

Inhalt

1.	Status BMW.....	3
2.	CO ₂ -Statistik von BMW.....	4
3.	48-Volt-Bordnetz / Mild-Hybrid-System.....	5
3.1	Modellvielfalt Mild-Hybrid	5
3.2	Aufbau Mild-Hybrid	7
3.3	Funktionen Mild-Hybrid	7
3.4	Ziel Mild-Hybrid	9
4.	EV und PHEV Fahrzeuge	10
4.1	Modellvielfalt.....	10
4.2	Technik	11
4.2.1	EV.....	11
4.2.2	PHEV	12
4.3	Komponenten.....	13
4.3.1	EV.....	13
4.3.2	PHEV	14
5.	Ziele & Zukunft	16
5.1	BMW Vision iNEXT.....	16
5.2	Ziele bis 2030.....	17
6.	Abbildungsverzeichnis.....	18
7.	Literaturverzeichnis.....	18

1. Status BMW

Der Automobilhersteller BMW gehört mit 2,185 Millionen ausgelieferten BMW-Fahrzeugen und rund 134 Tausend Beschäftigten im Geschäftsjahr 2019 zu den größten Automobilherstellern der Welt. BMW ist eine Aktiengesellschaft und gehört zur BMW Group. Hierzu gehören ebenfalls die Automarken Mini und Rolls-Royce.¹

BMW setzt mit ihren aktuellen Modellen auf die Marktstrategie „Power of Choice“.¹ Hier hat der Kunde eine freie Auswahl der Antriebstechnik für sein Fahrzeug. Zur Auswahl stehen vollelektrische Fahrzeuge, reine Verbrennungsmotoren oder in Kombination mit einem Elektroantrieb als Plug-in-Hybrid.

In dieser Ausarbeitung soll der aktuelle Status von BMW sowie die aktuelle Technik der Bordnetze in Bezug auf die CO₂-Emissionen genauer erläutert werden.

Die Strategie zur Minimierung der CO₂-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs von BMW heißt „EfficientDynamics“.¹ Hierzu wurden zahlreiche Techniken zur Effizienz seit 2007 in Serie gebracht.

¹ BMW-GB19_de_Finanzbericht.

2. CO₂-Statistik von BMW

Ab dem Jahr 2018 stellte BMW das Messverfahren von NEFZ auf WLTP um, hiermit sollten die Kraftstoffverbrauchs- und Emissionswerte gemessen werden. Jedoch muss BMW bis zu einem neuen Gesetz, dass spätestens Ende 2020 kommen soll, auch die NEFZ-Werte angeben.² Das WLTP-Verfahren wird durch den Real-Driving-Emissions Emissionstest noch erweitert. Der gemessene Flottenverbrauch von BMW lag im Jahr 2019 bei 127g CO₂/km. Dies entspricht einem Defizit von 1g CO₂/km gegenüber dem Jahr 2018 und 2017. Damit bleibt der Wert auf Vorjahresniveau. BMW hatte mit einem leichten Rückgang im Geschäftsbericht 2018 gerechnet. Für das Jahr 2020 rechnet BMW mit einem deutlichen Rückgang der Flottenemissionen. Dies dürfte auch von Nöten sein, da sie bis Ende des Jahres auf einen Flottenverbrauch von 102,5g CO₂/km kommen müssen, denn sonst droht BMW hohe Strafzahlungen an die EU. Obwohl BMW den CO₂-Ausstoß ihrer Neuwagen in Europa von 1995 bis heute um 40% reduzieren konnte, werden sie voraussichtlich den Grenzwert von 102,5g CO₂/km im Jahr 2021 nicht einhalten können. In Hochrechnungen für das Jahr 2021 wird BMW noch einen gemessenen Flottenverbrauch von 110,1g CO₂/km haben. Falls dies eintritt, hätte BMW Folgen von Strafzahlungen in Höhe von 754Mio.€ zu befürchten.^{3 4}

Die Modelle mit den geringsten CO₂-Emissionen sind natürlich die Elektrofahrzeuge. Das momentane Modell mit den höchsten Emissionen ist der Cullinan von der BMW-Tochtergesellschaft Rolls-Royce. Er hat CO₂-Emissionen von rund 330g CO₂/km.³

Tabelle 1: Zusammenfassung der Flottenverbrauchsdaten

	2017	2018	2019	Hochrechnung 2021	Grenzwert 2021
Flottenverbrauch [g CO ₂ /km]	128 ³	128 ³	127 ³	110,1 ⁴	102,5 ⁴

² Verbrauch und Emissionen 2020.

³ BMW-GB19_de_Finanzbericht.

⁴ Kunkel 2020.

3. 48-Volt-Bordnetz / Mild-Hybrid-System

Die Integration der Mild-Hybrid-Systeme in die Serienproduktion von BMW-Fahrzeugen hat im Herbst 2019 begonnen und die Anzahl an verschiedenen Modellen mit dem 48-Volt-Bordnetz steigt immer weiter an.⁵ Das erste Modell mit dem 48V-Bordnetz aus der BMW-Group war jedoch kein BMW-Fahrzeug, sondern der Rolls Royce Phantom aus dem Jahr 2018,⁶ der aufgrund der zahlreichen Verbraucher und des höheren Komforts ein stärkeres Bordnetz benötigt.

Der Entwicklungschef Klaus Fröhlich hat in Interviews der letzten Jahre die Integration des 48-Volt-Bordnetz nicht für serienreif kommentiert.⁷ Problem war die zu geringe Zusatzleistung und die zu schwache Rekuperation. Aufgrund der drohenden Strafzahlung beim Überschreiten des CO₂-Flottenwerts hat sich BMW doch für die Integration des Mild-Hybrid-Systems in die Serienproduktion entschieden.

3.1 Modellvielfalt Mild-Hybrid

Ab November 2019 wurde der B47 2-Liter Diesel Motor mit dem 48-Volt-Bordnetz ausgerüstet und für ausgewählte Modelle der 5er Baureihe eingesetzt. Seit Anfang dieses Jahres wurde diese Erneuerung auch für die 3er Baureihe verwendet. Die Motoren B57 3-Liter Diesel-Motor, B48 2-Liter Benzin-Motor und B58 3-Liter Benzin-Motor können jetzt ebenfalls mit dem 48-Volt-Bordnetz ausgerüstet werden. Aktuell wurden zahlreiche weitere Modelle mit dem Mild-Hybrid-System ausgerüstet, die aktuelle Zahl laut BMW-Konfigurator beläuft sich auf 54 siehe Tabelle 2 (Stand 14.06.2020).⁸

⁵ BMW Group 2020d.

⁶ Rolls-Royce Phantom 2018: Luxus auf einzigartigem Niveau 2017.

⁷ Boeriu 2019.

⁸ BMW Group 2020e.

Tabelle 2: Verfügbare Modelle mit 48-Volt-Bordnetz / Mild-Hybrid-System laut BMW Online Konfigurator⁹

Modell	Baureihe	Modelltyp
3er	G20 Limousine	318d, 320d, 320d xDrive, 340d xDrive
	G20 Touring	318d, 320d, 320d xDrive, 340d xDrive
4er	G22	420d, 420d xDrive, M440i xDrive
5er	G30 Limousine	520i, 530i, 530i xDrive, 540i, 540i xDrive, 520d, 520d xDrive, 530d, 530d xDrive, 540d xDrive
	G31 Touring	520i, 530i, 530i xDrive, 540i xDrive, 520d, 520d xDrive, 530d, 530d xDrive, 540d xDrive
6er	G32	630i, 640i, 640i xDrive, 620d, 630d, 630d xDrive, 640d xDrive
7er	G11	730d, 730d xDrive, 740d xDrive
	G12	730Ld, 730Ld xDrive, 740Ld xDrive
X3	G01	xDrive20d, xDrive30d, M40d
X4	G02	xDrive20d, xDrive30d, M40d
X5	G05	xDrive30d, xDrive40d
X6	G06	xDrive30d, xDrive40d
X7	G07	xDrive40d

⁹ BMW Group 2020e.

3.2 Aufbau Mild-Hybrid

Für das 48-Volt-Bordnetz wurde der bisherige 12-Volt-Startergenerator durch einen 48V Generator mit einer Leistung von 8kW ausgetauscht, der ebenfalls über einen Riemenantrieb mit dem Verbrennungsmotor verbunden ist. Als Energiespeicher kommt eine zusätzliche Batterie mit 48-Volt und einer Kapazität von 11Ah im Motorraum zum Einsatz. Die 12V Batterie bleibt im Gepäckraum und hat je nach Modell eine Kapazität von 80Ah oder 90Ah.¹⁰ Für die Anbindung an das bestehende 12V Bordnetz wird ein DC/DC-Wandler verwendet.

In Abbildung 1 ist der Aufbau des 48-Volt-Bordnetz mit den einzelnen Komponenten zu sehen. Die Batterie ganz links und der Generator rechts in der Mitte auf dem Bild sind eindeutig erkennbar. Der DC/DC-Wandler links in der Mitte lässt sich an dem roten Kabel zum Starthilfestützpunkt erkennen. Dieser wird für den Anschluss einer externen 12-Volt Spannung benötigt. Die Komponente ganz rechts im Bild könnte ein Verteiler oder ein Steuergerät für das 48V-Energiemanagement sein.

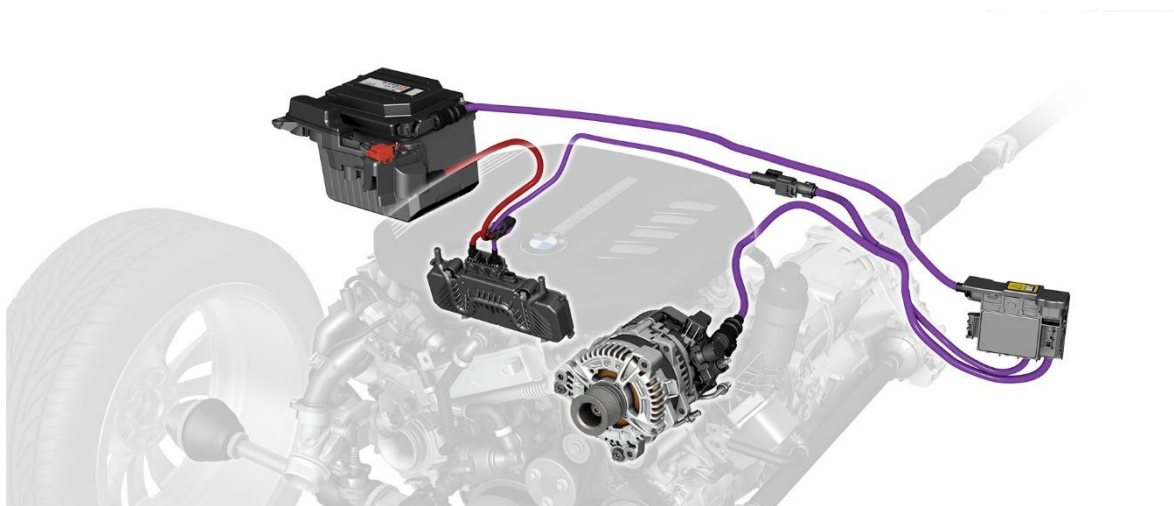


Abbildung 1: Aufbau 48V-Bordnetz¹¹

3.3 Funktionen Mild-Hybrid

Für die Vermarktung des Mild-Hybrid-Systems wird eine verbesserte Dynamik, ein besseres Ansprechverhalten sowie ein höherer Komfort durch BMW beworben. Konkret wird die Auto-Start-Stopp-Funktion beschrieben, die es durch den 48V Generator nun erlaubt, den Motor komfortabler wieder zu starten, ohne dass das Fahrerlebnis gestört wird.¹²

Außerdem kann der Motor bei einer Geschwindigkeit kleiner 15km/h beim Bremsen abgeschaltet werden. Der Segel-Modus ist ebenfalls optimiert und kann nun den Motor bis zu einer Geschwindigkeit von 160km/h abschalten. Diese Funktion ist jetzt nicht nur im Eco-Pro-Fahrmodus sondern auch im Comfort-Modus verfügbar.¹³

¹⁰ BMW Group 2020g.

¹¹ Dorofte 2020.

¹² BMW Group 2020g.

¹³ BMW Group 2020c.

Durch das Mild-Hybrid-System ist es dem Energiemanagement ebenfalls möglich, den Motor in einem effizienteren Lastpunkt zu betreiben. Dabei kann der Generator den Verbrennungsmotor unterstützen oder die Batterie bei einer Bremsung laden. Diese Funktion heißt bei BMW „Brake Energy Regeneration“ und beschreibt die Steuerung des Generators. Obwohl der Generator fest mit dem Verbrennungsmotor über einen Riemen verbunden ist, kann der Generator de- und wieder aktiviert werden. Somit kann bei einer Beschleunigung die gesamte Motorleistung an den Antriebstrang übertragen werden. Und falls keine Beschleunigung vom Motor abgerufen wird, kann die kinetische Energie des rotierenden Motors den Generator zur Stromerzeugung antreiben.¹⁴

Damit die Vorgaben der Einsparung durch das Mild-Hybrid-System erfüllt werden, muss das Energiemanagement in der Lage sein, diese Funktionen uneingeschränkt steuern zu können. Deshalb wird das Mild-Hybrid-System nur in Kombination mit dem Automatikgetriebe angeboten. Außerdem hat BMW bei den aktualisierten Modellen den Start-Stopp Knopf zur De-/Aktivierung entfernt.

Aus dem Interview von Klaus Fröhlich wurde ein Preis von 2000€ für die neu verbaute Technik genannt.¹⁵ Im Preisvergleich zwischen den 2019 Modellen ohne Mild-Hybrid-System und den aktuellen Modellen mit Mild-Hybrid-System ergibt sich ein durchschnittlicher Preisanstieg des Bruttolistenpreis von 841,67€ für die 3er Modell und 263,16€ für die 5er Modelle.^{16/17/18/19}

Bei dem Vergleich zwischen dem aktuellen BMW 320d G20 Limousine Modells als Mild-Hybrid-System und dem Vorjahresmodell ohne Mild-Hybrid-System (in Tabelle 3 zu sehen) ergeben sich folgende Ergebnisse:

Obwohl das Leergewicht um bis zu 85kg zugenommen hat, konnten die CO₂-Emissionen sowie der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden. Für dieses Modell sind die CO₂-Emissionen um bis zu 10 – 5 g/km und der Kraftstoffverbrauch insgesamt um 0,4 – 0,2 l/100km geringer als beim Vorjahresmodell.

Die Angaben zum Kraftstoffverbrauch und den CO₂-Emissionen in der Tabelle 3 wurden mit dem aktuellen WLTP-Testzyklus ermittelt und zur Vergleichbarkeit auf NEFZ zurückgerechnet.

An den Leistungsdaten hat sich nichts geändert, der BMW 320d hat die gleichen Beschleunigungswerte wie das Vorjahresmodell.^{20/21}

¹⁴ BMW Insights: Features, Accessories, Engines & More | PPSL BMW 2020.

¹⁵ Boeriu 2019.

¹⁶ BMW.

¹⁷ BMW.

¹⁸ BMW.

¹⁹ BMW.

²⁰ BMW Group 2020g.

²¹ BMW Group 2020h.

Tabelle 3 Teil 1: Vergleich BMW 320d G20 Limousine^{22/23}

	BMW 320d G20 Limousine (8-Gang Steptronic Getriebe) Baujahr 2019	BMW 320d G20 Limousine (8-Gang Steptronic Getriebe) mit Mild-Hybrid Baujahr 2020	Änderung
Leergewicht in kg	1530	1615	Gewichtszunahme von 85kg
CO ₂ -Emission in g/km	117 – 110	107 – 105	Senkung der CO ₂ Werte um 10 – 5 g/km
Kraftstoffverbrauch insgesamt in l/100km	4,5 – 4,2	4,1 – 4,0	Senkung des Verbrauchs insgesamt um 0,4 – 0,2 l/100km
	BMW 320d xDrive G20 Limousine (8-Gang Steptronic Getriebe) Baujahr 2019	BMW 320d xDrive G20 Limousine (8-Gang Steptronic Getriebe) mit Mild-Hybrid Baujahr 2020	
Leergewicht in kg	1615	1695	Gewichtszunahme von 80kg
CO ₂ -Emission in g/km	125 – 118	117 – 114	Senkung der CO ₂ Werte um 8 – 4 g/km
Kraftstoffverbrauch insgesamt in l/100km	4,8 – 4,5	4,4 – 4,3	Senkung des Verbrauchs insgesamt um 0,4 – 0,2 l/100km

3.4 Ziel Mild-Hybrid

Hauptziel der Integration des Mild-Hybrid-Systems ist die Senkung des CO₂-Flottenwertes, um den drohenden Strafzahlungen entgegen zu wirken. BMW gibt hier eine Einsparung bis zu 9 Gramm weniger CO₂ pro Kilometer an, sowie eine Senkung des Normverbrauchs um 0,3 Liter pro 100 Kilometer.²⁴

Das 48-Volt-Bordnetz soll mit zukünftiger Modellpflege nachgereicht werden und bis 2025 in allen Modellen zum Einsatz kommen. Aus den Interviews von Entwicklungschef Klaus Fröhlich geht hervor, dass er die 2. Generation des 48-Volt-Bordnetz anstrebt. Dieses soll mit einer Leistung von 20kW und mit einem Drehmoment von größer als 100Nm den Verbrennungsmotor unterstützen können. Außerdem soll die 2. Generation nicht mehr über den Riemenantrieb angeschlossen werden, sondern direkt im Antriebsstrang integriert sein.²⁵

²² BMW Group 2020h.

²³ BMW Group 2020g.

²⁴ BMW Group 2020f.

²⁵ Boeriu 2019.

4. EV und PHEV Fahrzeuge

Bis Ende 2019 sind 500.00 elektrische Fahrzeuge von BMW verkauft worden. Zu den elektrischen Fahrzeugen zählen EV sowie PHEV.²⁶

In Deutschland ist BMW mit 21% sogar Marktführer bei den Neuzulassungen von EV und PHEV Fahrzeugen im Jahr 2019. Damit konnte BMW den Marktanteil um 1% gegenüber dem Vorjahr steigern.

ELEKTROMOBILITÄT IN DEUTSCHLAND. ANTEILE BEI DEN NEUZULASSUNGEN NACH MARKEN.

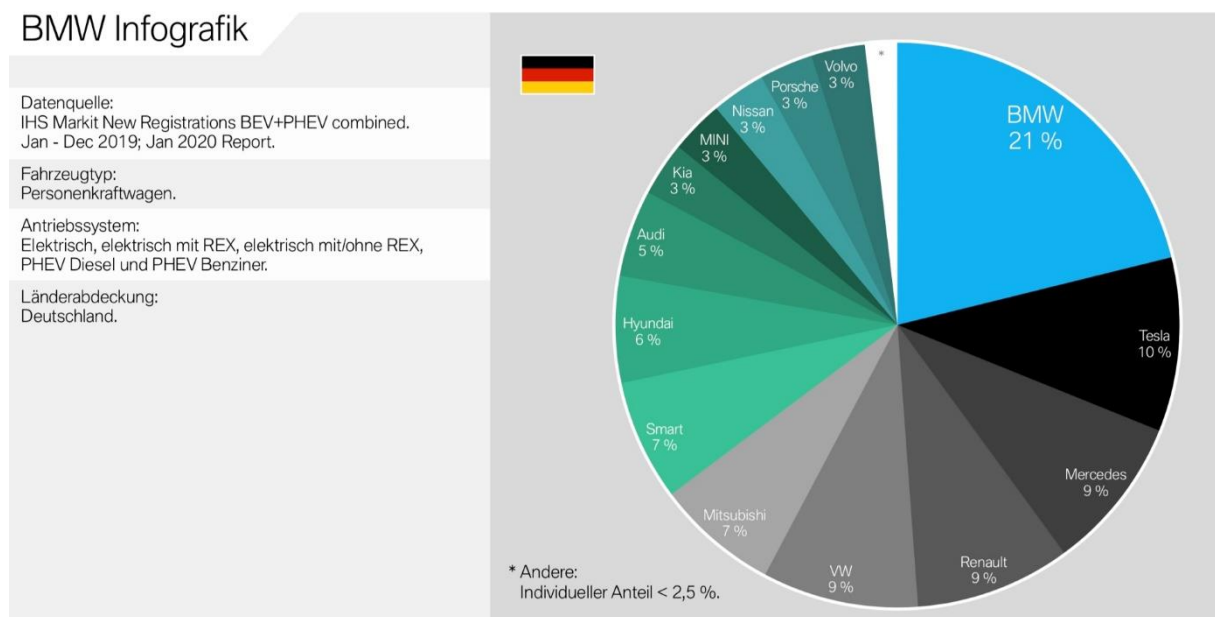


Abbildung 2: Elektromobilität in Deutschland Marktanteil²⁷

Dies gelang BMW aber auch nur in Deutschland. In Europa schrumpfte der Marktanteil von 17% auf 14%. Damit ist BMW aber noch die Marke mit den zweitmeisten Neuzulassungen in Europa hinter Tesla. Auch weltweit schrumpfte der Marktanteil. Hier sind es nur noch 7% statt den 10% aus dem Vorjahr.²⁸

4.1 Modellvielfalt

Aktuell auf dem Markt sind von BMW nur zwei Elektrofahrzeuge. Dies sind der BMW i3 und der BMW i3s. Dabei ist der BMW i3s die sportlichere Variante des i3. Die wesentlichen Unterschiede sind, dass der i3s 14 PS und 20Nm Drehmoment mehr hat als der i3.²⁹ BMW möchte nun schrittweise die Modellfamilien elektrifizieren. In naher Zukunft sind drei Projekte in Richtung Elektrofahrzeuge geplant: BMW Concept iX3, BMW Vision iNEXT und BMW Concept i4.³⁰

²⁶ BMW Elektromobilität: BMW Elektroautos und Plug-in-Hybride | BMW.de 2020.

²⁷ BMW-Elektro-Marktanteil-Deutschland-2019-Gesamtjahr.jpg (JPEG-Grafik, 1920 × 1180 Pixel) - Skaliert (81%) 2020.

²⁸ Elektro-Marktanteile 2019: BMW baut Position in Deutschland aus 2020.

²⁹ BMW i3/i3s (2018): Reichweite, Batterie, Preis - autobild.de 2020.

³⁰ BMW Elektroautos: rein elektrische Fahrfreude | BMW.de 2020.

Besser sieht es bei den Plug-in-Hybriden aus. Dort sind schon neun Modelle auf dem Markt. Je nach Modell kann bei BMW ein PHEV zwischen 40 – 95 km maximal weit rein elektrisch fahren. Die Reichweite ist je nach angeschaltetem Verbraucher und anderen Faktoren schwankend. Die PHEV Modelle von BMW kommen auf einen CO₂-Emissionswert von zwischen 35 – 54 g/km.³¹

4.2 Technik

4.2.1 EV

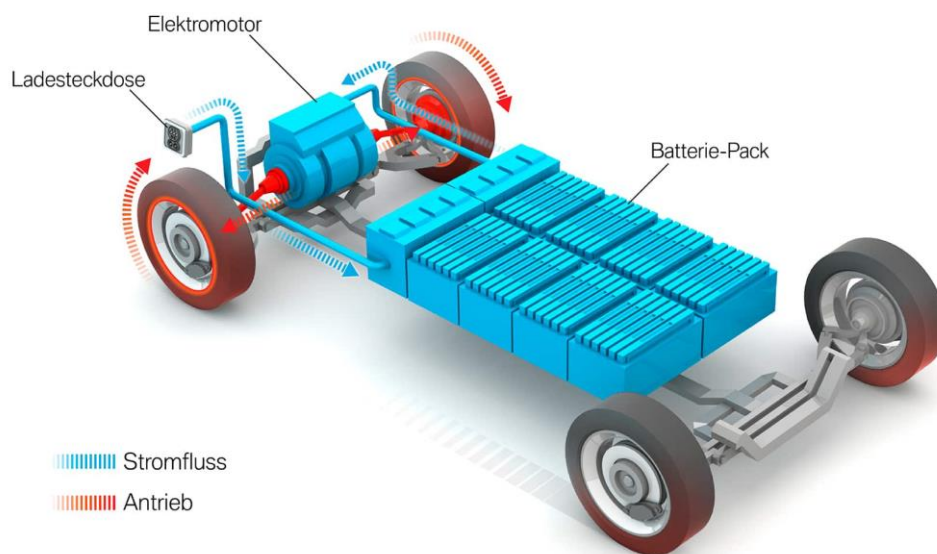


Abbildung 3: Darstellung Aufbau EV³²

BMW nennt die Technik seines Elektromotors e-Drive-Antrieb. Für den e-Drive-Antrieb wird einmal der Elektromotor, die Batterie und ein intelligentes Energiemanagement benötigt. Der Elektromotor ist ein von BMW selbst entwickelter und produzierter Motor, der ungefähr 50kg wiegt. Die Bauart des Elektromotors ist ein hybriderregter Synchronmotor, der sich im Heck des Fahrzeuges befindet. Er vereint die elektromagnetische Reluktanz und Permanentmagneten zur Drehmomentbildung. Beim BMW i3 hat er eine Spitzenleistung von 125kW und 250Nm maximalen Drehmoment. Dadurch, dass die Hochleistungsbatterie im Fahrzeugboden eingebaut wird, kann die Gewichtsverteilung sehr gut gesteuert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass dadurch der Fahrzeugschwerpunkt sehr niedrig ist. Die Batterie besteht aus 96 Li-Io-Akkumulatoren-Zellen, die in 8 Modulen verbaut sind. Diese 8 Module kann man auch gut auf dem Bild erkennen. Um das Bordnetz zu versorgen, ist noch eine extra 12V Batterie verbaut. Die Spannungslage der Hochleistungsbatterie beträgt 352V und lässt sich mit bis zu 50kW laden. Dadurch wird eine Akku-Ladekapazität von 80% innerhalb von 20 min erreicht. Beim BMW i3 befindet sich nicht nur der Elektromotor im Heck sondern auch das Eingang-Getriebe, welches die Kraft auf die Hinterachse bringt. Das Übersetzungsverhältnis vom Getriebe ist 9,665.³³ Damit höhere Reichweiten erzielt werden, ist der BMW i3 auf 150km/h elektronisch abgeriegelt. Die Sportversion, der BMW i3s ist auf 160km/h elektronisch abgeriegelt.³⁴

³¹ BMW Plug-in-Hybride: Das Beste aus zwei Welten | BMW.de 2020.

³² Plug-in & Co.: der große Elektroauto-Vergleich | BMW.com 2020.

³³ BMW i3 – Wikipedia 2020.

³⁴ BMW-eDrive: So funktioniert der Antrieb des i3 | Yello 2018.

4.2.2 PHEV

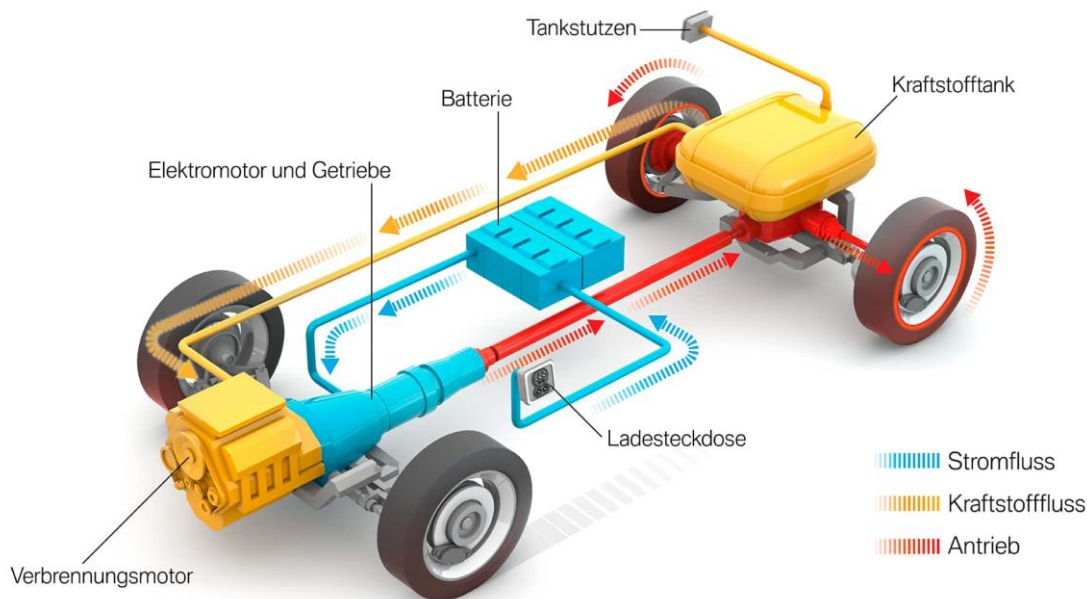


Abbildung 4: Darstellung Aufbau PHEV³⁵

Das Plug-in-Hybrid Fahrzeug von BMW ist etwas anders aufgebaut als das EV. Auch beim PHEV ist ein Elektromotor, eine Li-Io-Hochleistungsbatterie und ein intelligentes Energiemanagement verbaut. Zusätzlich kommen noch Verbrennungsmotor und der Kraftstofftank in das Fahrzeug. Je nach Fahrsituation wird der dafür optimale Antrieb automatisch eingesetzt. Sodass innerorts das Fahrzeug in der Regel nur mit dem Elektromotor angetrieben wird. Das berücksichtigt auch das Energiemanagement, es erkennt durch die Eingabe einer Adresse im Navigationssystem, ob sich der Zielort in einer Umweltzone befindet. Falls dies Zutritt, hält das Energiemanagement genug Energie zurück, um in der Zone rein elektrisch zu fahren. Der Elektromotor wird bei dem Plug-in-Hybriden nicht wie beim Elektrofahrzeug im Heck eingebaut, sondern ist meist vorne im Getriebe integriert. Dabei ist er an der Position P2 verbaut. Somit kann mit Hilfe der Kupplung der Elektromotor vom Verbrennungsmotor getrennt werden. Somit wird der rein elektrische Antrieb gewährleistet. Dadurch das der Verbrennungsmotor mit verbaut ist, fällt die Batterie und der Elektromotor deutlich kleiner aus als bei einem EV. Zum Beispiel ist im BMW X5 eDrive ein Motor verbaut mit 70kW Leistung und 250Nm max. Drehmoment.³⁶

Die 5. Generation der BMW eDrive wurde so geschaffen, dass es ein Modulares System ist, bei dem man die einzelnen Komponenten je nach Fahrzeug skalieren kann. Dadurch können in PHEV und EV viele gleiche Komponenten verbaut werden jedoch mit unterschiedlichen Parametern, wie zum Beispiel Größe und Leistung. Dies hat den offensichtlichen Vorteil, dass das gleiche Teil nicht für unterschiedliche Fahrzeuge entwickelt werden muss und somit Entwicklungskosten eingespart werden können.

Mit allen Modellen der BMW Plug-in-Hybride erhält man auch das E-Kennzeichen, um im Straßenverkehr bestimmte Privilegien zu erhalten., wie zum Beispiel das kostenlose Parken mit Parkscheibe im öffentlichen Parkraum.

³⁵ Plug-in & Co.: der große Elektroauto-Vergleich | BMW.com 2020.

³⁶ Die Plug-in-Hybridtechnologie des neuen BMW X5 eDrive - BolidenForum 2020.

4.3 Komponenten

4.3.1 EV

Da es momentan nur den BMW i3 und i3s auf dem Markt gibt, gibt es bei den Komponenten zwischen den zwei Modellen kaum Unterschiede.

Motor:

Der eingebaute Elektromotor wird mit einer Kombination elektrischen Strom und Permanentmagneten erregt. Dies hat den Vorteil, dass Selten-Erden-Metalle um 30% bis 50% eingespart werden können gegenüber üblich eingesetzten permanenterregten Synchronmotoren. Entwickelt und produziert wird der Elektromotor von BMW.³⁷

- Motortyp: IB1P23M0
- Bauart: hybriderregter Synchronmotor
- Leistung: 125kW/170PS
- Max. Drehmoment: 250Nm
- Maximaldrehzahl: $11400 \frac{1}{min}$
- Nenndrehzahl: $4800 \frac{1}{min}$
- Polpaarzahl: 6
- Gewicht: 50kg



Abbildung 5: EV-Motor³⁸

Batterie:

Die Batterie hat sich seit der Einführung des BMW i3 im Jahre 2013 zweimal vergrößert. Am Anfang kam der i3 mit einer Batterie von 60Ah Ladungskapazität auf den Markt. Danach wurde auf 96Ah Ladungskapazität aufgestockt. Die Aktuelle sieht wie folgt aus:³⁷

- Ladungskapazität: 120Ah
- Kapazität: 42,2kWh
- Nutzbare Kapazität: 37,9kWh
- Reichweite: 130km – 160km
- Akku Typ: Lithium-Ionen-Akku
- Module: 8
- Zellenanzahl: 96
- Nennspannung: 352V
- Hersteller: Samsung SDI



Abbildung 6: Aufbau BMW i3³⁹

Um die Haltbarkeit zu verlängern, wird die Batterie nicht bis zu ihrem Maximum geladen und es wird auch sichergestellt, dass keine Tiefenentladung stattfindet. Außerdem hat BMW das „BMW i Battery Certificate“. Dies garantiert, dass nach einer Laufleistung von 100.000km oder nach 8 Jahren immer

³⁷ BMW i3 – Wikipedia 2020.

³⁸ IAA 2013: BMW i3 2020.

³⁹ i3-gold5.jpg (JPEG-Grafik, 1200 × 611 Pixel) 2019.

noch eine Batteriekapazität von mindestens 70% erhalten bleibt. Wenn die Batterien zu alt werden und dadurch verschlissen sind, verwendet BMW die Batterien weiter. Sie verwenden sie zum Beispiel in einem Werk in Leipzig. Die Verwendung dabei ist das Ausgleichen von möglichen Stromschwankungen. Zusätzlich zur Hochleistungsbatterie gibt es noch eine normale 12V Batterie, die dazu dient, das Bordnetz zu versorgen. Ein entscheidender Faktor einer Batterie eines Elektrofahrzeuges ist auch die Ladefähigkeit der Batterie. Die 120Ah Batterie kann mit der CCS (Combined Charging System) Technik mit bis zu 50kW geladen werden. Wodurch diese innerhalb von 70 min voll aufgeladen ist. Es besteht auch die Möglichkeit, eine 80%ige Ladekapazität in 20 min. zu erreichen.⁴⁰

Leistungselektronik:

Die Leistungselektronik ist im i3 für mehrere Aufgaben zuständig. Eine ist die Verbindung zwischen der Hochleistungsbatterie und dem Elektromotor. Aber sie ist auch für den Spannungswandel auf 12V zuständig, damit die 12 V Batterie das Bordnetz versorgen kann. Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Regulierung der Rekuperation. Außerdem ist in der Leistungselektronik auch das Ladegerät integriert.⁴¹

Range Extender:

Der BMW i3 kann auch mit einem Range Extender ausgestattet werden. Mit dem Range Extender wird mittels eines benzinbetriebenen Zweizylinders die Reichweite vergrößert. Durch den Verbrennungsmotor ist der BMW i3 nun kein Elektroauto mehr, sondern ein Plug-in-Hybrid. Der Verbrennungsmotor wirkt aber nur mit, wenn der Ladezustand unter 75% fällt. Durch den miteingebauten 9 Liter Tank kann die Reichweite um ca. 120 km -150 km gesteigert werden. Das entspricht fast einer Verdoppelung der Reichweite.⁴⁰

4.3.2 PHEV

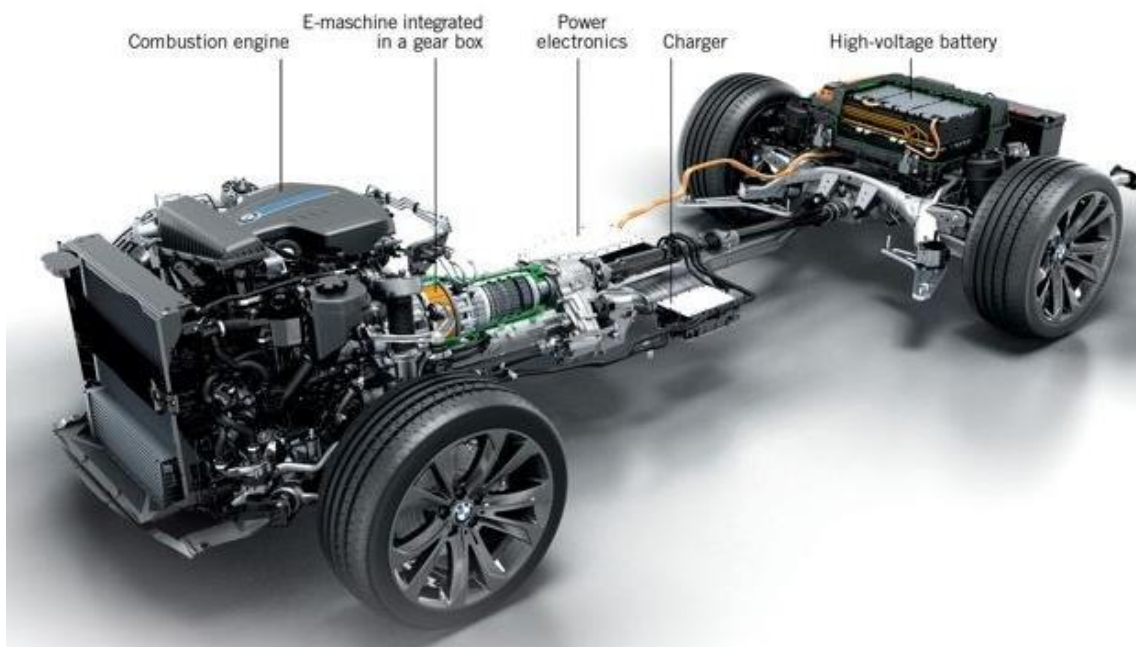


Abbildung 7: Aufbau PHEV BMW X5 eDrive⁴²

⁴⁰ BMW i3 – Wikipedia 2020.

⁴¹ Wiesinger 2019.

⁴² Die Plug-in-Hybridtechnologie des neuen BMW X5 eDrive - BolidenForum 2020.

In der Abbildung sind die Komponenten des BMW X5 eDrive zu sehen. Da diese bei der eDrive Technologie jedoch so aufgebaut sind, dass ein modulares System entsteht, sind die Bauteile bei den anderen Modellen so ähnlich angeordnet. Die einzelnen Module können sich dabei von Größe und Leistung unterscheiden. Wesentliche Positionsunterschiede zum EV:

- Elektromotor im Getriebe mit verbaut
- Elektromotor vorne im Auto
- Hochleistung-Batterie im Heck statt im Fahrzeugboden

Jedoch gibt es auch mit dem BMW X1 xDrive25e und dem BMW 225xe Active Tourer zwei Modelle, die etwas anders aufgebaut sind. Dort befindet sich der Elektromotor nicht im Getriebe, sondern wie bei dem i3 an der Hinterachse und der Verbrennungsmotor treibt die vordere Achse an. Dadurch ergibt sich ein elektrifiziertes Allradsystem.

Elektromotor:

Um beim BMW i3 einen kleinen Vergleich ziehen zu können, wird hier vom kleinsten BMW Plug-in-Hybriden der Motor aufgelistet. Dies ist momentan der BMW 225xe Active Tourer:⁴³

- Leistung: 65kW/88PS
- Max. Drehmoment: 165Nm
- Drehzahl: $4000 \frac{1}{min}$

Batterie:

Natürlich fällt bei den Plug-in-Hybriden auch die Hochleistungsbatterie kleiner aus. Auch hier nehmen wir den BMW 225xe Active Tourer, damit wir die Unterschiede zum Elektrofahrzeug sehen können.⁴³

- Kapazität: 10kWh
- Nutzbare Kapazität: 8,8kWh
- Nennspannung: 295V
- Ladungskapazität: $10kWh/295V = \sim 34Ah$
- Reichweite: 55 - 57km
- Akku Typ: Lithium-Ionen-Akku

Die Hochleistungsbatterie lässt sich mit haushaltsüblichen 230V und 16Ah laden. Das bedeutet, dass bei 3,7kW die Batterie nach 3,2h⁴³ voll aufgeladen ist. Natürlich lädt die Batterie sich auch durch Rekuperation auf.

Leistungselektronik:

Die Leistungselektronik ist abgeleitet von der Leistungselektronik, welche im BMW i3 verbaut ist. Somit übernimmt sie auch die gleichen Aufgaben, wie z.B. Steuerung der Rekuperation, Versorgung des 12V Bordnetzes sowie Führung der Energie von der Hochleistungsbatterie zum Elektromotor.⁴⁴

⁴³ Der neue BMW 225xe Active Tourer - Technische Daten.

⁴⁴ Die Plug-in-Hybridtechnologie des neuen BMW X5 eDrive - BolidenForum 2020.

5. Ziele & Zukunft

5.1 BMW Vision iNEXT

Auf der LA Auto Show 2018 zeigt BMW die Weltpremiere der Konzeptstudie BMW Vision iNEXT. Diese Studie führt die zukünftige Richtung von BMW mit den Themengebieten der Elektromobilität, Autonomes Fahren und Design auf. Der BMW Vision iNEXT präsentiert das zukünftige Fahrerlebnis mit dem Fokus auf Design des Innenraums (in Abbildung 8 zu sehen). Dieser soll eine Wohlfühlatmosphäre schaffen, während das Fahrzeug vollelektrisch und hochautomatisiert fährt. Durch Gestik- und Sprachsteuerung kann mit dem Fahrzeug interagiert werden.⁴⁵



Abbildung 8: BMW Vision iNEXT Interieur⁴⁶

Die Serienproduktion des BMW iNEXT startet bereits nächstes Jahr und ist für die dritte Entwicklungsstufe des automatisierten Fahrens konzipiert⁴⁷. Welches ein selbstständiges Fahren des Fahrzeuges ermöglicht. Jedoch muss der Fahrer jederzeit bereit sein, die Steuerung des Fahrzeuges zu übernehmen. In Abbildung 9 sind die fünf Entwicklungsstufen des autonomen Fahrens zu sehen. Der BMW Vision iNEXT ist bereits für die vierte Entwicklungsstufe ausgelegt. Ein Fahrzeug der fünften Entwicklungsstufe hätte weder ein Lenkrad noch Pedale.

⁴⁵ BMW Vision iNEXT: das Auto der Zukunft von BMW i | BMW.de 2020.

⁴⁶ BMW 2020.

⁴⁷ BMW Group 2020a.

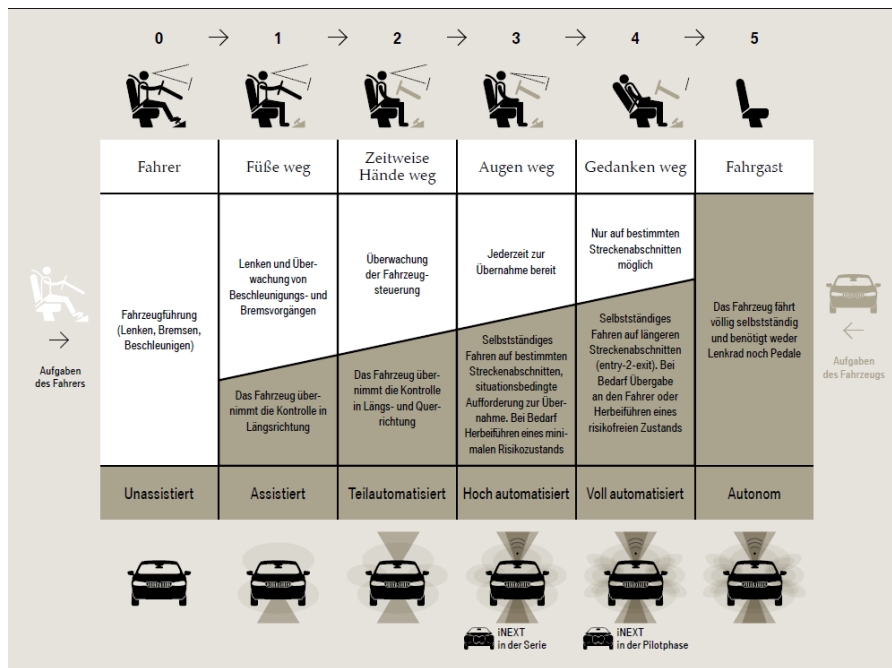


Abbildung 9: Die fünf Entwicklungsstufen des autonomen Fahrens⁴⁸

5.2 Ziele bis 2030

Das große Ziel der immer weiteren Senkung der CO₂-Emissionen bestimmt den Leitfaden von BMW. Hier setzt BMW auf die Elektromobilität und das Autonome Fahren. Die Fahrzeugpalette soll weiter elektrifiziert werden und in den kommenden Jahren weiter ansteigen. In Europa ist geplant, im Jahr 2021 mehr als 1 Millionen Elektrofahrzeuge zu verkaufen. Außerdem soll der Anteil an Elektrofahrzeuge 25% der gesamten ausgelieferten BMW-Fahrzeugen entsprechen. Für das Jahr 2025 soll der Anteil weiter auf 33% und 2030 dann auf 50% gesteigert werden. Dafür entfallen ab 2021 50% der bisherigen Antriebsvarianten.⁴⁹

Für die Modellvielfalt hat BMW 25 Elektrofahrzeuge bis 2023 angekündigt davon 50% rein elektrisch. Der BMW iX3 kommt bereits dieses Jahr auf den Markt und für den iNEXT sowie den i4 hat BMW den Produktionsstart für das Jahr 2021 vorgesehen. Der iX3 hat mit einer Batteriekapazität von 70 kWh eine Reichweite von 400 Kilometer⁵⁰ und beim iNEXT sowie i4 ist eine Reichweite von 600 Kilometer vorgesehen.⁵¹ Ebenfalls angekündigt ist die 7er Baureihe mit den vier verschiedenen Antriebsvarianten.⁵²

Für das Mild-Hybrid-System soll die 2. Generation in Serie gehen und bis 2025 in allen Modellen verfügbar sein.⁵³

⁴⁸ BMW Group.

⁴⁹ BMW Group 2020b.

⁵⁰ BMW Concept iX3 2020.

⁵¹ BMW Group.

⁵² BMW Group 2020f.

⁵³ Boeriu 2019.

Ergänzend zu der Elektromobilität bleibt die Dieselsechnologie weiter bestehen und wird ebenfalls weiterentwickelt. Es wird aber keine Nachrüstsysteine für ältere Dieselfahrzeuge geben.⁵⁴

Für Forschung und Entwicklung hat BMW im Geschäftsjahr 2019 5,952 Milliarden Euro investiert und will bis 2025 weitere 30 Milliarden Euro investieren. So entsteht bis 2022 ein Entwicklungs- und Erprobungsgelände für Autonomes Fahren in Tschechien mit Fokus auf der weiteren Senkung der CO₂-Emissionen im Straßenverkehr. Außerdem soll der extern bezogene Strom ab Ende 2020 zu 100% aus regenerativen Quellen kommen, um auch die Emissionen der Fahrzeugproduktion zu senken.⁵⁵

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau 48V-Bordnetz.....	7
Abbildung 2: Elektromobilität in Deutschland Marktanteil	10
Abbildung 3: Darstellung Aufbau EV	11
Abbildung 4: Darstellung Aufbau PHEV	12
Abbildung 5: EV-Motor.....	13
Abbildung 6: Aufbau BMW i3.....	13
Abbildung 7: Aufbau PHEV BMW X5 eDrive.....	14
Abbildung 8: BMW Vision iNEXT Interieur	16
Abbildung 9: Die fünf Entwicklungsstufen des autonomen Fahrens	17

7. Literaturverzeichnis

BMW: BMW 3er_Limousine_Katalog_Maerz_2019. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/content/dam/bmw/marketDE/bmw_de/new-vehicles/pdf/G20_Preisliste_Maerz_2019_online_02.pdf.asset.1554275244140.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW: BMW 3er_Touring_Katalog_Maerz_2019. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/content/dam/bmw/marketDE/bmw_de/new-vehicles/pdf/F31_Preisliste_Maerz_2019_online_01.pdf.asset.1547635569752.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW: BMW 5er_Limousine_Katalog_Maerz_2019. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/content/dam/bmw/marketDE/bmw_de/new-vehicles/pdf/G30_Preisliste_Maerz_2019_online_01.pdf.asset.1548328681409.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW: BMW 5er_Touring_Katalog_Maerz_2019. Online verfügbar unter https://www.bmw.de/content/dam/bmw/marketDE/bmw_de/new-vehicles/pdf/G31_Preisliste_Maerz_2019_online_01.pdf.asset.1548327549752.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW (2020): cq5dam.resized.img.1185.large.time1536060808055.jpg (JPEG-Grafik, 1185 × 533 Pixel), zuletzt aktualisiert am 21.06.2020, zuletzt geprüft am 21.06.2020.

BMW Concept iX3 (2020). Online verfügbar unter [https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/bmw-concept-cars/bmw-concept-ix3.html?&tl=sea-gl-GSP%20\(BS\)%20BMW%20Concept%20iX3-mix-miy-G08-sech-Concept%20iX3-.e-bmw%20ix3.-](https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/bmw-concept-cars/bmw-concept-ix3.html?&tl=sea-gl-GSP%20(BS)%20BMW%20Concept%20iX3-mix-miy-G08-sech-Concept%20iX3-.e-bmw%20ix3.-)

⁵⁴ BMW Group.

⁵⁵ BMW Group.

.&clc=BMW_se&gaw=sea:53400481823_kwd-506849824712&gclid=Cj0KQCjwirz3BRD_ARI-sAlmf7LO91gP1G0tuON9sXyUCg-xqS-u2Hk7El4hbhvW-TyUukYi5VkpUg5YaAjRDEALw_wcB&gclsrc=aw.ds, zuletzt aktualisiert am 21.06.2020, zuletzt geprüft am 21.06.2020.

BMW Elektroautos: rein elektrische Fahrfreude | BMW.de (2020). Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/elektromobilitaet/elektrofahrzeuge.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Elektromobilität: BMW Elektroautos und Plug-in-Hybride | BMW.de (2020). Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/elektromobilitaet/bmw-elektromobilitat-ueberblick.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group: Sustainable Value Report 2019. Online verfügbar unter https://www.bmwgroup.com/content/dam/grpw/websites/bmwgroup_com/responsibility/downloads/de/2020/2020-BMW-Group-SVR-2019-Deutsch.pdf, zuletzt geprüft am 21.06.2020.

BMW Group (2020a): Exklusiver Einblick in das Forschungs- und Innovationszentrum: BMW Group baut Prototypen des BMW iNEXT im Pilotwerk. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0299946DE/exklusiver-einblick-in-das-forschungs-und-innovationszentrum:-bmw-group-baut-prototypen-des-bmw-inext-im-pilotwerk>, zuletzt aktualisiert am 21.06.2020, zuletzt geprüft am 21.06.2020.

BMW Group (2020b): Bilanzpressekonferenzen & Analysten- und Investorenkonferenzen. Online verfügbar unter <https://www.bmwgroup.com/de/investor-relations/bilanzpresse-analysten-investorenkonferenzen.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020c): BMW Modellpflege-Maßnahmen zum Frühjahr 2020. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0304496DE/bmw-modellpflege-massnahmen-zum-fruehjahr-2020>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020d): BMW Modellpflege-Maßnahmen zum Herbst 2019. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0300499DE/bmw-modellpflege-massnahmen-zum-herbst-2019>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020e): PressClub Deutschland · Artikel. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/search/Preisliste/>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020f): Rede und Präsentation von Oliver Zipse, Vorsitzender des Vorstands der BMW AG, 100. ordentliche Hauptversammlung der BMW AG am 14. Mai 2020 in München. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0308457DE/rede-und-praesentation-von-oliver-zipse-vorsitzender-des-vorstands-der-bmw-ag-100-ordentliche-hauptversammlung-der-bmw-ag-am-14-mai-2020-in-muenchen>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020g): Technische Daten der neuen BMW 3er Limousine 320d und der neuen BMW 3er Limousine 320d xDrive, gültig ab 03/2020. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0305726DE/technische-daten-der-neuen-bmw-3er-limousine-320d-und-der-neuen-bmw-3er-limousine-320d-xdrive-gueltig-ab-03/2020>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Group (2020h): Technische Daten der neuen BMW 3er Limousine, gültig ab 03/2019. Online verfügbar unter <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0299453DE/technische-daten-der-neuen-bmw-3er-limousine-gueltig-ab-03/2019>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW i3 – Wikipedia (2020). Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/wiki/BMW_i3, zuletzt aktualisiert am 20.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW i3/i3s (2018): Reichweite, Batterie, Preis - autobild.de (2020). Online verfügbar unter <https://www.autobild.de/artikel/bmw-i3-i3s-2018-reichweite-batterie-preis-12490221.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Insights: Features, Accessories, Engines & More | PPSL BMW (2020). Online verfügbar unter <https://www.ppsl-bmw.sg/insights/B>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Plug-in-Hybride: Das Beste aus zwei Welten | BMW.de (2020). Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/elektromobilitaet/bmw-plug-in-hybride.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW Vision iNEXT: das Auto der Zukunft von BMW i | BMW.de (2020). Online verfügbar unter [https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/bmw-i-2016/bmw-vision-iNEXT.html?&tl=sea-gl-GSP%20\(BS\)%20BMW%20Concept%20Vision%20iNEXT-mix-miy-l20-sech-Vision%20iNEXT-.e-bmw%20vision%20inext-.&clc=BMW_se&gaw=sea:65359738052_kwd-522681182068&gclid=CjwKCAjwrcH3BRApEiwAxjdPTUKcjJUga2rWyFiQdQmsLB0RHUYKqZEn5eJBeuxXBjB-lxcVWoExoChT8QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/bmw-i-2016/bmw-vision-iNEXT.html?&tl=sea-gl-GSP%20(BS)%20BMW%20Concept%20Vision%20iNEXT-mix-miy-l20-sech-Vision%20iNEXT-.e-bmw%20vision%20inext-.&clc=BMW_se&gaw=sea:65359738052_kwd-522681182068&gclid=CjwKCAjwrcH3BRApEiwAxjdPTUKcjJUga2rWyFiQdQmsLB0RHUYKqZEn5eJBeuxXBjB-lxcVWoExoChT8QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds), zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW-eDrive: So funktioniert der Antrieb des i3 | Yello (2018). Online verfügbar unter <https://www.yello.de/mehraisdudenkst/bmw-elektroauto-so-funktioniert-der-edrive-antrieb/#subline-01>, zuletzt aktualisiert am 07.02.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW-Elektro-Marktanteil-Deutschland-2019-Gesamtjahr.jpg (JPEG-Grafik, 1920 × 1180 Pixel) - Skaliert (81%) (2020), zuletzt aktualisiert am 23.01.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

BMW-GB19_de_Finanzbericht.

Boeriu, Horatiu (2019): BMW CTO Klaus Fröhlich shares his views on the 48V systems. In: *BMW BLOG*, 30.01.2019. Online verfügbar unter <https://www.bmwblog.com/2019/01/30/bmw-cto-klaus-frohlich-shares-his-views-on-the-48v-systems/>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Der neue BMW 225xe Active Tourer - Technische Daten.

Die Plug-in-Hybridtechnologie des neuen BMW X5 eDrive - BolidenForum (2020). Online verfügbar unter <https://www.bolidenforum.de/artikel/artikel/64953-die-plug-in-hybridtechnologie-des-neuen-bmw-x5-edrive>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Dorofte, Adrian (2020): BMW expands 48V mild hybrid technology to 51 models. In: *BMW BLOG*, 27.05.2020. Online verfügbar unter <https://www.bmwblog.com/2020/05/27/48v-bmw-51-models/>, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Elektro-Marktanteile 2019: BMW baut Position in Deutschland aus (2020). Online verfügbar unter <https://www.bimmertoday.de/2020/01/23/elektro-marktanteile-2019-bmw-baut-position-in-deutschland-aus/>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

i3-gold5.jpg (JPEG-Grafik, 1200 × 611 Pixel) (2019), zuletzt aktualisiert am 23.10.2019, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

IAA 2013: BMW i3 (2020). Online verfügbar unter <https://www.flickr.com/photos/motorblog/9833758103/>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Kunkel, Christina (2020): Diesen Autoherstellern drohen die höchsten Strafen. Online verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/auto/autohersteller-strafe-grenzwerte-eu-2021-1.4760346>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Plug-in & Co.: der große Elektroauto-Vergleich | BMW.com (2020). Online verfügbar unter <https://www.bmw.com/de/innovation/elektroauto-vergleich-mit-plug-in-hybrid.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Rolls-Royce Phantom 2018: Luxus auf einzigartigem Niveau (2017). Online verfügbar unter <https://www.bimmertoday.de/2017/07/27/rolls-royce-phantom-2018-luxus-auf-einzigartigem-niveau/>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Verbrauch und Emissionen (2020). Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/de/topics/faszination-bmw/efficientdynamics-2015/consumption-emissions.html>, zuletzt aktualisiert am 22.06.2020, zuletzt geprüft am 22.06.2020.

Wiesinger, Johannes (2019): BMW i3 - rein elektrisch fahren. beckett.de. Online verfügbar unter https://www.kfztech.de/kfztechnik/alternativ/bmw_i3/bmw_i3.htm, zuletzt aktualisiert am 20.01.2019, zuletzt geprüft am 22.06.2020.