



---

## Sachstand

---

### **Batterieproduktion in China** Einzelaspekte der Ökobilanzierung

---

**Batterieproduktion in China**  
Einzelaspekte der Ökobilanzierung

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 165/19

Abschluss der Arbeit:

31. Januar 2020

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und  
Forschung

---

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Batteriezellenhersteller und Standorte</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Standortbezogene Faktoren des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Entwicklung der Energieeffizienz der Batterieproduktion</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>19</b>

## 1. Einleitung

Batteriehersteller der E-Mobility produzieren Batterien, bzw. Akkus, die in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, wie Autos, Bussen, Fahrräder und Lkws, verbaut werden. Die Hersteller arbeiten stetig daran, die Batterien leichter und leistungsfähiger zu machen. Innovationen in der Batteriefertigung haben auch die Energieeffizienz der einzelnen Prozessschritte verbessert. Der standortspezifische Strommix und die Qualität des Herstellungsprozesses haben einen wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz der Batteriefertigung. Dabei muss berücksichtigt werden, dass asiatische Hersteller beispielsweise auch an europäischen Standorten produzieren.

Zu den größten Batterieherstellern zählen LG Chem (China), Build Your Dreams (BYD, China), Panasonic (Japan) und Samsung SDI (Südkorea). Weitere größere Produzenten sind SK Innovation aus Südkorea sowie Lishen und Contemporary Amperex Technology Ltd. (CATL) aus China. Der Weltmarktanteil der chinesischen Hersteller beträgt etwa 80 % und der Anteil der südkoreanischen Hersteller liegt bei etwa 20 %.<sup>1</sup> „Derzeit befinden sich weltweit mehr als 40 große Fabriken für Lithium-Ionen-Zellen im Bau – fast alle davon in Asien.“<sup>2</sup>

## 2. Batteriezellenhersteller und Standorte

CATL, ansässig in der Provinz Fujian, ist Chinas größter Batteriezellenhersteller.<sup>3</sup> Im Jahr 2022 soll die Batterieproduktion in einem neuen Werk in Erfurt, Thüringen starten. Die folgende Liste zeigt exemplarisch Batterie- bzw. Batteriekomponentenhersteller und die chinesischen Provinzen, in denen sie produzieren bzw. angesiedelt sind:<sup>4</sup>

1 e-auto-journal (2019). „Hersteller von Batterien für Elektroautos“, <https://e-auto-journal.de/hersteller-batterien-elektroautos/>

2 Produktion.de (2017). „Batteriehersteller für E-Mobility“, <https://www.produktion.de/bildergalerien/die-10-groessten-batteriehersteller-fuer-e-mobility-258.html>, aktualisiert am 29. April 2019

next-mobility.de (2019). „Prognose 2019 - E-Mobilität im internationalen Vergleich“, vom 17.01.2019, <https://www.next-mobility.news/prognose-2019-e-mobilitaet-im-internationalen-vergleich-a-790855/>

zu deutsch-französischen Initiativen zur Batteriefertigung s.a.: Hägler, M. et al., Süddeutsche Zeitung (2020). „Forschen auf dem Acker“, vom 31.1.2020, Seite 17

3 Produktion.de (2017). „Batteriehersteller für E-Mobility“, <https://www.produktion.de/bildergalerien/die-10-groessten-batteriehersteller-fuer-e-mobility-258.html>, aktualisiert am 29. April 2019

4 e-auto-journal (2019). „Hersteller von Batterien für Elektroautos“, <https://e-auto-journal.de/hersteller-batterien-elektroautos/>

Miningscout (2018). „Neue Batteriemetall-Supermarkt in China: Ganfeng sucht ausländisches Lithium“, <https://www.miningscout.de/blog/2018/10/18/neue-batteriemetall-supermarkt-in-china-ganfeng-sucht-auslaendisches-lithium/> vom 18. Oktober 2018

Battery-news.de (2020). „Batterieproduktion“, <https://battery-news.de/index.php/category/batterieproduktion/>

Fremdenverkehrsamt der Volksrepublik China (2020). „Provinzen“, <https://www.china-tourism.de/provinzen/>

- Boston Power (Liyang, Provinz Jiangsu, Ostchina)
- BYD (Build Your Dreams, Shenzhen Provinz Guangdong und Chongqing, Südchina)
- CALB (China Aviation Lithium Battery, Luoyang, Henan, mittleres China)
- CATL (Contemporary Amperex Technology Ltd., CATL Ningde, Fujian, Südostchina)
- Dongfeng und CATL (Wuhan, Hubei, mittleres China)
- EEMB Energy Power (Wuhan, Shenzhen Provinz Guangdong, Hongkong, Südchina)
- Envision Group (Provinz Jiangsu, Ostchina), Übernahme der Batteriesparte von Nissan in 2018
- Ganfeng (gegründet in der Provinz Jiangxi, gelistet in Shenzhen, Provinz Guangdong, Südchina)
- Lishen (Provinz Tianjin, Nordchina)
- LG Chem (Nanjing, Provinz Jiangsu, Ostchina)
- OptimumNano (Shenzhen, Provinz Guangdong, Südchina)
- Panasonic Liyng und Dalian Levear Electric (Dalian, Provinz Liaoning, Nordchina)
- Samsung SDI (Xian, Provinz Shaanxi, mitteres China)
- SK Innovation (Changzhou, Provinz Jiangsu, Ostchina)
- Webasto (Jiaxing, Provinz Zhejiang, Ostchina)

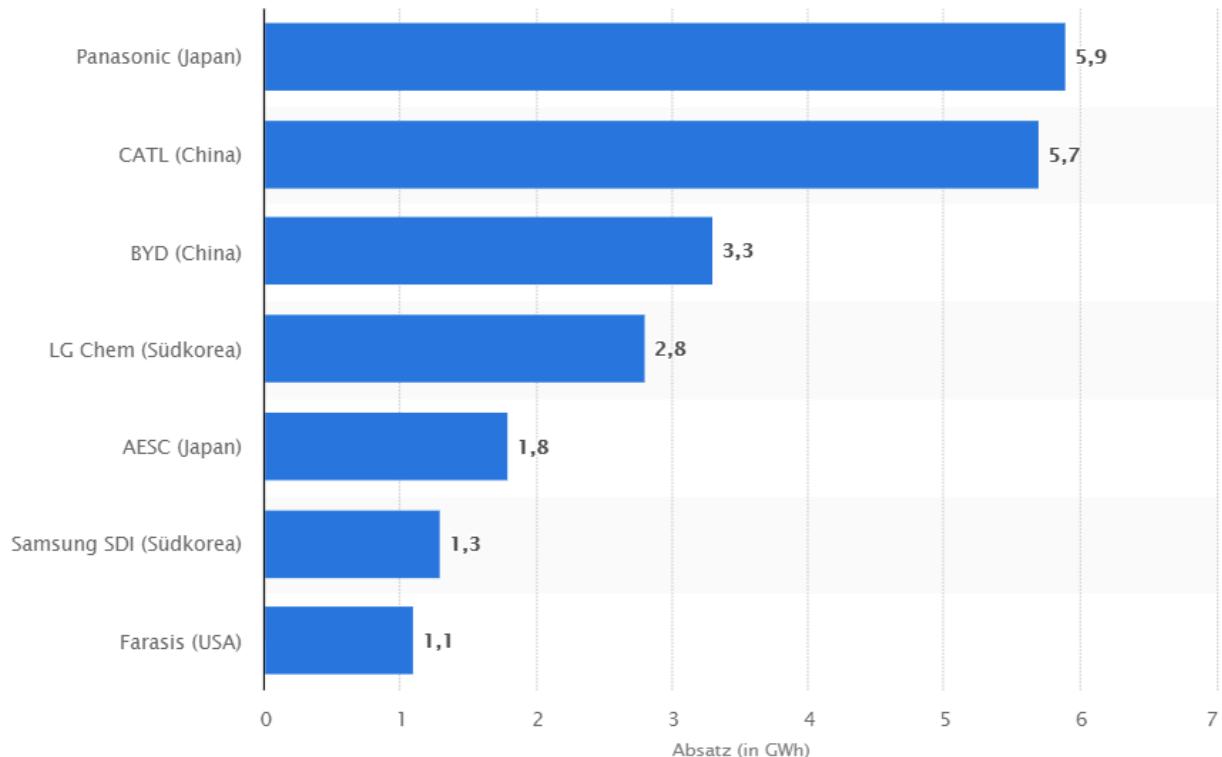
Ein Ranking der fünf größten chinesischen Batteriehersteller für E-Mobility basierend auf dem Absatz im Jahr 2015 (in MWh) zeigt folgendes Bild:<sup>5</sup>

- BYD mit Sitz in Shenzhen, 1.652 MWh
- EEMB Energy Power aus China, 489 MWh
- Beijing Pride Power System Technology Limited' gehört seit Juli 2016 zu 100 Prozent zum chinesischen Konzern Guangdong Dongfang und hat Batterien mit einer Leistung von 397 MWh abgesetzt.
- Wanxiang (zugehörig zur Wanxiang-Group) hat Batterien mit einer Leistung von 268 MWh verkauft.

Die folgende Grafik von „statista“ zeigt die größten Hersteller von Batterien für Elektroautos nach Absatz weltweit im 1. Halbjahr 2018 (in Gigawattstunden):<sup>6</sup> CATL produzierte nach Aussage der Analysten 5,7 und BYD 3,3 GWh. Samsung SDI produziert in Südkorea, China und Ungarn (Göd) und setzte im 1. Halbjahr 2018 Batterien mit einer Leistung von 1,3 GWh ab.

5 Produktion.de (2017). „Batteriehersteller für E-Mobility“, <https://www.produktion.de/bildergalerien/die-10-groessten-batteriehersteller-fuer-e-mobility-258.html>, aktualisiert am 29. April 2019

6 statista (2019). „Größte Hersteller von Batterien für Elektroautos nach Absatz weltweit im 1. Halbjahr 2018“, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/964683/umfrage/groesste-hersteller-von-batterien-fuer-elektroautos-nach-absatz/>



Ein Blog-Beitrag des Automobilherstellers „Audi“ unterscheidet zwischen der Zellfertigung und der Zusammenstellung von Zellen zu Akkus und Batteriesystemen. Der Beitrag fasst die Ergebnisse zweier Studien zusammen. Bei der Zellfertigung erreichen nach der Studie von Roland Berger bis 2019 folgende chinesische Hersteller die höchsten Marktanteile: BYD und CATL jeweils 9 %, Lishen 6 und Wanxiang 5 %. Nach Aussage der Autoren hat das Beratungsunternehmen IHS Markit für chinesische Hersteller kompletter Batterien folgende Marktanteile ermittelt: Aviation Lithium Battery 7,3 % und Long Powers 6,1 %.<sup>7</sup>

Der Batteriehersteller Samsung liefert Batteriespeicher für Elektrofahrzeuge für den BMW i3 und Panasonic (Japan) für das Tesla Model S. Tesla baut derzeit eine eigene Batteriefertigung auf. LG Chem hat Verträge mit Autoherstellern Audi, Renault und SAIC Motor (China) geschlossen.<sup>8</sup>

7 Aio (2019). „Die Batterie beim Elektroauto: Hersteller, Typen, Technik“, <https://aiomag.de/die-batterie-beim-elektroauto-hersteller-typen-technik-7617> vom 10. Januar 2019

8 Aio (2019). „Die Batterie beim Elektroauto: Hersteller, Typen, Technik“, <https://aiomag.de/die-batterie-beim-elektroauto-hersteller-typen-technik-7617> vom 10. Januar 2019

Die asiatischen Hersteller aus China, Japan und Korea gehen nach Angaben des Fraunhofer Monitoringberichts für die Zellfertigung an europäischen Standorten von folgenden Planungszahlen für die Produktion aus:

- LG Chem (Standort Polen: aktuell bei rd. 5 GWh, Pläne ab/nach 2020 bei rd. 15 bis 24 GWh),
- Samsung SDI (Standort Ungarn: aktuell bei rd. 2,5 GWh, Pläne ab/nach 2020 bei rd. 15 GWh),
- SK Innovation (Standort Ungarn: Pläne ab 2020 bei rd. 7,5 GWh),
- CATL (Standort Deutschland: Pläne ab 2020 bei rd. 14 GWh),
- AESC (Standort England: Bestand 2 GWh),

sowie BYD (CN), Panasonic (JP), GS Yuasa (JP), Farasis (USA), die planen in den kommenden Jahren von derzeit rd. 10 GWh Zellproduktionskapazität auf über 60 GWh bis ggf. 100 GWh und mehr an europäischen Standorten zu erweitern.<sup>9</sup>

### **3. Standortbezogene Faktoren des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks**

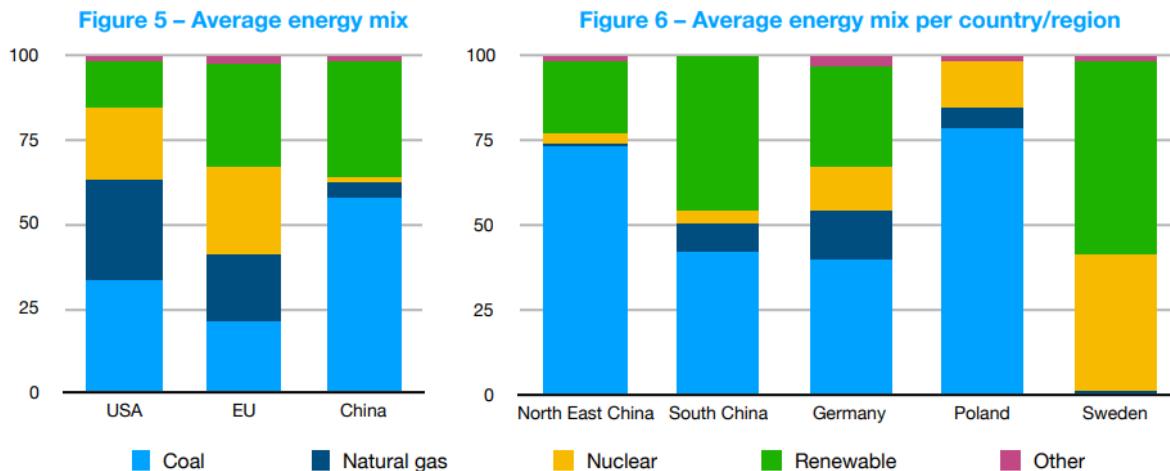
Der Energiemix für China, Nordostchina, Südchina und weiteren Staaten ist vergleichend in einer Studie über die Methode des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Lithium-Ionen-Batterien zusammengestellt. Viele der Produktionsstätten liegen, nach Aussage der Autoren, in Südchina. Der Kohleannteil ist laut nachfolgender Grafik in Nordostchina deutlich höher als in Südchina.<sup>10</sup>

9 Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) (2019). „Energiespeicher-Monitoring 2018“, Seite 26, [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energiespeicher-Monitoring\\_2018.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energiespeicher-Monitoring_2018.pdf)

10 Melin, H.E. et al., Circular Energy Storage, Research and Consulting (2019). „Analysis of the climate impact of lithiumion batteries and how to measure it“, Seite 8 [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019\\_11\\_Analysis\\_CO2\\_footprint\\_lithium-ion\\_batteries.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019_11_Analysis_CO2_footprint_lithium-ion_batteries.pdf)

Die Daten für China entstammen folgender Quelle: International Energy Agency (IEA) (2019). „World Energy Outlook 2017: China“, <https://www.iea.org/weo/china/>

Die regionalen Daten entnahmen die Autoren aus: Tang, B., et al. (2018). „How to peak carbon emissions in China's power sector: A regional perspective. Energy policy“, 120, pp.365-381.



Der CO<sub>2</sub>-Anteil bei der Batterieproduktion ist u.a. vom verwendeten Strommix abhängig und variiert. Die Autoren einer schwedischen Meta-Studie aus dem Jahr 2017 haben Beispiele für Treibhausgasemissionen für den Strommix verschiedener Staaten zusammengestellt und mit den Annahmen einer norwegischen Studie („Ellingsen“) verglichen (s. nachfolgende Tabelle). Die Ergebnisse zeigen, dass der CO<sub>2</sub>-Anteil nicht nur vom Produktionsstandort, sondern auch vom jeweiligen verwendeten Strommix abhängig ist. Die Produktion der Batterien verbraucht für jede Kilowattstunde Speicherkapazität der Batterie 350 bis 650 Megajoule (umgerechnet 97 bis 180 kWh) Energie. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen in einem Bereich von 150-200 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh. Die Produktion einer Batterie von 100 kWh, wie zum Beispiel die des Tesla S, erzeugt zwischen 15 und 20 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Produktion einer Batterie von 30 kWh, wie für den Nissan Leaf benötigt 4,5 bis 6 Tonnen CO<sub>2</sub>. Zwei weitere, von der Meta-Studie untersuchte Studien, haben die Angaben des Energieverbrauchs in einer Fabrik in Korea und China gemessen und gehen von einem fossilen Anteil am Strommix von 30 bis 70 % aus.<sup>11</sup>

11 Romare, M., et al., Swedish Environmental Research Institute (IVL) (2017). „The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries - A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles“, <https://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>, Seite 25

Diskussion der schwedischen Studie in: Die Energieexperten (2017). „Wie stark belastet die Batterieherstellung die Ökobilanz von Elektroautos?“, <https://www.energie-experten.ch/de/mobilitaet/detail/wie-stark-belastet-die-batterieherstellung-die-okebilanz-von-elektroautos.html>

Electricity mix	g CO <sub>2</sub> -eq/kWh el	kg CO <sub>2</sub> -eq/kWh battery from electricity	% of Ellingsen manufacturing	% of Ellingsen total*
Sweden	50	7	7%	42%
Brazil	300	46	43%	65%
Ellingsen ref		107	100%	100%
USA	700	112	105%	103%
China	1000	159	149%	130%
Poland	1050	169	159%	136%
India	1400	226	212%	170%

Ende 2019 ist eine Aktualisierung der Zahlen veröffentlicht worden. „Die neuen Zahlen zeigen eine positive Tendenz. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde Batteriekapazität ist demnach auf 61 bis 146 kg gesunken. Werden nur die transparenten Quellen einbezogen, sinkt die Spannbreite sogar auf 61 kg bis 106 kg. Grund für die Schwankung der Emissionen stellen weiterhin der regionale Strommix und die produzierte Zellart dar. Die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emission ist vor allem auf die voll hochgefahrenen Produktion und die hieraus resultierende Effizienzverbesserung pro Einheit zurückzuführen.“ Die Experten meinen, dass weitere Verbesserungen, durch einen nachhaltigeren Strommix in China und anderen großen Produktionsstandorten erzielt werden können.<sup>12</sup>

Ein aktueller Artikel chinesischer Experten untersucht insbesondere die Produktion von Lithium-Eisen-Phosphat (LFP)- und Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid (NCM)-Batterien zweier Produktionsstätten in China. Die jährliche Produktion von LFP-Batterien beträgt 0,22 GWh und die der NCM-Batterien 0,024 GWh. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der Stromverbrauch pro GWh Produktion Lithium-Ionen Batterien  $5,24 \times 104$  bzw.  $4,13 \times 104$  kWh beträgt.

<sup>12</sup> Emilsson, E., et al. (2019). „Lithium-Ion Vehicle Battery Production - Status 2019 on Energy Use, CO<sub>2</sub> Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling“, <https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf>

Kommentar zur Studie: Biegler, S., battery-news.de (2019). „Schwedenstudie II“ zeigt eine verbesserte ökologische Bilanz bei der Batteriezellfertigung“, <https://battery-news.de/index.php/2019/12/04/schwedenstudie-iizeigt-eine-verbesserte-oekologische-bilanz-bei-der-batteriezellfertigung/> vom 4. Dezember 2019

Der Cradle-to-Gate<sup>13</sup> CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (CFs) beträgt entsprechend 41392,17 und 32254,57 kg CO<sub>2</sub>eq.<sup>14</sup>

Für die Analyse haben die Experten zwei Fallbeispiele theoretisch berechnet und die durchgeführte 3E<sup>15</sup>- und Lebenszyklusanalyse erläutert. In der nachfolgenden Tabelle sind die Einflüsse der Batterieproduktion pro GWh aufgelistet. Die Autoren beschreiben in ihrem Artikel die Unterschiede der Rahmenbedingungen beider Produktionsstätten und stellen die einzelnen Einfluss- und Umweltindikatoren gegenüber. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass es für China notwendig ist, kohlenstoffarm erzeugten Strom einzusetzen und den Anteil der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung zu erhöhen.<sup>16</sup>

**Table 2.** 3E impacts of battery production per GWh.

System	Energy		Environment						Economy		
	Category	Energy Consumption	Atmospheric Environment	Water Environment			Solid Waste		Variable Costs	Fixed Capital	
Indicator				Electricity	NMP	COD	NH <sub>3</sub> -N	Domestic waste	Ordinary industry waste	Hazardous waste	
Unit		kWh	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	yuan	Unit investment
Case 1		$5.24 \times 10^4$	2.95	29.45	6.95	559.64	2.45	114.87	1.56 $\times 10^5$	9.10 $\times 10^7$	
Case 2		$4.13 \times 10^4$	2.50	18.76	1.25	1260.00	138.60	136.50	2.77 $\times 10^5$	1.04 $\times 10^8$	

#### 4. Entwicklung der Energieeffizienz der Batterieproduktion

Die Energieeffizienz der Herstellung ist ein Teilaспект der Ökobilanzierung. Um die Entwicklung des Energieverbrauchs für die Herstellung unterschiedlicher Batteriegrößen beurteilen zu können, muss berücksichtigt werden, dass sehr unterschiedliche klimawirksame Parameter der Batterieherstellung eine Vergleichbarkeit der Zahlen, auch wenn nur die zeitliche Entwicklung betrachtet werden soll, kaum zulassen. Derzeit werden in Elektrofahrzeugen häufig Lithium-Ionen-Batterien verwendet. Für die ökologische Betrachtung des Herstellungsprozesses spielt auch der

13 Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für den Lebenszyklusabschnitt „Produktion“

14 Wang, Y. et al. (2019). „From the Perspective of Battery Production: Energy–Environment–Economy (3E) Analysis of Lithium-Ion Batteries in China“, Sustainability 11(24):6941, December 2019, [https://www.researchgate.net/publication/337776149\\_From\\_the\\_Perspective\\_of\\_Battery\\_Production\\_Energy-Environment-Economy\\_3E\\_Analysis\\_of\\_Lithium-Ion\\_Batteries\\_in\\_China/fulltext/5de9ab314585159aa46597a6/From-the-Perspective-of-Battery-Production-Energy-Environment-Economy-3E-Analysis-of-Lithium-Ion-Batteries-in-China.pdf](https://www.researchgate.net/publication/337776149_From_the_Perspective_of_Battery_Production_Energy-Environment-Economy_3E_Analysis_of_Lithium-Ion_Batteries_in_China/fulltext/5de9ab314585159aa46597a6/From-the-Perspective-of-Battery-Production-Energy-Environment-Economy-3E-Analysis-of-Lithium-Ion-Batteries-in-China.pdf)

15 3E = Energy–Environment–Economy

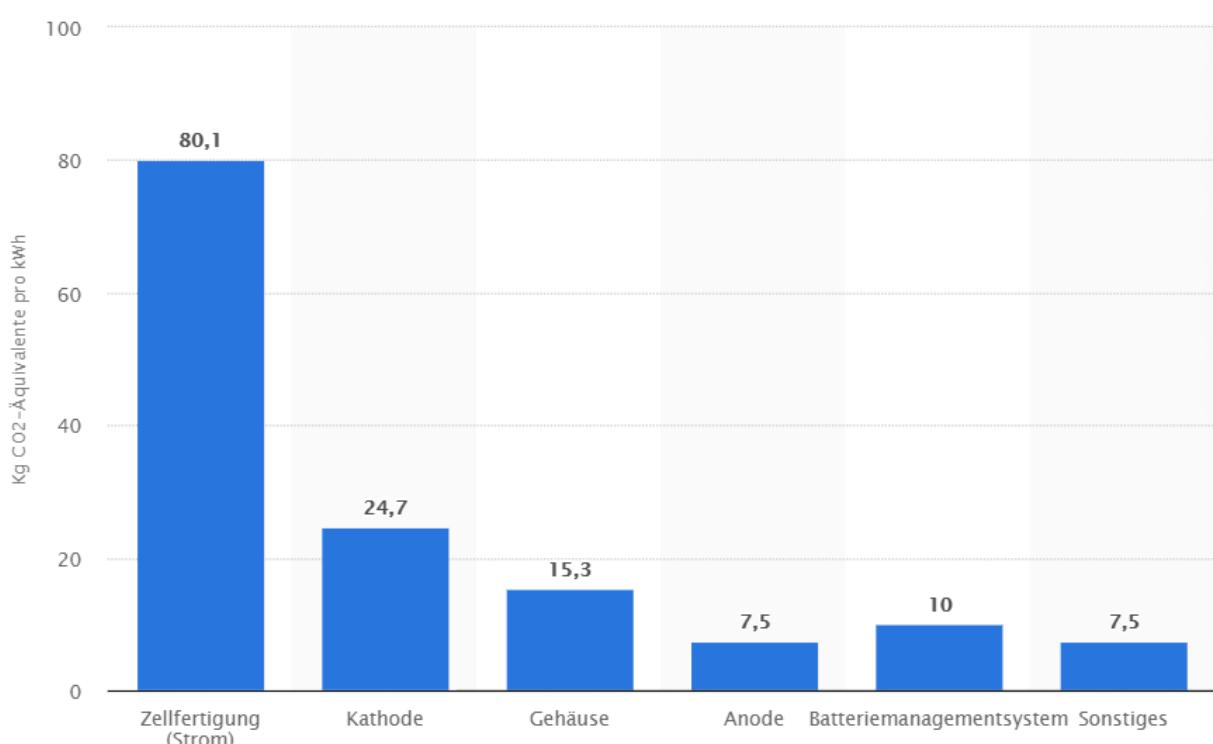
16 Detaillierte Informationen zum Strommix Chinas erläutern die Autoren folgender Artikel:

Dong, W. et al. (2018). „Utility of renewable energy in China’s low-carbon transition“, <https://www.brookings.edu/2018/05/18/utility-of-renewable-energy-in-chinas-low-carbon-transition/> in Brookings vom 18. Mai 2018

Zhongying, W. (2019). „Thoughts on China’s energy transition outlook“, <https://link.springer.com/article/10.1007/s41825-019-00014-w> in Energy Transitions vom 10. September 2019

Anteil der Rohstoffe eine Rolle wie bei den Lithium-Ionen-Batterien: Nickel-Mangan-Kobalt-Zellen (NMC), Nickel-Kobalt-Aluminium-Zellen (NCA) oder Lithium-Eisenphosphat-Zellen (LPF).<sup>17</sup> Neben den unterschiedlichen Beiträgen der Rohstoffförderung, ihrer Aufbereitung und den notwendigen Transportwegen, haben auch der Herstellungsort der Batterie und der verwendete Strommix einen Beitrag am Energieeinsatz.

Eine aktuelle Aufstellung der Treibhausgas-Emissionen in der Herstellung von Batterien für Elektroautos nach Bestandteilen und Fertigungsschritten (in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro kWh der Batterie) zeigt die folgende Grafik für das Jahr 2019.<sup>18</sup>



Details: Deutschland

© Statista

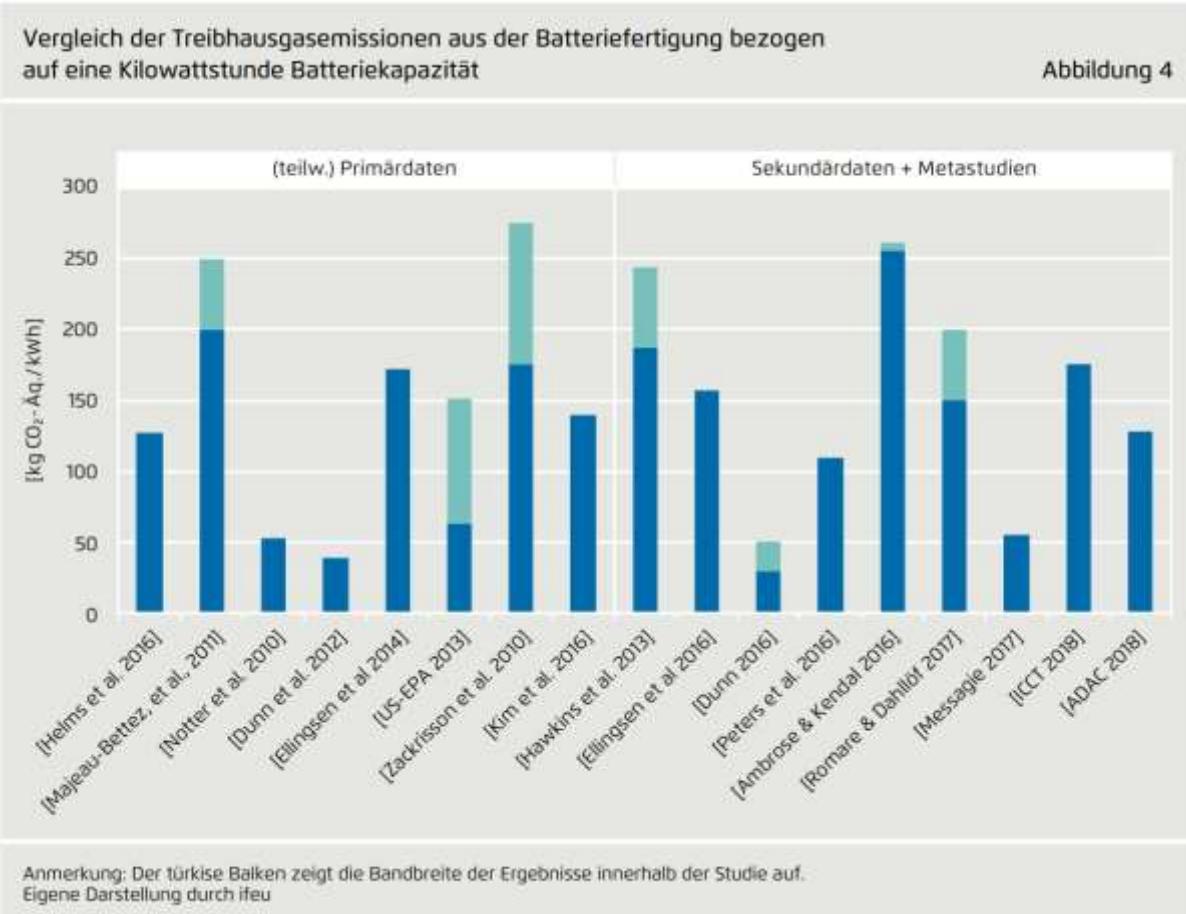
17 Sturner, M., Stadler, I. (2017). „Energiespeicher“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017, Kapitel 7.6.7

18 statista (2020). „Zusammensetzung der Treibhausgas-Emissionen in der Herstellung von Batterien für Elektroautos nach Bestandteilen/Fertigungsschritten(in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro kWh der Batterie; Stand: 2019)“, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1074324/umfrage/zusammensetzung-der-co2-emissionen-bei-der-herstellung-von-e-autobatterien/>

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) „Klimabilanz von Elektrofahrzeugen - Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit“, Seite 3, [https://www.ffe.de/attachments/article/856/Klimabilanz\\_Elektrofahrzeugbatterien\\_FfE.pdf](https://www.ffe.de/attachments/article/856/Klimabilanz_Elektrofahrzeugbatterien_FfE.pdf)

Einzelne Zahlen für die Treibhausgasemissionen [in kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. CO<sub>2</sub>-eq.] der Batterieherstellung liefern die folgenden Studien bzw. Metastudien:

Die Studie „Klimabilanz von Elektroautos“ der Agora Verkehrswende hat verschiedene Studien und Metastudien zur Ökobilanzierung ausgewertet. Ein grafischer Vergleich zeigt die unterschiedlichen Treibhausgasemissionen aus der Batteriefertigung bezogen auf eine Kilowattstunde Batteriekapazität. Die dazugehörigen Rahmenbedingungen der einzelnen Ökobilanzen für die Jahre 2010 bis 2017 für verschiedene Fahrzeugklassen, der Nutzungsphase und des Herstellungsprozesses, zeigt die nachfolgende tabellarische Aufstellung. Die Treibhausgasemissionen des Herstellungsprozesses sind für Batterien unterschiedlicher Zellchemie, Kapazitäten bzw. Energiedichten aufgeführt und zeigen sehr unterschiedliche Werte.<sup>19</sup>



19 Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, Seite 26 und 22 [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

## Auswahl einflussnehmender Randbedingungen in der Klimabilanz

Tabelle 1

	[Notter et al. 2010]	[Hawkins et al. 2010]	[Daimler 2014]	[Bauer et al. 2015]	[Helms et al. 2016]	[Ellingsen et al. 2016]	[Mierlo et al. 2017]	[Cheron et al. 2017]	[Messagie 2017]	[ICCT 2018]	[ADAC 2018]
Treibhausgas-emissionen (g CO <sub>2</sub> e/km)	162	197	150	210	199	146	51	105	90	130	150
Fahrzeug-klasse	Kom-paktkl.	-	Kom-paktkl.	Ob-Mittelkl.	Kom-paktkl.	Klein-wagen	-	Ob-Mittelkl.	-	Kom-paktkl.	Kom-paktkl.
Nutzungsphase											
Lebens-fahrt. (km)	150.000	150.000	160.000	240.000	168.000	180.000	209.596	250.000	-	150.000	150.000
Verbrauch (kWh/100 km)	17	17,3	16,6–17,9	21,4	21,9	17	-	21,1	20	20,5	14,7
Fahr-zyklus	NEFZ	NEFZ	NEFZ	Real*	Real*	NEFZ	-	Real*	Real*	Real*	EcoTest
Strom-mix	CH	EU	EU	CH/EU	DE-2013	EU	BE	FR-2015	EU-2015	EU	DE-2013
Herstellung (Batterie)											
Zell-chemie	LMO	NMC	NCA	LMO	Mix: LFP, NCA, NMC	NMC	LMO, LFP	NMC	LMO	Li-Ion	Mix: LFP, NCA, NMC
Kapa-zität (kWh)	34	24	-	25	27,3	26,6	-	-	45	30	28
Energie-dichte (Wh/kg)	113	112	115	105	81,6	105	-	-	118	100	-
Treibhausgasemis-sionen Batterie (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)	52,6	187,5	-	84 (2mal)	124	120	-	-	55	175	129

Anmerkung: Türkis markiert sind besondere Treiber für die gesamte Bilanz.

\* Es werden Fahrzyklen angesetzt, die weitgehend realistisches Fahrverhalten abbilden.

Eine Tabelle aus dem Jahr 2016 liefert ergänzende Informationen zu den Rahmenbedingungen einzelner Studien:<sup>20</sup>

**Table 1.** Studies on electric vehicle battery production emissions

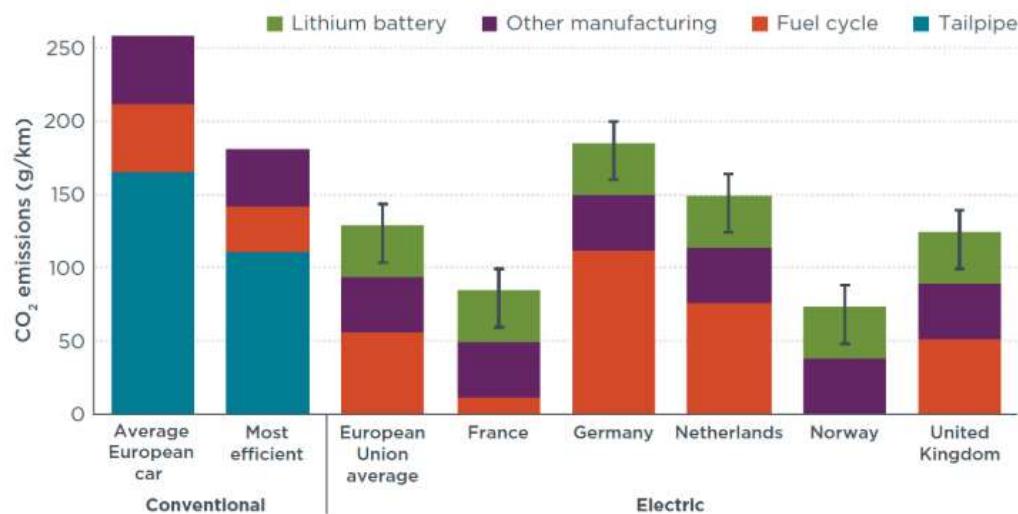
Authors	Year	Battery production emissions (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)	Additional notes
Messagie <sup>a</sup>	2017	56	Assumes vehicle with 30 kWh battery constructed in the European Union, finding that BEVs will have lower life-cycle emissions than a comparable diesel vehicle when operated in any country in Europe.
Hao et al. <sup>b</sup>	2017	96-127	Uses China grid for battery manufacturing. Finds substantial differences between battery chemistries. Batteries produced in U.S. create 65% less GHGs.
Romare & Dahliöf <sup>c</sup>	2017	150-200	Reviews literature, concluding manufacturing energy contributes at least 50% of battery life-cycle emissions. Assumes battery manufacturing in Asia.
Wolfram & Wiedmann <sup>d</sup>	2017	106	Models life-cycle emissions of various powertrains in Australia. Manufacturing inventories come primarily from ecoinvent database.
Ambrose & Kendal <sup>e</sup>	2016	194-494	Uses top-down simulation to determine GHG emissions for electric vehicle manufacturing and use. Manufacturing process energy represents 80% of battery emissions. Assumes manufacturing grid representative of East Asia.
Dunn et al. <sup>f</sup>	2016	30-50	Uses bottom-up methodology, with U.S. electricity used for manufacturing.
Ellingsen, Singh, & Strømman <sup>g</sup>	2016	157	BEVs of all sizes are cleaner over a lifetime than conventional vehicles, although it may require up to 70,000 km to make up the manufacturing "debt."
Kim et al. <sup>h</sup>	2016	140	Study based on a Ford Focus BEV using real factory data. Total manufacturing of BEV creates 39% more GHGs than a comparable ICE car.
Peters et al. <sup>i</sup>	2016	110 (average)	Reveals significant variety in carbon intensities reported across literature based on methodology and chemistry.
Nealer, Reichmuth, & Anair <sup>j</sup>	2015	73	Finds that BEVs create 50% less GHGs on a per-mile basis than comparable ICEs, and manufacturing (in U.S.) is 8%-12% of life-cycle emissions.
Majeau-Bettez, Hawkins, & Strømman <sup>k</sup>	2011	200-250	Uses combined bottom-up and top-down approach. Different battery chemistries can have significantly different effects.

Note: GHG = greenhouse gas; BEV = battery electric vehicle; ICE = internal combustion engine

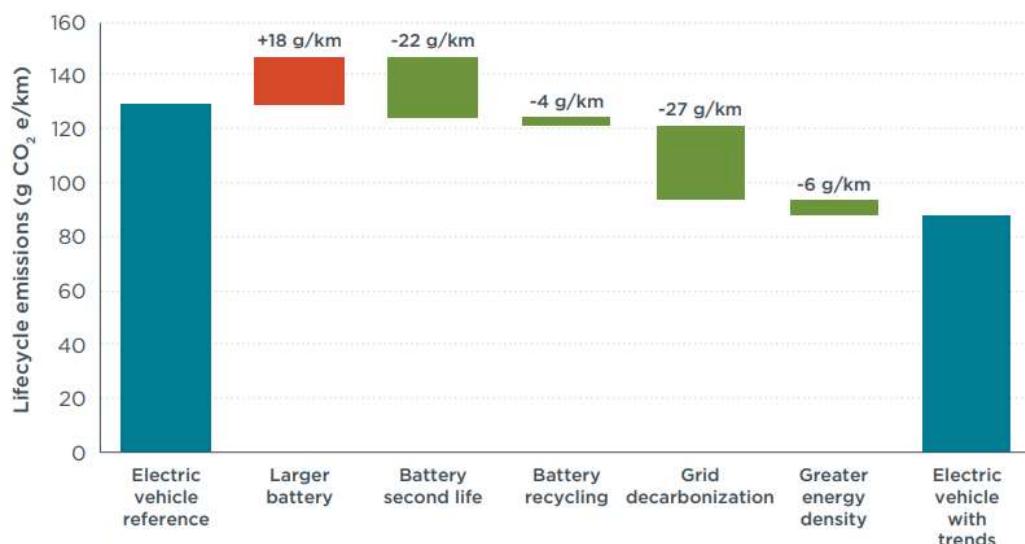
Die beiden nachfolgenden Grafiken des International Council on Clean Transportation (ITCC) zeigen zum Einen die Treibhausgasemissionen für verschiedene Antriebssysteme und den Anteil der Lithium-Ionen-Batterie an den Emissionen und zum Anderen die Veränderungen der Treibhausgasemissionen der Batterieherstellung (bezogen auf Daten aus dem Jahr 2017). Die

20 International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018). Briefing „Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions“, Seite 3, <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

Änderungen ergeben sich aus den größeren Batteriezellen, dem Strommix und Innovationen in der Batterieproduktion.<sup>21</sup>



**Figure 1.** Life-cycle emissions (over 150,000 km) of electric and conventional vehicles in Europe in 2015.



**Figure 3.** Potential changes in battery manufacturing greenhouse gas emissions (compared to reference 2017 electric vehicle) resulting from increased pack size and improvements in battery manufacturing and use.

21 International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018). Briefing „Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions“, Seite 5, <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

Bei der Herstellung einer Lithium-Ionen-Batterie werden heute nach Aussage der Experten der „Agora Verkehrswende“ etwa 145 kg Treibhausgasemissionen pro kWh Batteriekapazität erzeugt. Dieser Wert liegt in der Mitte der im Rahmen der Metastudie untersuchten Bilanzen. Bei einer Batteriekapazität von 35 kWh entstehen in der Herstellung gut 5 Tonnen Treibhausgasemissionen.<sup>22</sup> Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass unter den von den Experten angenommenen Randbedingungen die Treibhausgasbilanz der Batterieherstellung zu mehr als 75 Prozent auf die Zellherstellung zurückgeht. Der größte Beitrag von über 50 Prozent kommt durch den Strombedarf der Zellfertigung zustande. Relevante Beiträge entstehen weiterhin durch die Kathoden- und Anodenmaterialien sowie das Gehäuse und das Batteriemanagementsystem (BMS).

„Eine Auswertung der Materialien hinsichtlich ihres Beitrags zu den Treibhausgasemissionen zeigt, dass diese stark von Aluminium, Kobalt- und Nickelsulfat und Lithiumverbindungen (Lithiumhydroxid und Lithiumhexafluorophosphat für den Elektrolyten) geprägt wird.“

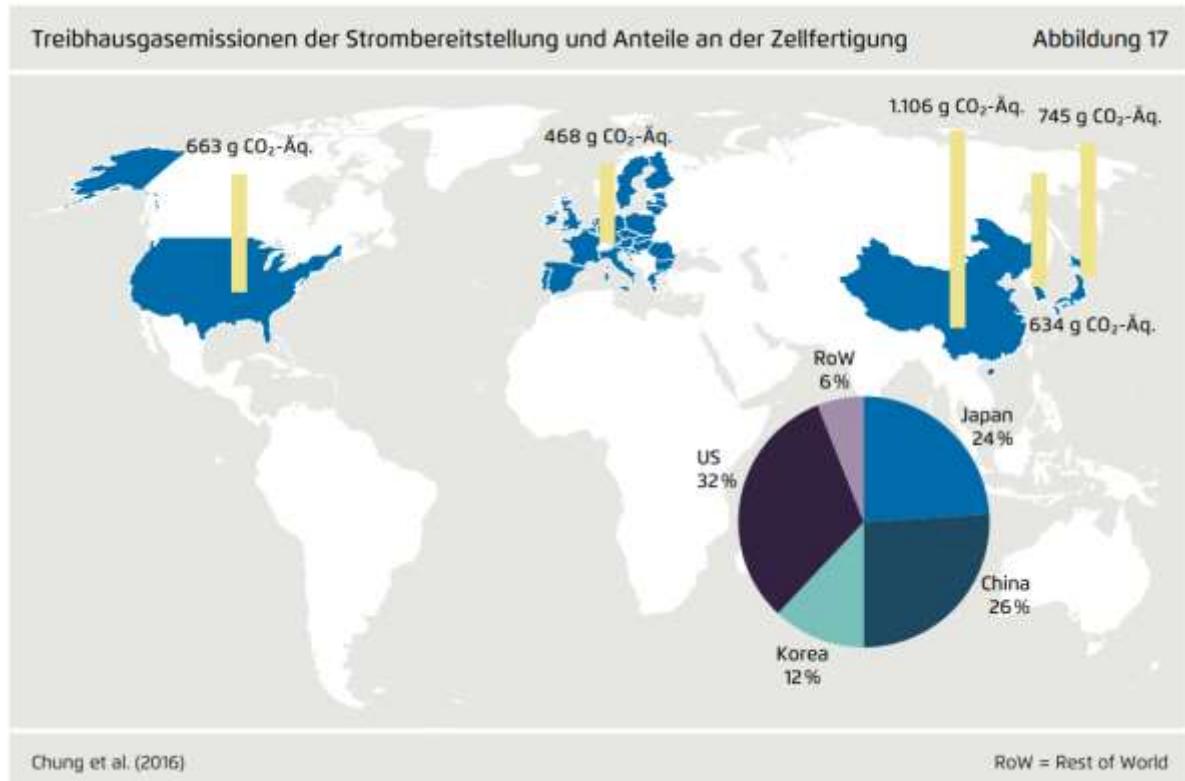
Zudem variiert der mit dem Fertigungsprozess verbundene Energieaufwand, je nach Hersteller und Anlage, noch stark. Für ein Fallbeispiel wurde von einem konservativen Strombedarf von 11 kWh<sub>el</sub> pro kg Batterie ausgegangen. „Dies entspricht bei einer Energiedichte von 115 Wh pro kg etwa 100 kWh<sub>el</sub> pro kWh Batterie. Der Vergleich mit anderen Quellen zeigt, dass auch eine effizientere Fertigung möglich sein könnte. Bereits heute ist nach Angaben von VW bei hoher Produktionsauslastung und in einem eingeschwungenen Serienprozess ein Stromverbrauch von 50 kWh<sub>el</sub> pro kWh Batterie (bei einer Energiedichte von 115 Wh/kg) erreichbar. Dies würde eine Halbierung des für heute als typisch angenommenen Wertes bedeuten. Für diese besonders günstigen Produktionsbedingungen liegen die Treibhausgasemissionen pro kWh Batteriekapazität dann nur noch bei 105 kg CO<sub>2</sub>eq. [...]“

Neben der Höhe des Strombedarfes ist auch der Ort der Zellfertigung entscheidend, da die Treibhausgasemissionen der Strombereitstellung weltweit sehr unterschiedlich sind. Heute erfolgt ein großer Teil der Zellfertigung in Ostasien (China, Japan und Korea) sowie in den USA. Für die Fertigung der Batterie im Beispieldfahrzeug wurde eine Strombereitstellung im Durchschnitt der heutigen Produktionsländer entsprechend ihrem Anteil an der Fertigung angesetzt, die Treibhausgasemissionen in Höhe von 805 g CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro kWh entspricht (siehe nachfolgende Abbildung). Bei einer Zellfertigung allein in China erhöht sich die energieabhängige Klimawirkung der Batterieherstellung demgegenüber jedoch deutlich, da hier pro Kilowattstunde Strom Treibhausgase in Höhe von etwa

22 Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, Seite 42, [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

Die Basisdaten für die Analysen wurden u.a. aus der Datenbank „ecoinvent“ entnommen. <https://www.ecoinvent.org/>

1.100 g CO<sub>2</sub> -Äquivalenten emittiert werden [...]. Pro Kilowattstunde Batteriekapazität entstehen dann 175 kg CO<sub>2</sub> -Äquivalente anstelle von 145 kg CO<sub>2</sub> -Äquivalente.“<sup>23</sup> [...]



Die Fertigungsbedingungen haben Auswirkungen auf die gesamte Klimabilanz des Elektroautos. „Werden die Zellen in China gefertigt, [...] verschiebt sich die Fahrleistungsschwelle für einen Klimavorteil (Break-even) zwischen Verbrennern und Elektroauto bei Energiewende nach Basiszenario der Langfristszenarien [der Studie] auf 75.000 km beim Benziner und gut 95.000 km beim Diesel. Findet die Zellherstellung wie bisher in Ostasien und den USA jedoch bei hoher Auslastung und in optimierter Serienfertigung statt, kann das Elektroauto gegenüber dem Benziner bereits ab knapp 50.000 km vorteilhaft sein.“<sup>24</sup>

23 Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, Seite 26 und 46 [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

Chung, D., et al., Clean Energy Manufacturing Analysis Center (CEMAC) (2016). „Automotive Lithiumion Cell Manufacturing: Regional Cost Structures and Supply Chain Considerations“ Technical Report NREL/TP-6A20-66086, <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66086.pdf>

24 Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, Seite 26, [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

Zukünftig werden auch das Recycling der Batterien und ihre Zweitnutzung als stationärer Speicher einen positiven Effekt auf die Ökobilanz der Batterien haben. Zudem glauben Experten, dass „mit den Fortschritten bei der Batterieentwicklung insbesondere durch effizientere Fertigungsprozesse, höhere Energiedichten, eine verbesserte Zellchemie und der Verwendung CO<sub>2</sub>-ärmeren Stroms bei der Batterieproduktion, die Klimabilanz der Batterie in den kommenden Jahren mindestens halbiert werden kann.“<sup>25</sup>

\*\*\*

---

25 Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, Seite 3 und 37 [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

## 5. Quellenverzeichnis

Aio (2019). „Die Batterie beim Elektroauto: Hersteller, Typen, Technik“, <https://aiomag.de/die-batterie-beim-elektroauto-hersteller-typen-technik-7617> vom 10. Januar 2019

Agora Verkehrswende (2019). „Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial“, [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz\\_von\\_Elektroautos/Agora-Verkehrswende\\_22\\_Klimabilanz-von-Elektroautos\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf)

Battery-news.de (2020). „Batterieproduktion“, <https://battery-news.de/index.php/category/batterieproduktion/>

Biegler, S., battery-news.de (2019). „‘Schwedenstudie II‘ zeigt eine verbesserte ökologische Bilanz bei der Batteriezellfertigung“, <https://battery-news.de/index.php/2019/12/04/schwedenstudie-ii-zeigt-eine-verbesserte-oekologische-bilanz-bei-der-batteriezellfertigung/> vom 4. Dezember 2019

Chung, D., et al., Clean Energy Manufacturing Analysis Center (CEMAC) (2016). „Automotive Lithium Cell Manufacturing: Regional Cost Structures and Supply Chain Considerations“ Technical Report NREL/TP-6A20-66086, <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66086.pdf>

Die Energieexperten (2017). „Wie stark belastet die Batterieherstellung die Ökobilanz von Elektroautos?“, <https://www.energie-experten.ch/de/mobilitaet/detail/wie-stark-belastet-die-batterie-herstellung-die-oekbilanz-von-elektroautos.html>

Dong, W. et al. (2018). „Utility of renewable energy in China’s low-carbon transition“, <https://www.brookings.edu/2018/05/18/utility-of-renewable-energy-in-chinas-low-carbon-transition/> in Brookings vom 18. Mai 2018

e-auto-journal (2019). „Hersteller von Batterien für Elektroautos“, <https://e-auto-journal.de/hersteller-batterien-elektroautos/>

Emilsson, E., et al. (2019). „Lithium-Ion Vehicle Battery Production - Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling“, <https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf>

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) „Klimabilanz von Elektrofahrzeugen - Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit“, [https://www.ffe.de/attachments/article/856/Klimabilanz\\_Elektrofahrzeugbatterien\\_FfE.pdf](https://www.ffe.de/attachments/article/856/Klimabilanz_Elektrofahrzeugbatterien_FfE.pdf)

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) (2019). „Energiespeicher-Monitoring 2018“, Seite 26, [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energie-speicher-Monitoring\\_2018.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energie-speicher-Monitoring_2018.pdf)

Fremdenverkehrsamt der Volksrepublik China (2020). „Provinzen“, <https://www.china-tourism.de/provinzen/>

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018). Briefing „Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions“, <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2018). Briefing „Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions“, <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

International Energy Agency (IEA) (2019). „World Energy Outlook 2017: China“, <https://www.iea.org/weo/china/>

Melin, H.E. et al., Circular Energy Storage, Research and Consulting (2019). „Analysis of the climate impact of lithiumion batteries and how to measure it“, [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019\\_11\\_Analysis\\_CO2\\_footprint\\_lithium-ion\\_batteries.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2019_11_Analysis_CO2_footprint_lithium-ion_batteries.pdf)

Miningscout (2018). „Neue Batteriemetall-Supermacht in China: Ganfeng sucht ausländisches Lithium“, <https://www.miningscout.de/blog/2018/10/18/neue-batteriemetall-supermacht-in-china-ganfeng-sucht-auslaendisches-lithium/> vom 18. Oktober 2018

next-mobility.de (2019). „Prognose 2019 - E-Mobilität im internationalen Vergleich“, vom 17.01.2019, <https://www.next-mobility.news/prognose-2019-e-mobilitaet-im-internationalen-vergleich-a-790855/>

Produktion.de (2017). „Batteriehersteller für E-Mobility“, <https://www.produktion.de/bildergalerien/die-10-groessten-batteriehersteller-fuer-e-mobility-258.html> , aktualisiert am 29. April 2019

Romare, M., et al., Swedish Environmental Research Institute (IVL) (2017). „The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries - A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles“, <https://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>

statista (2019). „Größte Hersteller von Batterien für Elektroautos nach Absatz weltweit im 1. Halbjahr 2018“, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/964683/umfrage/groesste-hersteller-von-batterien-fuer-elektroautos-nach-absatz/>

statista (2020). „Zusammensetzung der Treibhausgas-Emissionen in der Herstellung von Batterien für Elektroautos nach Bestandteilen/Fertigungsschritten(in kg CO2-Äquivalenten pro kWh der Batterie; Stand: 2019)“, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1074324/umfrage/zusammensetzung-der-co2-emissionen-bei-der-herstellung-von-e-autobatterien/>

Stern, M., Stadler, I. (2017). „Energiespeicher“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Tang, B., et al. (2018). „How to peak carbon emissions in China's power sector: A regional perspective. Energy policy“, 120, pp.365-381

Wang, Y . et al. (2019). „From the Perspective of Battery Production: Energy–Environment–Economy (3E) Analysis of Lithium-Ion Batteries in China“, Sustainability 11(24):6941, December

2019, <https://www.researchgate.net/publication/337776149> From the Perspective of Battery Production Energy-Environment-Economy 3E Analysis of Lithium-Ion Batteries in China/fulltext/5de9ab314585159aa46597a6/From-the-Perspective-of-Battery-Production-Energy-Environment-Economy-3E-Analysis-of-Lithium-Ion-Batteries-in-China.pdf

Zhongying, W. (2019). „Thoughts on China's energy transition outlook“, <https://link.springer.com/article/10.1007/s41825-019-00014-w> in Energy Transitions vom 10. September 2019