelle mit darauf montierten Pleuelstangen
und Kolben eines Verbrennungsmotors.
Crankshaft with connecting rods and pistons
of an combustion engine mounted on it.

Kurbelwelle, Pleuel und
Kolben im Detail.
Crankshaft, connecting rod
and piston in detail.



Kolben
mit eingefrästeten Taschen für
die vier Ventile pro Zylinder.
Pistons
with milled pockets for the
four valves per cylinder.

Bohrungen
in den Gegengewichten
für bessere Auswuchtung.
Bores
in the counterweights to
improve balance.

Gegengewichte zum Kolben
gleichem vor allem bei höheren
Drehzahlen Unwuchten aus.
Piston counterweights
to neutralize imbalance particu-
larly at high speeds.

Kolben

Die Gesamtheit aus Kurbelwelle mit Gegengewichten, Kurbelwellenlagern, Pleueln, Pleuellagern und Kolben mit Kolbenringen und Kolbenbolzen bezeichnet man als Kurbeltrieb. Er bildet das Herz typischer Verbrenner-Viertaktmotoren.

Der Kolben ist das wichtigste Teil des Kurbeltriebs, denn er treibt diesen an. Die weiteren Bauteile sind nur erforderlich, um aus der linearen Auf/Ab-Bewegung – sie wird auch Translation genannt – eine Drehbewegung, oder auch Rotation, zu gewinnen.

Der Kolben ist hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt, denn mit der Zündung des Luft-Treibstoff-Gemischs baut sich in der Verbrennungskammer schlagartig ein hoher Druck auf, der den Kolben nach unten drückt. Gleichzeitig muss die Masseträgheit des Kurbeltriebs und der Antriebsräder überwunden werden.

Kolbenringe sorgen dafür, dass der in der Verbrennungskammer aufgebaute Gasdruck nicht zwischen dem Kolben und der Zylinderwand entweicht.

Pleuel

Der Pleuel ist das Bindeglied zwischen dem Kolben und der Kurbelwelle und zählt zu den wichtigsten Bauteilen des Verbrennungsmotors. Er überträgt die lineare Hubbewegung des Kolbens auf die Kurbelwelle, die sie in eine Drehbewegung umwandelt.

In der Regel ist das untere Pleuelauge geteilt, sodass sich der Pleuel leicht an der Kurbelwelle anbringen lässt. Die Bezeichnungen des oberen und des unteren Pleuelendes variieren. Das Ende, mit dem der Pleuel mit dem Kolben verbunden ist, nennt man Pleuelfuß oder kleines Pleuelauge. Das gegenüberliegende Ende, das an der Kurbelwelle montiert ist, bezeichnet man als großes Pleuelauge oder Pleuelkopf. Die Verbindung zwischen beiden Augen wird Pleuelschaft genannt. Er hat meist einen Doppel-T-Querschnitt.

Pistons

The assembly of crankshaft with counterweights, crankshaft bearings, connecting rods, connecting rod bearings and pistons with piston rings and piston pins is called the crank mechanism. It forms the heart of typical internal combustion four-stroke engines.

The piston is the most important part of the crank mechanism because it drives it. The other components are only necessary to turn the linear up/down movement – also called translation – into a rotary movement, or rotation.

The piston is subjected to high mechanical stress, because when the air-fuel mixture is ignited, high pressure suddenly builds up in the combustion chamber, pushing the piston downwards. At the same time, the mass inertia of the crankshaft and the drive wheels must be overcome.

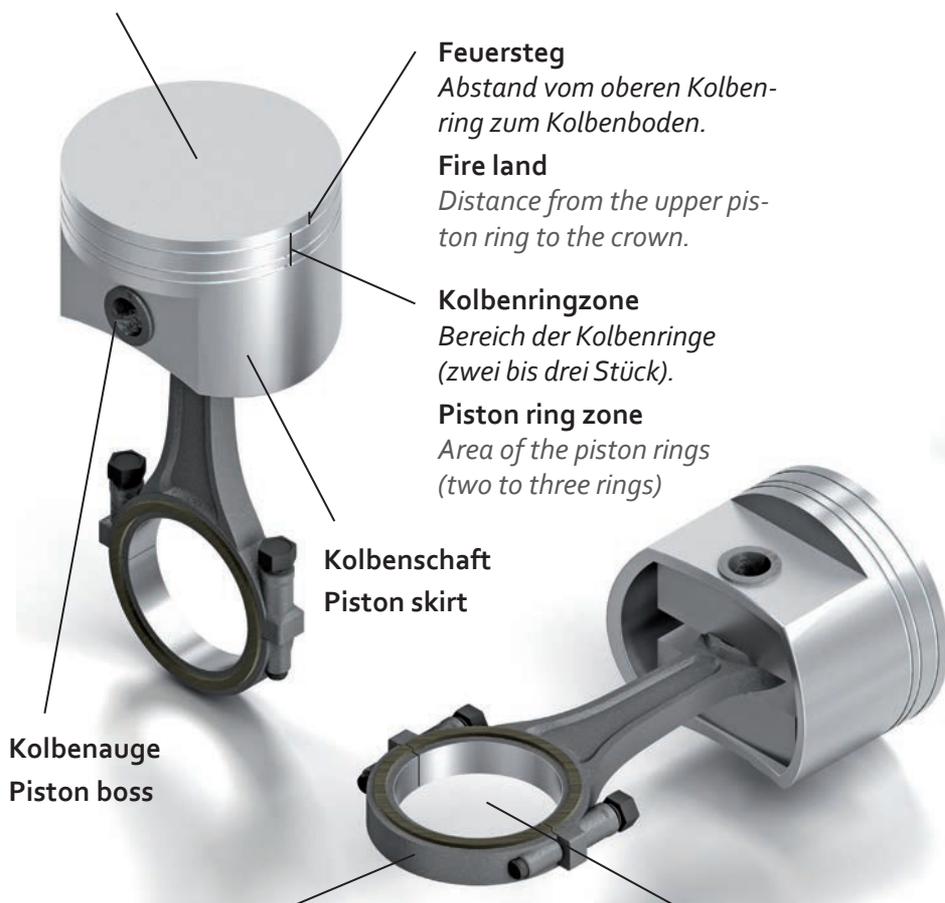
Piston rings ensure that the gas pressure built up in the combustion chamber does not escape between the piston and the cylinder wall.

Connecting rod

The connecting rod is the link between the piston and the crankshaft and is one of the most important components of the combustion engine. It transmits the linear stroke motion of the piston to the crankshaft, which converts it into a rotary motion.

As a rule, the lower connecting rod eye is split, which makes it easy to attach it to the crankshaft. The names of the upper and the lower connecting rod ends vary. The end with which the connecting rod is connected to the piston is called the connecting rod foot or small connecting rod eye. The opposite end, which is mounted on the crankshaft, is called the large connecting rod eye or connecting rod head. The connection between the two eyes is called the connecting rod shank. It usually has a double-T cross-section.

*Pleuel und Kolben im Detail.
Connecting rod and piston in detail.*



Feuersteg
Abstand vom oberen Kolbenring zum Kolbenboden.
Fire land
Distance from the upper piston ring to the crown.

Kolbenringzone
Bereich der Kolbenringe (zwei bis drei Stück).
Piston ring zone
Area of the piston rings (two to three rings)

Kolbenschaft
Piston skirt

Kolbenauge
Piston boss

Pleueldeckel
Er wird nach der Montage des Pleuels auf die Pleuellagerschalen mit dem Pleuel verschraubt.

Con rod cap
Bolted to the con rod after mounting the con rod on the crankshaft.

Großes Pleuelauge oder Pleelfuß
Es ist meist geteilt, damit sich das Pleuel leicht an der Pleuellagerschalen anbringen lässt.

Big end eye
It is usually split to facilitate mounting the con rod on the crankshaft.

Kleines Pleuelauge
Es nimmt den Pleuellagerschalen auf.

Small end eye
Receives the gudgeon pin.

Pleuelbuchse
Sie nimmt die Pleuellagerschalen auf.

Con rod bearing
Receives the bearing of the gudgeon pin.

Pleuelschaft
Er hat meist einen Doppel-T-Querschnitt, eine leichte und stabile Konstruktion.

Con rod shank
Usually has a double-T cross-section, which makes for a light and robust design.

Pleuellagerschalen
In ihnen gleiten die Pleuellagerschalen.

Con rod bearing shells
The crankpins move within them.

Trotz seines geringen Gewichts kommt es beim Pleuel besonders auf hohe Festigkeit und Stabilität an. Durch den Druck der Verbrennungsgase wird er auf Druck belastet und dabei gestaucht. Bei hohen Drehzahlen wirken auf den Pleuel starke Fliehkräfte, die ihn auf Zug hoch beanspruchen.

Despite its low weight, the connecting rod is particularly important for high strength and stability. The pressure of the combustion gases puts pressure on it and compresses it. At high engine speeds, the connecting rod is subjected to strong centrifugal forces that put it under high tensile stress.

Kurbelwelle und Kurbelgehäuse

Crankshaft and crankcase

Kurbelwelle

Die Kurbelwelle setzt die Auf/Ab-Bewegung der Zylinderkolben in eine Drehbewegung um. Dabei werden die in den Zylindern wirkenden Gaskräfte an der Kurbelwelle in ein nutzbares Drehmoment umgewandelt. Dieses wird beim Auto über ein Schwungrad an die Kupplung weitergeleitet.

Eine Kurbelwelle wird auf Verdrehung (Torsion) und Biegung beansprucht. Sie nimmt die Massekräfte und -momente der linearen Auf/Ab-Bewegung der Kolben auf. Diese Kräfte und Momente werden über die Hauptlager an das Motorgehäuse abgegeben.

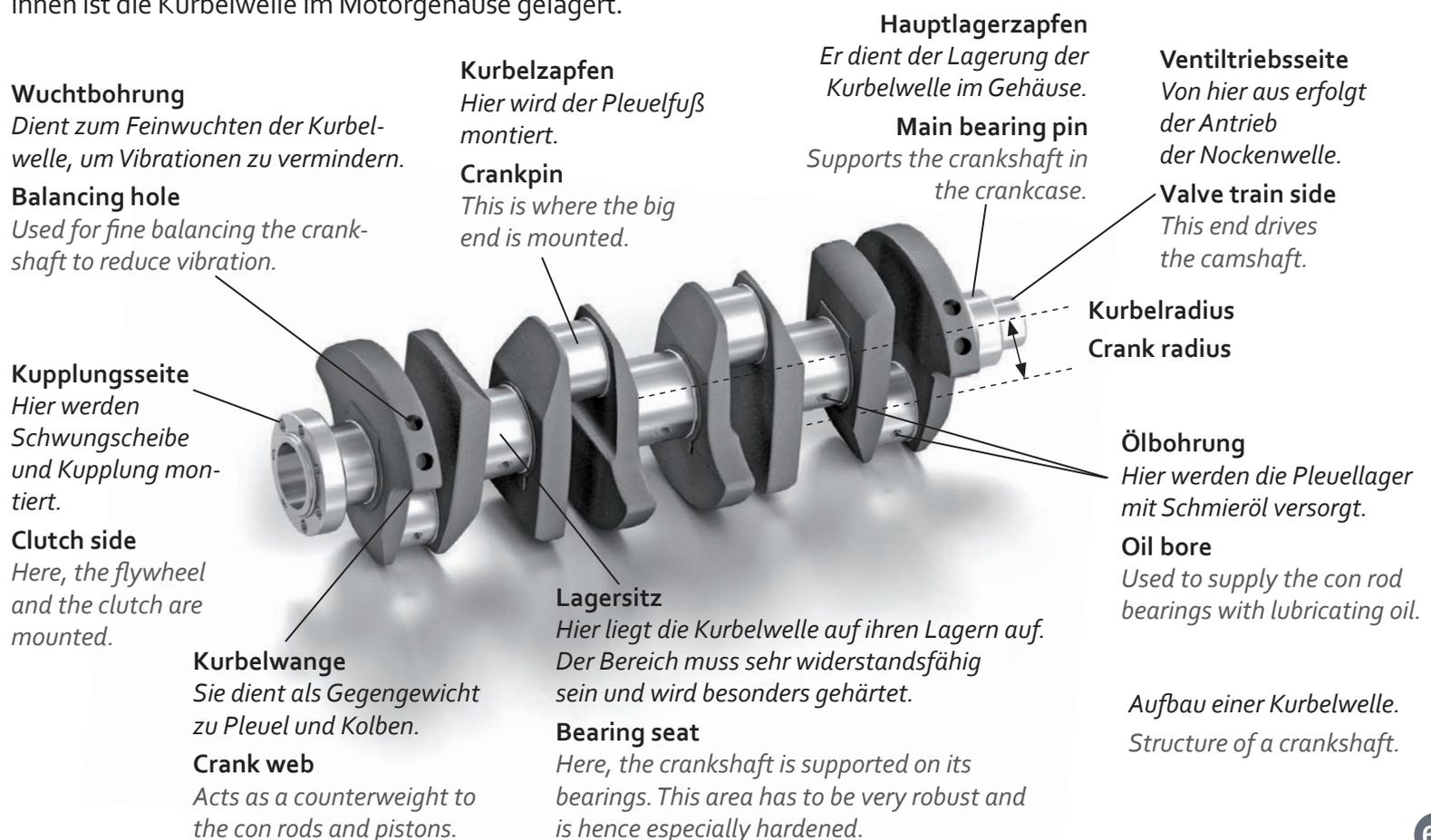
Die Kurbelwelle ist in zahlreiche Segmente unterteilt. Zwischen den Kurbelwangen sitzen die Kurbelzapfen, die zum Teil aus der Mittelachse zur Seite gerückt sind. An ihnen sind die Pleuel montiert, die wiederum mit den Kolben verbunden sind. Weitere Segmente dienen als Wellenzapfen, die sich entlang der Hauptachse befinden. Mit ihnen ist die Kurbelwelle im Motorgehäuse gelagert.

Crankshaft

The crankshaft converts the up/down movement of the cylinder pistons into a rotary movement. In the process, the gas forces acting in the cylinders are converted into a usable torque at the crankshaft. In a car, this is transmitted to the clutch via a flywheel.

A crankshaft is subjected to torsion and bending. It absorbs the inertial forces and moments of the linear up/down movement of the pistons. These forces and moments are transmitted to the engine casing via the main bearings.

The crankshaft is divided into numerous segments. Between the crank webs sit the crank pins, some of which are moved to the side from the central axis. The connecting rods are mounted on them, which in turn are connected to the pistons. Other segments serve as shaft journals, which are located along the main axis. They support the crankshaft in the engine casing.



Die Kurbelwangen sind gegenüber den aus der Hauptachse gerückten Kurbelzapfen angeordnet. Sie dienen als Ausgleichsgewichte und sorgen für den runden, gleichmäßigen Lauf der Kurbelwelle.

Die Kurbelzapfen beschreiben im Betrieb eine Kreisbahn um die Drehachse der Kurbelwelle. Der dabei beschriebene Kurbelradius entspricht genau dem Kolbenhub.

Kurbelgehäuse und Zylinder

Das Kurbelgehäuse bildet den Unterteil des Verbrennungsmotors. In ihm ist die Kurbelwelle gelagert. Auch die Ölwanne, also jener Teil, in dem sich das Motoröl bei abgestelltem Motor sammelt, ist Teil des Kurbelgehäuses.

Je nach Definition wird das Kurbelgehäuse mitunter mit dem gesamten Motorblock gleichgesetzt. Das schließt auch die Einheit mit den Zylindern sowie Kühlmantel und Gehäuse mit ein. Dementsprechend nimmt das Kurbelgehäuse auch die Zylinderrohre auf, in denen sich die Kolben auf- und abbewegen.

Das Kurbelgehäuse besteht meist aus einem einzigen Gussteil, wobei bei kleineren Motoren häufig Gusseisen, meist versetzt mit Kugelgraphit (Sphäroguss) für höhere Beanspruchungen, oder Aluminium oder Aluminiumlegierungen zum Einsatz kommen.

The crank webs are arranged opposite the crankpins, which are moved out of the main axis. They serve as balance weights and ensure the round, even running of the crankshaft.

In operation, the crankpins describe a circular path around the crankshaft's axis of rotation. The crank radius described here corresponds exactly to the stroke of the pistons.

Crankcase and cylinder

The crankcase forms the lower part of the combustion engine. The crankshaft is mounted in it. The oil pan, i.e. the part where the engine oil is collected when the engine is switched off, is also part of the crankcase.

Depending on the definition, the crankcase is sometimes equated with the entire engine block. This also includes the unit with the cylinders as well as the cooling jacket and the housing. Accordingly, the crankcase also accommodates the cylinder tubes in which the pistons move up and down.

The crankcase usually consists of a single casting, although smaller engines often use cast iron, usually mixed with nodular graphite for higher stresses, or aluminum or aluminum alloys.

Kühlkanäle
Hier läuft das Kühlwasser und transportiert die Wärme ab.

Cooling duct
Cooling water runs inside and removes the heat.

Zylinderlaufbahn
In ihr läuft je ein Kolben.

Stud bolt thread
To bolt the cylinder head to the cylinder block.

Gewinde für Stehbolzen
Sie dienen dem Verschrauben des Zylinderkopfs mit dem Zylinderblock.

Cylinder bore
In each one a piston travels.

Aufbau eines Kurbelgehäuses.

Structure of a crankcase.

Ölwanne
Sie nimmt das Öl auf.

Oil sump
Holds the oil.

Motoröl

Öl ist für einen Verbrennungsmotor aus zwei Gründen überlebenswichtig. Bei sich bewegenden Teilen, wie etwa den Kolben und Pleueln, entstehen Reibung und Wärme. Des Weiteren dehnen sich Materialien mit zunehmender Erwärmung aus, womit die Reibung zwischen ihnen steigt. Überhöhte Reibung und Überhitzung des Motors sind die unausweichlichen Folgen.

Bewegen sich Komponenten – so wie beim Verbrennungsmotor – zudem mit hoher Geschwindigkeit, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich etwa der Kolben im Zylinder festfrisst und starr sitzt. Da sich die Kolben in den anderen Zylindern aber weiterbewegen, würde zumindest auch der Pleuel des stecken gebliebenen Kolbens Schaden nehmen. Die Kurbelwelle könnte dabei ebenfalls in erhebliche Mitleidenschaft gezogen werden.

Nachfüllen von Motoröl. Das Öl sorgt für eine gute Schmierung der beweglichen Teile im Motor.

Refilling engine oil. The oil ensures good lubrication of the moving parts in the engine.

Motoröl reduziert im Motor die Reibung und sorgt zusätzlich für die Kühlung der sich bewegenden Teile. Der Ölfilm, etwa zwischen Kolbenwand und Zylinderinnenseite, verhindert, dass sich die Metalle aneinander zerreiben. Bei abgestelltem Motor befindet sich das gesamte Öl in der Ölwanne unter dem Zylinderblock. Bei laufendem Motor sorgt die Ölpumpe für eine gleichmäßige Zirkulation des Öls im gesamten Motorinnenraum. Es wird durch kleine Einlässe im Zylinderblock und im Zylinderkopf zu allen sich bewegenden Motorteilen gepumpt. Bei seiner Zirkulation durch den Motor nimmt das Öl Schmutz- und, bedingt durch den Motorverschleiß, kleine Metallpartikel auf. Um diese für den Motor schädlichen Verunreinigungen wieder zu entfernen, wird das Öl durch den Ölfilter geleitet.

Laut Herstellerangaben verbraucht ein Verbrennungsmotor im Durchschnitt 0,6 bis 1,0 Liter Motoröl pro 1.000 Kilometer. In der Praxis verbraucht ein Motor weit aus weniger Öl. Etwa bei 0,25 Litern pro 1.000 Kilometer liegt die Grenze, ab der sich verbranntes Öl als blauer Rauch aus dem Auspuff bemerkbar macht. Der Ölstand ist regelmäßig mit dem Peilstab zu kontrollieren, und bei Bedarf muss Öl nachgefüllt werden.

Engine oil

Oil is vital to the survival of a combustion engine for two reasons. Moving parts, such as pistons and connecting rods, generate friction and heat. Furthermore, materials expand as they heat up, increasing the friction between them. Excessive friction and overheating of the engine are the unavoidable consequences.

If components also move at high speed – as is the case with the combustion engine – there is a high probability that the piston, for example, will seize up in the cylinder and sit rigidly. But since the pistons in the other cylinders continue to move, at least the connecting rod of the stuck piston would also be damaged. The crankshaft could also suffer considerable damage.



Engine oil reduces friction in the engine and also provides cooling for the moving parts. The oil film, for example between the piston wall and the inside of the cylinder, prevents the metals from rubbing against each other.

When the engine is switched off, all the oil is in the oil pan under the cylinder block. When the engine is running, the oil pump ensures that the oil circulates evenly throughout the engine compartment. It is pumped through small inlets in the cylinder block and the cylinder head to all moving engine parts. As it circulates through the engine, the oil picks up dirt and, due to engine wear, small metal particles. To remove these impurities, which are harmful to the engine, the oil is passed through the oil filter.

According to the manufacturer, a combustion engine consumes an average of 0.6 to 1.0 litre of engine oil per 1,000 kilometres. In practice, an engine consumes far less oil. About 0.25 litres per 1,000 kilometres is the limit above which burnt oil becomes noticeable as blue smoke from the exhaust. The oil level must be checked regularly with the dipstick, and oil must be topped up if necessary.

Hybridautos

Hybrid cars



BMW 320e

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Limousine / Sedan
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1.840 kg
Antriebsart / Type of drive:	Heckantrieb / Rear-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	225 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 1,8 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/11,15 kWh
Elektrische Reichweite / Electric range:	52 bis/to 61 km

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	1.998 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	120 kW (163 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	83 kW (113 PS / hp)
Systemleistung / System output:	150 kW (204 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	41 bis/to 35 g/km



Kia XCeed Plug-in Hybrid

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Crossover
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1.519 kg
Antriebsart / Type of drive:	Frontantrieb / Front-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	193 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 1,3 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/8,9 kWh
Elektrische Reichweite / Electric range:	bis/to 58 km

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	1.589 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	77 kW (105 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	44,5 kW (60,5 PS / hp)
Systemleistung / System output:	104 kW (141 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	31 bis / to 29 g/km



Skoda Superb IV

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Limousine / Sedan
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1.752 kg
Antriebsart / Type of drive:	Frontantrieb / Front-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	224 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 1,1 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/13 kWh
Elektrische Reichweite / Electric range:	bis/to 62 km

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	1.395 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	115 kW (156 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	85 kW (115 PS / hp)
Systemleistung / System output:	160 kW (218 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	23 bis / to 26 g/km



Porsche Cayenne E-Hybrid

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Coupé
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	2.295 kg
Antriebsart / Type of drive:	Allrad / All-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	253 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 2,5 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/17,9 kWh
Elektrische Reichweite / Electric range:	bis/to 56 km

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	6
Hubraum / Displacement:	2.995 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	250 kW (340 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	100 kW (136 PS / hp)
Systemleistung / System output:	340 kW (462 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	58 bis / to 56 g/km



Fiat 500 1.0 Hybrid

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Kleinwagen / Small car
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1.055 kg
Antriebsart / Type of drive:	Frontantrieb / Front-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	167 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 5,1 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/11 kWh
Elek. Reichweite / Electric range:	keine Angaben / not specified

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Mildhybrid / Mild hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	3
Hubraum / Displacement:	999 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	51 kW (70 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	max. 3,6 kW (4,9 PS / hp)
Systemleistung / System output:	keine / not specified
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	120 g/km



VW Golf GTE

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Kompaktklasse / Compact class
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1,615 kg
Antriebsart / Type of drive:	Frontantrieb / Front-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	222 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 1,6 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	keine / not specified
Elektrische Reichweite / Electric range:	bis/to 58 km

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	1.395 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	110 kW (150 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	80 kW (110 PS / hp)
Systemleistung / System output:	180 kW (245 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	34 g/km



Ford Kuga Hybrid

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	SUV
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	keine Angaben / not specified
Antriebsart / Type of drive:	Allrad / All-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	196 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 5,3 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/1,1 kWh
Elek. Reichweite / Electric range:	keine Angaben / not specified

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Vollhybrid / Full hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	2.488 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	112 kW (152 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	92 kW (125 PS / hp)
Systemleistung / System output:	140 kW (190 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	122 g/km



Renault Clio E-Tech 140 Hybrid

Fahrzeugdaten / Vehicle data

Modell / Model:	Kleinwagen / Small car
Modelljahr / Model year:	2021
Leergewicht / Empty weight:	1.313 kg
Antriebsart / Type of drive:	Frontantrieb / Front-wheel drive
Höchstgeschwindigkeit / Empty weight:	180 km/h
Kombinierter Verbrauch / Combined consumption:	max. 4,0 Liter/100 km
Batterietyp / Battery type:	Li-Ion/1,2 kWh
Elektrische Reichweite / Electric range:	keine Angaben / not specified

Motordaten / Engine data

Antriebsart / Type of drive:	Plug-in-Hybrid
Verbrennungsmotor / Combustion engine:	Ottomotor / petrol engine
Zylinder / Cylinders:	4
Hubraum / Displacement:	1.589 cm ³
Leistung Verbrennungsmotor / Combustion engine output:	67 kW (91 PS / hp)
Leistung Elektromotor / Electric motor output:	51 kW (69 PS / hp)
Systemleistung / System output:	103 kW (140 PS / hp)
CO ₂ -Emissionen / CO ₂ emissions:	91 bis / to 82 g/km

Stichwort: Akkulebensdauer

Keyword: Battery life

In unserem Alltag sind wir seit Jahrzehnten ständig mit Akkus konfrontiert. Dabei brauchen wir nur an unsere Smartphones zu denken. Auch der Rasierapparat oder die elektrische Zahnbürste wird unter anderem damit betrieben. Hinzu kommen typische Akkurundzellen, mit denen diverse elektrische Geräte wie etwa Spielzeug betrieben werden.

Wir alle wissen also aus Erfahrung, dass Akkus nicht ewig halten, sondern mit zunehmendem Alter mehr und mehr an Kapazität, sprich Speichervermögen, verlieren. Davon sind auch die in E- oder Hybridautos verbauten Akkus nicht ausgenommen, was sich in der elektrischen Reichweite der Fahrzeuge unangenehm bemerkbar macht.

Die meisten Hersteller garantieren, dass die in ihren E- oder Hybridautos verbauten Akkus nach 160.000 Kilometern oder nach acht Jahren zumindest noch 70 Prozent ihrer ursprünglichen Kapazität besitzen – was etwa in der Praxis heißt, dass die elektrische Reichweite eines Plug-in-Hybrids von anfangs 50 auf 35 Kilometer sinken kann.

In our daily lives, we have been constantly confronted with batteries for decades. We only need to think of our smartphones. We also use them to power our razors and electric toothbrushes, among other things. In addition, there are typical rechargeable batteries that are used to power various electrical devices such as toys.

We all know from experience that rechargeable batteries do not last forever, but lose more and more capacity, i.e. storage capacity, with increasing age. The batteries installed in electric or hybrid cars are not exempt from this, which is unpleasantly noticeable in the electric range of the vehicles.

Most manufacturers guarantee that the batteries installed in their electric or hybrid cars will still have at least 70 percent of their original capacity after 160,000 kilometres or after eight years – which in practice means that the electric range of a plug-in hybrid can drop from initially 50 to 35 kilometres.



Fahrakkus mögen es, schonend und langsam aufgeladen zu werden.

Im Bild: Audi A3 Sportback TFSI e.

Driving batteries like to be charged gently and slowly. Pictured: Audi A3 Sportback TFSI e.

Auf die Pflege kommt es an

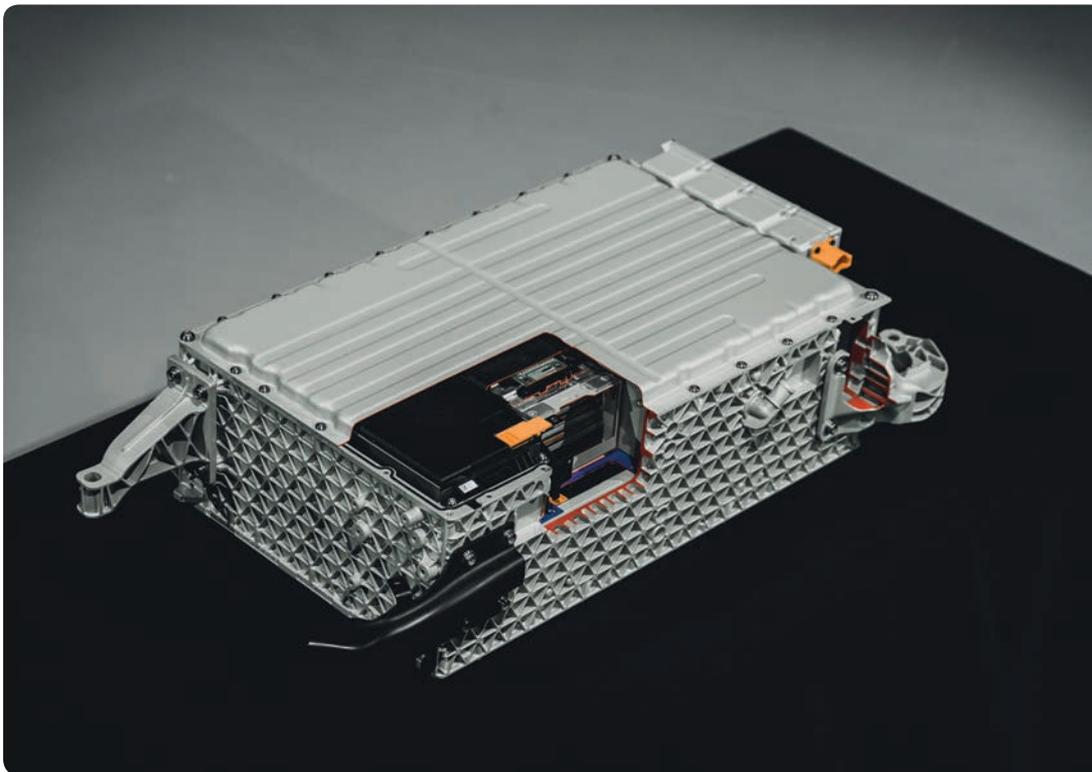
Da Fahrakkus auch nur Lithium-Akkus sind, wie sie etwa im Modellbau, in Smartphones oder in Digitalkameras zu finden sind, gilt für sie dasselbe wie für alle anderen, ungleich kleineren Akkus derselben Technologie. Ihnen schadet etwa Tiefentladung. Diese gilt es tunlichst zu vermeiden.

Außerdem wirkt sich die Art des Ladens auf die Lebensdauer eines Akkus aus. Schonend werden sie nur mit geringen Ladeströmen aufgeladen. So wird zwar maximale Lebensdauer erreicht, der Nachteil sind aber besonders lange Ladezeiten. Gerade bei der E-Mobilität möchte man den Fahrakku möglichst schnell aufgeladen haben. Dazu braucht es entsprechend hohe Stromstärken, die, vereinfacht ausgedrückt, mit aller Gewalt in den Akku gepresst werden. Dabei entsteht viel Wärme, die den Akku nicht unwesentlich thermisch belastet. Je öfter ein Akku schnell aufgeladen wird, umso geringer ist seine Lebensdauer.

It all comes down to care

Since drive batteries are also just lithium batteries, such as those found in model making, smartphones or digital cameras, the same applies to them as to all other batteries of the same technology that are of unequal size. They can be damaged by deep discharge. This should be avoided at all costs.

In addition, the type of charging has an effect on the life of a rechargeable battery. They are gently charged with low charging currents. This achieves maximum service life, but the disadvantage is particularly long charging times. In the case of e-mobility in particular, you want to charge the battery as quickly as possible. This requires correspondingly high currents, which, to put it simply, are forced into the battery with all possible pressure. This generates a lot of heat, which places a significant thermal load on the battery. The more often a battery is quickly charged, the shorter is its service life.



*Lithium-Ionen-Akku
eines Audi Q5 TFSI e.*

*Lithium-ion battery
of an Audi Q5 TFSI e.*

Akkulebensdauer erhöhen

Die Lebensdauer und somit die erzielbare Reichweite eines Fahrakkus lässt sich mit einfachen Tricks erhöhen:

1. Tiefentladung vermeiden

Fahrakkus fühlen sich am wohlsten, wenn sie in einem Ladezustand zwischen 80 und 20 Prozent betrieben werden. Auch wenn es mögliche elektrische Reichweite kostet, sollte der Akku nicht unter 20 Prozent Ladezustand entleert werden. Darunter spricht man von Tiefentladung, die die Lebensdauer des Akkus verkürzt. Für ein Hybridauto heißt das, rechtzeitig in den Verbrennermodus zu wechseln.

2. Voll aufladen vermeiden

Selbst wenn nur ein voll aufgeladener Akku für maximale elektrische Reichweite sorgt, kann das ständige Aufladen auf 100 Prozent dem Fahrakku auf Dauer schaden. Idealerweise wird der Akku nur auf 80 Prozent aufgeladen. Der Reichweitenverlust ist verschmerzbar, sorgt aber für eine deutlich längere Akkulebensdauer.

3. Langsam laden

Wird das Fahrzeug länger nicht gebraucht, etwa über Nacht, braucht der Akku nicht an einer Schnellladestation aufgetankt zu werden. Stattdessen sollte man ihn ganz langsam, etwa zu Hause, aufladen. Dieses langsame Laden wird auch als Schnarchladen bezeichnet. Es ist für den Akku eine wahre Wohltat, die eine lange Lebensdauer garantiert.

4. Lange Standzeiten vermeiden

Wird das Auto für einen längeren Zeitraum – Wochen, Monate – nicht benötigt, ist der Ladezustand des Akkus regelmäßig zu kontrollieren. Pro Monat beträgt seine Selbstentladung bei Raumtemperatur etwa 4 Prozent. In heißer Umgebung können es durchaus auch 10 Prozent sein. Deshalb ist der Akku immer wieder nachzuladen, sodass sein Ladezustand nie merklich unter 60 Prozent sinkt.

Increasing battery life

The service life and thus the achievable range of a driving battery can be increased with simple tricks:

1. Avoid deep discharge

Driving batteries feel most comfortable when they are operated at a state of charge between 80 and 20 percent. Even if it costs potential electric range, the battery should not be discharged below 20 percent state of charge. Below this level, one speaks of deep discharge, which shortens the life of the battery. For a hybrid car, this means switching to combustion mode in time.

2 Avoid fully charging

Even if only a fully charged battery provides maximum electric range, constantly charging it to 100 per cent can damage the drive battery in the long run. Ideally, the battery should only be charged to 80 percent. The loss of range is acceptable, and will ensure a significantly longer battery life.

3. Charge slowly

If the vehicle is not used for a longer period of time, for example overnight, the battery does not need to be recharged at a fast-charging station. Instead, it should be charged very slowly, for example at home. This slow charging is also known as sleep charging. It is a real boon for the battery and guarantees a long service life.

4. Avoid long idle times

If the car is not used for a longer period of time – weeks, months – the battery's state of charge should be checked regularly. The self-discharge rate is about 4 percent per month at room temperature. In a hot environment, it can be as much as 10 percent. For this reason, the battery should always be recharged so that its state of charge never drops noticeably below 60 percent.

5. Sparsam fahren

Fahrer mögen es, wenn ihnen Strom möglichst gleichmäßig entnommen wird, was gemächliches Fahren bedeutet. Bei schnellem Beschleunigen wird dem Akku binnen kürzester Zeit viel Strom entnommen, was ihn unter anderem thermisch belastet. Zudem sorgt hoher Stromverbrauch bei „sportlichem“ Fahren dafür, dass der Akku schneller leer wird und nachgeladen werden muss. Bei modernen Akkus geht man von 1.000 Ladezyklen aus, ehe ihre Leistungsfähigkeit merklich nachlässt.

5. Drive economically

Driving batteries like it when power is drawn from them as constantly as possible, which means driving at a leisurely pace. When accelerating quickly, a lot of power is drawn from the battery within a very short time, which puts a thermal strain on the battery. In addition, high power consumption during “sporty” driving means that the battery runs down more quickly and has to be recharged. Modern batteries are expected to last 1,000 charging cycles before their performance starts to deteriorate noticeably.



Schnelles Beschleunigen und Rasen führen zu hohem Stromverbrauch und häufigem Nachladen, was Akkulebensdauer kostet.

Fast acceleration and speeding result in high power consumption and frequent recharging, which costs battery life.



Am wohlsten fühlt sich ein Fahrakku im mittleren Ladebereich. Vollentladung und vollständiges Aufladen mag er nicht. A drive battery feels most comfortable in the medium charging range. It does not like full discharge and full charge.

Zweites Leben eines Fahrakkus Second life of a drive battery

Die Lebensdauer eines Fahrakkus ist begrenzt. Zudem sinken seine Kapazität und somit auch die elektrische Reichweite mit zunehmendem Alter. Die meisten Fahrzeughersteller sehen das Lebensende des Fahrakkus erreicht, wenn er nur noch 70 Prozent seiner ursprünglichen Nennkapazität besitzt – was bedeutet, dass man mit einem vollen Akku statt anfangs 50 Kilometer nur noch 35 Kilometer weit kommt. Einige Hersteller legen den Grenzwert mit 65 oder gar nur 60 Prozent noch etwas tiefer.

Für den energieintensiven Fahrbetrieb sind solche Akkus kaum mehr geeignet. Andererseits sind sie allein schon wegen ihrer wertvollen Rohstoffe und ihrer nicht gerade umweltfreundlichen Herstellung zu schade, um sie schon zu entsorgen. Deshalb wird gerade intensiv darüber nachgedacht, sie künftig als Energiespeicher bei Fotovoltaikanlagen einzusetzen. So könnte man mit ihnen während des Tags produzierten Solarstrom während der Nachtstunden selbst verbrauchen – was angesichts der mitunter sehr geringen Einspeisetarife durchaus attraktiv erscheinen mag.

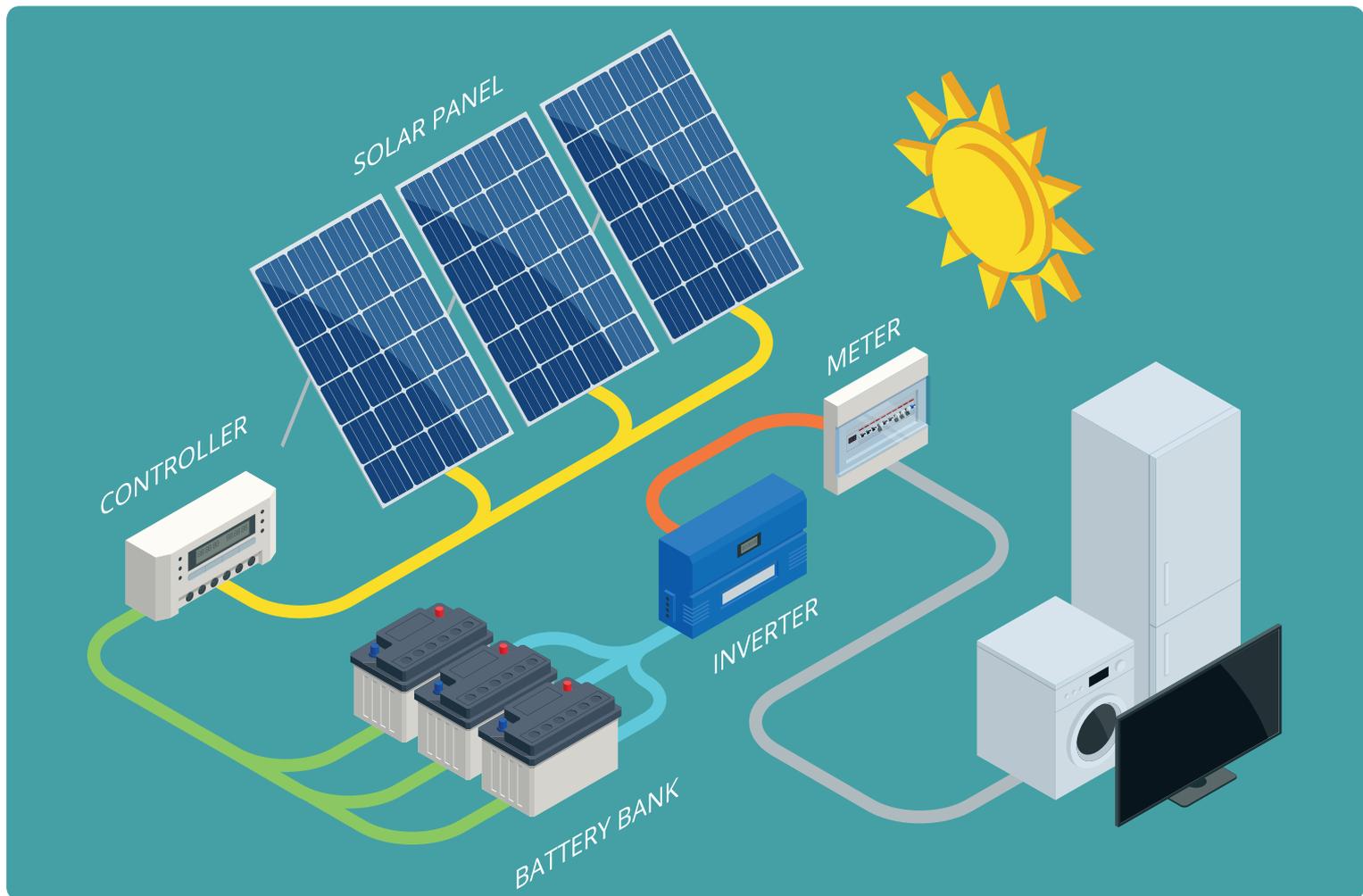
The service life of a drive battery is limited. In addition, its capacity and thus also its electric range decrease with growing age. Most vehicle manufacturers consider the battery to have reached the end of its life when it has only 70 percent of its original rated capacity – which means that a full battery will only take you 35 kilometres instead of the initial 50 kilometres. Some manufacturers set the limit even lower at 65 or even 60 percent.

Such batteries are hardly suitable for energy-intensive driving. On the other hand, because of their valuable raw materials and their not exactly environmentally friendly production, they are too good to dispose of. That is why intensive thought is being given to using them in future as energy storage devices for photovoltaic systems. In this way, they could be used to consume solar power produced during the day during the night hours – which may seem quite attractive in view of the sometimes very low feed-in tariffs.



Gerade nicht benötigter Solarstrom kann in Pufferakkus zwischengespeichert werden. Dafür sollen künftig ausgediente Fahrakkus dienen.

Solar power that is not needed at the moment can be temporarily stored in buffer batteries. In the future, used car batteries will be used for this purpose.



Gerade nicht benötigter Solarstrom kann in Pufferakkus zwischengespeichert werden. Dafür sollen künftig ausgediente Fahrakkus dienen.

Solar power that is not needed at the moment can be temporarily stored in buffer batteries. In the future, used car batteries will be used for this purpose.

Allerdings ändert diese zusätzliche Verwendung nichts daran, dass hier im Grunde alte Akkus verbaut werden. Alt bedeutet auch, dass sie bereits einen beträchtlichen Teil ihrer möglichen Ladezyklen hinter sich gebracht haben. Es bedeutet auch, dass solche Pufferakkus schon nach relativ kurzer photovoltaischer Nutzungsdauer gegen andere zu ersetzen wären, und dies kann insbesondere bei privat betriebenen Fotovoltaikanlagen zu unwirtschaftlichen Mehrkosten führen. Zudem braucht es, um die gleiche Energiemenge zu speichern, mehr alte als neue Akkuzellen.

Auf den ersten Blick mag das Fahren mit E- oder Hybridfahrzeugen äußerst umweltfreundlich wirken. Allerdings ist noch nicht so richtig geklärt, wie künftig mit Altakkus, insbesondere nach ihrem zweiten Leben, umgegangen werden soll. Ihre umweltgerechte Entsorgung wird uns noch vor eine sehr große Aufgabe stellen.

However, this additional use does not change the fact that these batteries are basically old. Old also means that they have already completed a considerable part of their possible charging cycles. This also means that such buffer batteries would have to be replaced with others after a relatively short period of photovoltaic use, and this can lead to uneconomical additional costs, especially for privately operated photovoltaic systems. In addition, more old than new battery cells are needed to store the same amount of energy.

At first glance, driving electric or hybrid vehicles may seem extremely environmentally friendly. However, it has not yet been properly clarified how old batteries will be dealt with in the future, especially after their second life. Their environmentally sound disposal will still confront us with a very big task.

Gefahren durch Lithium-Akkus

Hazards of lithium batteries

Einerseits sind Lithium-Akkus moderne Zukunftstechnologie, andererseits sind sie durchaus mit Vorsicht zu genießen. Denn eines mögen diese Akkus ganz und gar nicht: Erschütterungen. Diese treten etwa bei Unfällen auf und können dafür sorgen, dass der Akku zeitverzögert, durchaus erst nach einer Stunde, zu brennen beginnt.

On the one hand, lithium batteries are modern technology of the future, but on the other hand they should be treated with caution. Because there is one thing these batteries do not like at all: shocks. These occur in accidents, for example, and can cause the battery to start burning with a time delay, even after an hour.



Bei diesem verunfallten E-Auto fingen die in ihm verbauten Akkus erst nach einer Stunde Feuer.

In the case of this e-car that was involved in an accident, the batteries installed in it only caught fire after an hour.

Brennende Fahrakkus sind eine heikle Angelegenheit, denn genau genommen handelt es sich nicht um einen großen Akku, sondern um unzählige kleine, die, miteinander verbunden, in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut wurden. Dieser Umstand sorgt dafür, dass E-Autos, zu denen auch Hybridfahrzeuge zählen, anders brennen als normale Autos. Gewöhnlich brennen nicht alle Zellen gleichzeitig, sondern der Reihe nach. Ist also das Feuer gelöscht, kann es an einem anderen Ort im Fahrzeug wieder aufflammen. Dieser Effekt ist unter Experten als „Thermal Runaway“ bekannt.

Neben schweren etwa durch Unfälle hervorgerufenen Beschädigungen können auch starke Überhitzung der Akkus sowie unsichtbare Defekte in den Akkuzellen, bei denen sich Elektroden berühren, Ursache für Brände sein.

Fahrakkus sind zudem meist Hochvoltakkus, bei denen man mit Spannungen von 400 Volt, vereinzelt sogar bis 800 Volt, konfrontiert sein kann. Auch das vereinfacht den Umgang mit einem verunfallten Elektrofahrzeug nicht unbedingt. Immer wieder sind bei derartigen Unfällen Feuerwehren auf die Unterstützung von Fachpersonal der E-Auto-Hersteller angewiesen. Nur dank deren Einsatzes ist es oft erst möglich, ein verunfalltes und vielleicht schon zur Gänze ausgebranntes Fahrzeug zu bergen.

Burning batteries are a delicate matter because, to be precise, they are not one big battery, but countless small ones that are connected to each other and built into a common housing. This circumstance ensures that e-cars, which also include hybrid vehicles, burn differently than normal cars. Usually, not all cells burn at the same time, but one after the other. So once the fire is extinguished, it can flare up again somewhere else in the vehicle. This effect is known among experts as “thermal runaway”.

In addition to serious damage caused by accidents, fires can also be caused by severe overheating of the batteries and invisible defects in the battery cells where electrodes can touch each other.

In addition, drive batteries are usually high-voltage batteries, where one can be confronted with voltages of usually 400 volts, in some cases even up to 800 volts. This does not necessarily make it any easier to deal with an electric vehicle that has been involved in an accident. Time and again, fire brigades are dependent on the support of specialist personnel from the e-car manufacturers in such accidents. Only after they have been deployed is it often possible to recover a vehicle that has been involved in an accident and may already be completely burnt out.

Der Umgang mit Lithium-Akkus muss von uns allen – Einsatzkräfte aller Art inbegriffen – erst verinnerlicht werden, vor allem dann, wenn sie sich außerhalb des zgedachten Einsatzfelds bewegen.

Zugegeben, Akkubrände von E-Fahrzeugen sind äußerst selten. Doch sie haben schon manches Wohnhaus mit abgefackelt. Von Benzinern oder Dieselaautos ist Vergleichbares nicht bekannt.

The handling of lithium batteries must first be understood by all of us – including emergency personnel of all kinds – especially when they move outside the intended area of operation.

Admittedly, battery fires in electric vehicles are extremely rare. But they have helped to burn down many a house. Nothing comparable is known of petrol or diesel cars.

Vor allem Plug-in-Hybridmodelle erwecken den Anschein, ziemlich umweltfreundlich zu sein, was auf den ersten Blick ja auch stimmt. Schließlich benötigen sie extrem wenig Benzin und punkten mit ebenso geringem CO₂-Ausstoß.

Doch um mit Strom fahren zu können, braucht es elektrische Energie. Sie kommt nicht einfach aus der Steckdose, sondern erfordert einen enormen Aufwand an Infrastruktur. So stammt längst nicht der gesamte Strom aus umweltfreundlicher Erzeugung. Besonders importierte elektrische Energie stammt oft genug aus bedenklichen Kern- oder alles andere als umweltfreundlichen Kohlekraftwerken. Zudem braucht es Hochspannungsleitungen und Umspannwerke, um den Strom zu den Kunden zu bringen. Im Fall elektrisch betriebener Autos heißt das etwa, dass ungleich mehr Parkplätze mit Ladesäulen auszustatten sind. Obwohl gegenwärtig noch sehr wenige E- und Plug-in-Hybridfahrzeuge unterwegs sind, ist es heute oft schon schwer genug, eine freie Ladesäule zu finden – ein Zustand, der sich mit zunehmender Verbreitung von E-Fahrzeugen weiter verschärfen wird. Der erforderliche zeitnahe massive Ausbau der Infrastruktur wird auch eine Menge Geld kosten, Geld, das am Ende die E-Fahrer werden bezahlen müssen.

Plug-in hybrid models in particular give the impression of being quite environmentally friendly, which is true at first glance. After all, they need extremely little petrol and score points with equally low CO₂ emissions.

But to be able to drive with electricity, you need electrical energy. This does not just come from the socket, but requires an enormous amount of infrastructure. Not all electricity is generated in an environmentally friendly way. Imported electrical energy in particular often comes from questionable nuclear power plants or anything but environmentally friendly coal-fired power plants. In addition, high-voltage lines and transformer stations are needed to bring the electricity to the customers. In the case of electrically powered cars, this means that many more parking spaces have to be equipped with charging stations. Although very few electric and plug-in hybrid vehicles are currently on the road, it is often difficult enough to find a free charging station today – a situation that will become even worse with the increasing popularity of electric vehicles. The necessary timely massive expansion of the infrastructure will also cost a lot of money, money that in the end will have to be paid by e-drivers.



Lithium-Fahrakkus belasten bereits im Zuge ihrer Produktion die Umwelt schwer.

Lithium batteries already pollute the environment during their production.



Um künftig immer mehr Ladestationen mit ausreichend Strom versorgen zu können, werden auch mehr Hochspannungsleitungen benötigt werden.

In order to be able to supply more and more charging stations with sufficient electricity in the future, more high-voltage lines will also be needed.

Kritisch zu hinterfragen ist auch die Produktion der Lithium-Akkus. Schon der Abbau geht etwa in Südamerika mit enormen Umweltschäden einher. Zudem wird für die Produktion eines Akkus eine Unmenge an Energie benötigt. Pro Kilowatt Speicherkapazität sind bis zu 180 kWh erforderlich, die in den Erzeugungsländern selten aus umweltfreundlichen Quellen stammen. Allein die in typischen Plug-in-Hybridautos verbauten Fahrakkus belasten bei ihrer Erzeugung das Klima mit bis zu drei Tonnen CO₂. Auf diesen CO₂-Ausstoß kommt ein Benziner erst nach mehr als 21.400 Kilometern bei angenommenen 6 Litern pro 100 Kilometer.

The way in which lithium batteries are produced should also be questioned. The mining process in South America, for example, is already associated with enormous environmental damage. In addition, a huge amount of energy is needed to produce a battery. Up to 180 kWh is required per kW of storage capacity, which rarely comes from environmentally friendly sources in the countries where it is produced. The battery packs used in typical plug-in hybrid cars alone pollute the climate with up to three tonnes of CO₂ during their production. A petrol-driven car would only reach these CO₂ emissions after more than 21,400 kilometres at an assumed 6 litres per 100 kilometres.

Antriebsseite

An dieser Seite des Motors sitzt auf der Kurbelwelle der Antrieb für die Nockenwelle.

Arbeitsspiel

Besteht aus zwei Umdrehungen der Kurbelwelle und einer Umdrehung der Nockenwelle. Alle Takte des Viertaktmotors werden einmal durchlaufen.

Batterie

Die Autobatterie ist in Wirklichkeit ein Akkumulator. Sie speichert Strom und wird immer wieder aufgeladen.

Benzinmotor

Er verbrennt Benzin und benötigt zum Zünden des Kraftstoff-Luft-Gemischs eine Zündkerze.

Boxermotor

Hier sind die Zylinder gegenüberliegend angeordnet. Die Kolben bewegen sich gegeneinander – wie die Fäuste zweier Boxer.

Brennstoffzelle

Sie wandelt die chemische Energie von Wasserstoff und Sauerstoff direkt in elektrischen Strom um.

Brennraum

Der Raum, der oberhalb des Kolbens liegt. In ihm verbrennt das Gemisch.

Dieselmotor

Er verbrennt Dieselöl. Das Gemisch (es wird im Brennraum durch Einspritzen des Diesels erzeugt) entzündet sich durch die Hitze der Kompression von selbst.

Direkte Einspritzung

Der Kraftstoff wird unter hohem Druck (ca. 120 bar) direkt in den Brennraum eingespritzt.

Gemisch

Das Kraftstoff-Luft-Gemisch. Es explodiert und gibt dabei Energie ab.

Battery

The car battery is an accumulator that stores electric current and is permanently charged.

Bucket tappets

Bucket tappets are used with overhead camshafts and directly pushed down by the cams.

Camshaft

The individually aligned cams on the rotation shaft open the valves via a mechanism (tappets, rocker levers etc.). Positioning and geometry of the cams determine valve timing. When the camshaft is placed adjacent to the crankshaft, it is called an underhead camshaft. When it is placed above the valves, it is called an overhead camshaft. A design with separate camshafts for the intake and the exhaust valves is called double overhead camshaft (DOHC). This is a very popular design.

Camshaft sprocket

The camshaft sprocket is situated on one end of the camshaft. It is driven by a toothed belt or a chain that is in turn driven by a sprocket on the crankshaft.

Carburettor

The device where the fuel-air mixture is generated.

Combustion chamber

The space above the piston where the mixture is combusted.

Con rod

Transfers the power of the piston to the crankpin on the crankshaft.

Con rod cap

The big end of the con rod consists of two parts. One open part is placed on the crankpin and then closed with the cap. The eye thus embraces the pin and turns together with the shaft.

Con rod eyes

The openings in the big and small ends of the con rod.

Gemischbildner

In Verbindung mit dem Ansaugsystem erzeugt er für jeden Betriebszustand ein zündfähiges Kraftstoff-Luft-Gemisch. Zu den Gemischbildnern zählen Vergaser und Einspritzanlagen.

Hub

Der Weg des Kolbens. Er beträgt den doppelten Kurbelradius. Wenn Durchmesser und Hub des Kolbens gleich sind, spricht man von einem Quadrathuber. Ist der Hub länger, ist der Motor ein Langhuber. Ist er kürzer, wird der Motor als Kurzhuber bezeichnet.

Hubzapfen

Siehe Kurbelzapfen.

Kipphebel

Er wird von der einen Seite von den Nocken oder Stößeln hochgedrückt, auf der anderen Seite drückt er das Ventil herunter.

Kolben

Er gleitet im Zylinder auf und ab und dichtet den Brennraum dabei gegen das Kurbelgehäuse ab.

Kolbenbolzen

Er verbindet den Kolben mit dem Pleuel.

Kolbenring

Er sitzt ca. 5 mm unterhalb des Kolbenbodens in einer umlaufenden Nut und schließt den Brennraum dicht ab.

Kurbelradius

Abstand der Mittelachsen von Kurbelwelle und -zapfen.

Kurbeltrieb

Kolben, Pleuel und Kurbelwelle.

Kurbelwange

Sie verbindet Hauptlager und Pleuellager, trägt das Gegengewicht und gibt den Hub vor.

Kurbelwelle

Sie verwandelt die Kraft der oszillierenden (sich auf und ab bewegenden) Kolben in das Drehmoment der rotierenden Welle. Mit ihr werden alle wichtigen Maße des Motors vorgegeben.

Kurbelzapfen

Das Lager, auf dem das große Pleuelauge sitzt.

Crank radius

The distance between the middle axes of crankshaft and crankpins.

Crank web

Connects the main bearing and the rod bearings, carries the counterweight and determines the stroke.

Crankpin

The bearing that supports the big end eye of the con rod.

Crankshaft

Converts the power of the pistons moving up and down to the torque of a spinning shaft. All important dimensions of the engine are determined by this shaft.

Cranktrain

Pistons, con rods and crankshaft

Cylinder

A bore in the cylinder block where the piston moves up and down. Its diameter is slightly larger than that of the piston.

Cylinder block

Contains the cylinders and the coolant ducts to dissipate heat.

Cylinder head

Houses the valves, gas ducts, spark plugs and camshaft(s).

Cylinder head gasket

Seals the combustion chamber and prevents leakage of coolant and engine oil.

Diesel engine

An engine that burns diesel fuel. The mixture is produced in the combustion chamber by injecting the diesel and ignites by itself due to compression heat.

Direct injection

Fuel is directly injected into the combustion chamber at high pressure (approx. 120 bar).

Drive end

The side of the engine where the camshaft drive is attached to the crankshaft.

Motorkühlung

Abführung überschüssiger Wärme. Es gibt Luft- oder Gebläsekühlung und Flüssigkeitskühlung (Pumpenumlaufkühlung).

Motorschmierung

Bewegliche Motorbauteile (z. B. Kolben, Kurbel-/Nockenwelle) müssen mit ausreichender Menge Schmieröl versorgt werden.

Nockenwelle

Die verschieden angeordneten Nocken auf der drehenden Welle öffnen mithilfe eines Mechanismus (Stößel, Kipphebel etc.) die Ventile. Anordnung und Geometrie der Nocken bestimmen die Steuerzeiten der Ventile. Liegt die Nockenwelle neben der Kurbelwelle, bezeichnet man sie als unten liegende Nockenwelle. Liegt sie oberhalb der Ventile, nennt man sie oben liegend. Gibt es für Einlass- und Auslassventile je eine Nockenwelle, liegt ein DOHC-Motor vor (Double Overhead Camshaft). Diese Bauform ist sehr häufig.

Nockenwellenritzel (-rad)

Es sitzt an einem Ende der Nockenwelle. Hier laufen der Zahnriemen oder eine Kette, die von einem Rad angetrieben wird, das auf der Kurbelwelle sitzt.

Ottomotor

Viertakt-Benzinmotor, erfunden von Nikolaus August Otto. Er erhielt 1876 das Patent dafür.

Pleuel

Es überträgt die Kraft des Kolbens auf den Hubzapfen der Kurbelwelle.

Pleuelaugen

Die Bohrungen am oberen (Pleuelkopf) und unteren Ende (Pleelfuß) des Pleuels.

Pleueldeckel

Der Pleelfuß ist zweigeteilt. Er wird offen auf den Kurbelwellenzapfen gesteckt und dann mit seinem Deckel verschraubt. Das Auge umschließt jetzt den Zapfen und ist rotierend mit der Welle verbunden.

Reihenmotor

Hier sind zwei bis acht Zylinder nebeneinander angeordnet.

Engine cooling

Dissipation of excess heat. There are two types: air or fan cooling and liquid cooling.

Flat engine

An engine where the cylinders are arranged opposite each other. The pistons move against each other like the fists of two boxers.

Flywheel end

The side of the engine where the flywheel and the clutch are attached to the crankshaft.

Four-stroke engine

An engine whose mode of operation consists of four strokes:

1. The piston moves down and sucks in the fuel-air mixture (intake stroke).
2. It moves up again and compresses the mixture (compression stroke).
3. The mixture is ignited. It burns, expands and thus pushes down the piston (work stroke).
4. The piston moves up again and pushes out the burnt mixture (exhaust gas) (exhaust stroke).

Four-valve head

A cylinder head with two inlet and two exhaust valves per cylinder.

Fuel cell

A device that converts the chemical energy of hydrogen and oxygen to electric current.

Fuel mixture generation system

In cooperation with the intake system, it produces an ignitable fuel-air mixture for all operating conditions. Fuel mixture generation systems include carburetors and injection systems.

Gudgeon pin

Connects the piston to the con rod.

Ignition sequence

The sequence in which the spark plugs fire. Common ignition sequences in 4-cylinder engines are 1-2-4-3 and 1-3-4-2. According to DIN 73021, the first cylinder is the one on the drive side. However, it can also be on the opposite side.

Saugrohreinspritzung

Der Kraftstoff wird in ein Saugrohr eingespritzt (indirekte Einspritzung).

Schwungradseite

An dieser Seite des Motors sitzen auf der Kurbelwelle das Schwungrad und die Kupplung.

Sternmotor

Eine ungerade Zahl von Zylindern ist im Kreis angeordnet. Alle Pleuel arbeiten auf einem einzigen Kurbelwellenzapfen.

Steuerzeiten

Die Steuerzeiten legen fest, wann und wie lang die Ventile offen stehen.

Stößel

Sie werden von den Nocken einer unten liegenden Nockenwelle hochgedrückt und geben die Bewegung weiter an die Kipphebel.

Tassenstößel

Sie werden direkt von den Nocken heruntergedrückt, kommen also bei oben liegender Nockenwelle zum Einsatz.

V-Motor

Die Zylinder des Motors sind V-förmig angeordnet. Es gibt Vier- bis Zwölfzylindermotoren dieser Bauart.

Ventil

Es öffnet und schließt den Brennraum für das Kraftstoff-Luft-Gemisch (Einlassventil) und die Abgase (Auslassventil).

Ventilfedern

Sie drücken das offene Ventil wieder zu, sobald die Nocke weitergeglitten ist.

Ventilsitz

Dichtkante zwischen Ventilteller und Zylinderkopf.

Ventilteller

Scheibenförmiges Ende des Ventils, das den Brennraum abdichtet.

Vergaser

Hier wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch gebildet.

In-line engine

An engine where two to eight cylinders are arranged one next to the other.

Intake manifold fuel injection

A type of indirect injection where the fuel is injected into a suction tube.

Lubrication

Movable engine parts (e.g. pistons, crankshaft and camshaft) have to be supplied with a sufficient amount of lubricating oil.

Mixture

The fuel-air mixture. It explodes and thus releases energy.

Otto engine

A four-stroke petrol engine invented by Nikolaus August Otto who patented it in 1876.

Petrol engine

An engine that burns petrol and requires spark plugs to ignite the fuel-air mixture.

Piston

Moves up and down in the cylinder and seals the combustion chamber towards the crankcase.

Piston ring

Located approx. 5 mm below the piston crown in a circular notch, it seals the combustion chamber.

Power cycle

Comprises two rotations of the crankshaft and one rotation of the camshaft. During this cycle, all four strokes of a four-stroke engine are executed.

Radial engine

An engine with an odd number of cylinders arranged in a circle. All con rods act on a single crankpin.

Rocker lever

When pushed upwards on one side by cams or tappets, it pushes down the valve on the other side.

Spark plug

The spark of the spark plug explodes the fuel-air mixture.

Viertaktmotor

Der Motor arbeitet in vier Takten.

1. Der Kolben geht abwärts und saugt Kraftstoff-Luft-Gemisch an (Ansaugtakt).
2. Er geht wieder aufwärts und verdichtet dieses Gemisch (Verdichtungstakt).
3. Das Gemisch wird entzündet. Es verbrennt, dehnt sich dabei stark aus und treibt den Kolben nach unten (Arbeitstakt).
4. Der Kolben bewegt sich wieder nach oben und stößt das verbrannte Gemisch (jetzt Abgas) aus (Ausstoßtakt).

Vierventilkopf

Zylinderkopf mit je zwei Ventilen für Einlass und Auslass pro Zylinder.

Zahnriemen

Er überträgt die Drehbewegung von der Kurbelwelle auf die Nockenwelle.

Zahnriemenscheibe (-ritzel)

Über sie läuft der Zahnriemen.

Zündfolge

Der Begriff bezeichnet die Reihenfolge der Zündung der Zündkerzen. Im Vierzylindermotor gebräuchlich: 1-2-4-3 oder 1-3-4-2. Der erste Zylinder befindet sich nach DIN 73021 auf der Antriebsseite. Er kann aber auch gegenüberliegen.

Zündkerze

Ihr Zündfunke bringt das Kraftstoff-Luft-Gemisch zur Explosion.

Zylinder

Bohrung im Zylinderblock. In ihr gleitet der Kolben auf und ab. Die Bohrung ist minimal größer als der Kolbendurchmesser.

Zylinderblock

Nimmt die Zylinder auf und ebenso die Kühlwasserkanäle, um die Wärme abzuführen.

Zylinderkopf

In ihm sind Ventile, Gaskanäle, Zündkerzen und Nockenwelle(n) untergebracht.

Zylinderkopfdichtung

Sie dichtet den Brennraum gasdicht ab. Zudem soll sie verhindern, dass Kühlmittel und Motoröl austreten.

Stroke

The travel of the piston. It amounts to double the crank radius. When the diameter and the stroke of a piston are equal, the engine is called a square engine. When the stroke is longer than the diameter, it is a long-stroke engine; when it is shorter, it is a short-stroke engine.

Tappets

The tappets are pushed up by the cams of an overhead camshaft and transfer the motion to the rocker levers.

Timing belt

A toothed belt that transfers the rotary motion of the crankshaft to the camshaft.

Timing belt pulley

A pulley over which the timing belt runs.

V engine

An engine where the cylinders are arranged in a V shape. There are 4- to 12-cylinder engines of this configuration.

Valve

The valves open and close the combustion chamber to let in the fuel-air mixture (inlet valves) or to let out the exhaust gases (exhaust valve).

Valve head

The disk shaped end of the valve sealing the combustion chamber.

Valve seat

The sealing edge between the valve head and the cylinder head.

Valve springs

The valve spring closes an open valve as soon as the cam has moved on.

Valve timing

Valve timing determines when and for how long the valves are opened.

Impressum

© 2022 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2,
85540 Haar bei München

Bausatz und Bauanleitung: © Haynes Publishing,
überarbeitet von Franzis Verlag GmbH
Autor: Thomas Riegler
Coverdesign: www.ideehoch2.de
Satz: Nelli Ferderer

401-9-631-67157-8

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Alle in diesem Buch vorgestellten Bauanleitungen und Tipps wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und im Bausatz nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.

Warnung! Augenschutz und LEDs:

Blicken Sie nicht aus geringer Entfernung direkt in eine LED, denn ein direkter Blick kann Netzhautschäden verursachen! Dies gilt besonders für helle LEDs im klaren Gehäuse sowie in besonderem Maße für Power-LEDs. Bei weißen, blauen, violetten und ultravioletten LEDs gibt die scheinbare Helligkeit einen falschen Eindruck von der tatsächlichen Gefahr für Ihre Augen. Besondere Vorsicht ist bei der Verwendung von Sammellinsen geboten. Betreiben Sie die LEDs so wie in der Anleitung vorgehen, nicht aber mit größeren Strömen.

Imprint

© 2022 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2,
85540 Haar bei München

Kit and building instructions: © Haynes Publishing,
revised by Franzis Verlag GmbH
Author: Thomas Riegler
Cover Design: www.ideehoch2.de
Layout: Nelli Ferderer

401-9-631-67157-8

All rights reserved, including those of photomechanical reproduction and storage in electronic media. The creation and distribution of copies on paper, on data carriers or in the Internet, especially as PDF, is only possible with explicit Authorisation of the publishing house and will otherwise become criminally pursued.

Most product names and company names and company logos mentioned in this work, are usually also registered trademarks at the same time and should be considered as such. The publisher follows in the product designations essentially correspond to the spellings of the Manufacturer.

All building instructions and tips have been developed with the greatest possible care, checked and tested. Nevertheless, errors in the book and the kit cannot be completely excluded. Publisher and author are liable in cases of intent or gross negligence in accordance with the statutory provisions. In all other respects the publisher shall be liable and author only according to the product liability law because of the violation of life, body or health or because of the culpable breach of essential contractual obligations. The claim for damages for the violation of essential Contractual obligations are limited to the foreseeable and typical contractual limited, unless a case of mandatory liability is involved, in which is given according to the product liability law.

Attention! Eye protection and LEDs:

Do not look directly into an LED from a short distance, because a direct view can cause retinal damage! This is especially true for bright LEDs in clear housings and in especially for power LEDs. For white, blue, purple and ultraviolet LEDs gives the apparent brightness a false impression of the actual danger to your eyes. Special care must be taken when using converging lenses bid. Operate the LEDs as described in the instructions, but not with larger currents.

Liebe Kunden!

Dieses Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen. Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in der beiliegenden Anleitung beschrieben. Bei jeder anderen Nutzung oder Veränderung des Produktes sind allein Sie für die Einhaltung der geltenden Regeln verantwortlich. Bauen Sie das Produkt deshalb genauso auf, wie es in der Anleitung beschrieben wird. Das Produkt darf nur zusammen mit der Anleitung und diesem Hinweis weitergegeben werden.

Das Symbol der durchkreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo Sie die nächstgelegene kostenlose Annahmestelle finden, sagt Ihnen Ihre kommunale Verwaltung.

WEEE-Reg.-Nr. 21445697



Dear customers!

This product was manufactured in accordance with the applicable European guidelines and carries the hence the CE mark. The intended use is described in the enclosed instructions. For each other use or modification of the product is solely your responsibility. is responsible for compliance with the applicable rules. Building Therefore, please install the product exactly as described in the instructions will. The product may only be used together with the instructions and this notice.

The symbol of the crossed-out dustbin means that this product should be disposed of separately from household waste as electronic waste must be recycled. Where you find the nearest free collection point, your local government tells you.

Hinweise zu Batterien und Akkus

- Nicht wiederaufladbare Batterien dürfen nicht aufgeladen werden.
- Aufladbare Batterien (Akkus) dürfen nur unter Aufsicht einer erwachsenen Person aufgeladen werden.
- Aufladbare Batterien müssen zum Aufladen aus dem Gerät genommen werden.
- Unterschiedliche Batterien oder Akkus oder neue und gebrauchte Batterien oder Akkus dürfen nicht gemischt werden.
- Batterien oder Akkus müssen mit der richtigen Polarität eingelegt werden.
- Verbrauchte Batterien müssen zum Aufladen aus dem Gerät entfernt werden.
- Die Netzanschlüsse dürfen nicht kurzgeschlossen werden.

Battery Information

- Non-rechargeable batteries are not to be recharged.
- Rechargeable batteries are only to be charged under adult supervision.
- Rechargeable batteries are to be removed from the device before being charged.
- Different types of batteries, or new and used batteries, are not to be mixed.
- Batteries are to be inserted with the correct polarity.
- Exhausted batteries are to be removed from the toy.
- The supply terminals are not to be short-circuited

Bildnachweis / Photo credits:

Cover: Ideehochzwei; S. 4,5 oben: Porsche AG, S. 5 unten: Wikipedia User: VortBot; S. 7 oben: Audi AG; S. 7 unten: Wikipedia, User: DerSporti; S. 8-11: Toyota; S. 12 – 14: Volkswagen AG; S. 15: Hyundai; S. 16 – 21: Volkswagen AG; S. 22 oben, unten rechts: Audi AG; S. 22 unten links: BMW; S. 23: BMW; S. 24: Audi AG; S. 25: Skoda; S. 26 – 49: Franzis Verlag; S. 50 links: Thomas Riegler; S. 50 rechts: Johnson Controls; S. 51 oben: Skoda; S. 51 unten: Kia; S. 52 – 55: BMW; S. 56: Mercedes; S. 57: Thomas Riegler; S. 58 – 59: Farber, Shutterstock; S. 61 oben: Palitsyn Evgenii, Shutterstock; S. 61 unten: Egorov Artem, Shutterstock; S. 62 oben links: Sashkin, Shutterstock;

S. 62 oben rechts: Pixel B, Shutterstock; S. 62 unten: Shutterstock; S. 64: Solgo (Grafiken); S. 65: Solgo (Grafiken); S. 66: Solgo(Grafiken); S. 67: EnsUPER, Shutterstock; S. 68 oben: BMW; S. 68 unten: Kia; S. 69 oben: Skoda; S. 69 unten: Porsche AG; S. 70 oben: Kia; S. 70 unten: Volkswagen AG; S. 71 oben: Ford; S. 71 unten: Renault; S. 72 – 73: Audi AG; S. 75 oben: Pozdeyev Vitaly, Shutterstock; S. 75 unten: Space creator, Shutterstock; S. 76: petrmalinak, Shutterstock; S. 77: Sikorka, Shutterstock; S. 78: Photo Spirit, Shutterstock; S. 80: Sergii Chernov, Shutterstock; S. 81: nnattalli, Shutterstock;