

# 1 Einleitung

„Der Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland wird dann erfolgreich sein, wenn er als Gemeinschaftsaufgabe verstanden und von allen Akteuren gemeinsam getragen wird“; BMDV, 2022, in „Masterplan Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung“, S. 7. Das Zitat betont die Notwendigkeit einer kooperativen Herangehensweise für den Ausbau von Ladeinfrastruktur.

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur spielt eine ausschlaggebende Rolle bei der Förderung der Elektromobilität (im Folgenden auch E-Mobilität) und der Erreichung klima- und umweltpolitischer Ziele. Im Angesicht der zunehmenden Nachfrage nach E-Fahrzeugen, wächst auch der Bedarf an zuverlässigen, effizienten und attraktiven Lademöglichkeiten; vgl. Bundesregierung, 2022b. Unternehmen wie die team energie GmbH & Co. KG stehen vor der Herausforderung diese Ladeinfrastruktur in ihr Tankstellennetz zu integrieren, um den Bedürfnissen der Verbraucher gerecht zu werden und den von der EU geforderten Übergang in die E-Mobilität zu beschleunigen.

Aus diesem Kontext ergibt sich die Forschungsfrage für diese Arbeit: Welche Auswirkungen haben umweltpolitische Ziele und unternehmensinterne Strategien auf die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur in Norddeutschland durch das Unternehmen team energie in Verbindung mit den aktuellen Entwicklungen der E-Mobilität? Die vorliegende Arbeit soll zu einem tieferen Verständnis zwischen den umweltpolitischen Zielen, den unternehmensinternen Strategien und dem Ausbau der Ladeinfrastruktur durch team energie in Norddeutschland beitragen. Da die Anzahl der E-Fahrzeuge und das Ladeverhalten ihrer Halter die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur bestimmt, werden auch die Entwicklungen der E-Mobilität genauer beleuchtet und Hintergrundinfos vermittelt. Zudem wird dem Leser ein umfangreiches Hintergrundwissen zur Regulatorik hinter dem Bau von Ladestationen vermittelt.

*Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.*

## **2 Methodik**

In diesem Kapitel werden dem Leser Hintergrundwissen und Grundlagen rund um das Thema E- Mobilität, Ladeinfrastruktur und Umweltpolitik vermittelt.

### **2.1 Vorgehen**

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen für diese Arbeit skizziert und dargestellt. Es wird mit qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden nach Formvorschriften der dualen Hochschule Schleswig-Holstein gearbeitet.

Das Vorgehen erfolgt mit einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche und quantitativer Datenanalyse der Zahlen aus internen Dokumenten, Ergebnissen und Plandaten. Die Recherche erfolgt mit Fachliteratur aus den Themengebieten Volkswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftslehre, Sustainable Management, Elektromobilität sowie Gesetzestexten, Richtlinien, Beschlüssen, Verordnungen und deren Ergänzungen von der Bundesregierung und dem Land Schleswig-Holstein. Des Weiteren unterstützen Studien und Umfragen von renommierten Instituten, Universitäten und Unternehmen die Datengrundlage in dieser Arbeit.

Um Hypothesen zu bestätigen oder zu widerlegen, wird mit Quantitativen Methoden gearbeitet (Fragebogen, statistische Auswertungen). Die Methoden reichen von standardisierten Erhebungstechniken über modellierte Beobachtungsformen bis hin zu Skalierungsverfahren, insbesondere zur Messung von Einstellungen und Motivation; vgl. H. Brunner et al, 2015, S. 20. Der Fokus bei den quantitativen Methoden liegt auf der Erklärung von Sachverhalten. Das Gegenstück dazu bietet die qualitative Forschung. Diese beschäftigt sich mit der detaillierten Analyse von Daten. Dadurch wird das Verständnis für Zusammenhänge und Kausalitäten ermöglicht; vgl. Trepper, 2019.

Als qualitative Forschungsmethode wurde für diese Arbeit das leitfadengestützte Experteninterview ausgewählt. Das leitfadengestützte Experteninterview basiert auf dem Wissen und den Erfahrungen eines Experten. Es ist

eines der am häufigsten verwendeten Verfahren in der qualitativen Forschung; vgl. Endres, 2022. Die Auswahl des Gesprächspartners/ Experte ist ausschlaggebend für die Art und Qualität der Informationen aus dem Interview; vgl. Lamnek, 2016, S. 363. Außerdem wurde sich bei den Gesprächspartnern Experte I und Experte II für die Methode einer Gruppendiskussion entschieden. Bei einer Gruppendiskussion werden die Fragen, zumindest größtenteils, offen formuliert. Somit bleibt Raum für Diskussionen zwischen den Teilnehmern. Der Moderator stellt Fragen, die sich an einem Leitfaden orientieren und lenkt das Gespräch. Eine weitere Besonderheit in der Gruppendiskussion liegt darin, dass sich zwischen den Teilnehmern eine Dynamik entsteht und diese sich gegenseitig zu neuen Ideen und Denkansätzen anregen können; vgl. Pfeiffer, 2018.

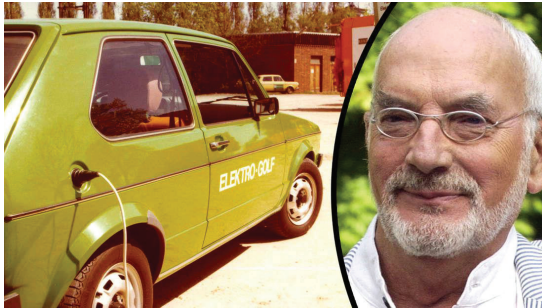
Die Gesprächspartner wurden aufgrund ihrer geeigneten Qualifikation, ihrer Erfahrung und ihres Fachwissens auf den Gebieten der Umweltpolitik und der Elektromobilität ausgewählt. Eine Woche vor dem Gespräch erhalten die Gesprächspartner einen Leitfaden mit Themen und Fragen für das Gespräch. Die Gespräche sind vollständig transkribiert und sind aber aus datenschutzrechtlichen Gründen von dieser Publikation ausgeschlossen. Außerdem wurden die Namen der Experten und die genauen Standorte der Tankstellen anonymisiert.

## **2.2 (K)eine neue Technologie – die Elektromobilität**

1983 fährt der Moderator der erfolgreichen Kindersendung „Löwenzahn“ (1981 bis 2006) Peter Lustig in der Folge „nur ein Tropfen Öl“ mit einem 1976er Volkswagen E-Golf ins Bild. Das Fahrzeug lädt der Moderator bei sich zuhause an einer 220-Volt Steckdose, den Strom erzeugen Solar Panels auf seinem Tiny House. Vor 40 Jahren war der Moderator in seiner Sendung seiner Zeit weit voraus; vgl. Betz, 2023.

Dabei sind Fahrzeuge mit einem Elektroantrieb keine Erfindung des 20. oder 21. Jahrhunderts, obgleich ihre Präsenz besonders in den letzten fünf Jahren in den Fokus rückte. Das Jahr 1821 gilt als die Geburtsstunde der Elektromobilität. In diesem Jahr erkannte der englische Forscher Michael Faraday, dass durch Elektromagnetismus eine dauerhafte Rotation erzeugt werden kann.

**Abbildung 1: Peter Lustig und sein Öko- E- Golf im Jahr 1983**



Quelle: siehe *Betz, 2023*

Getrieben durch die Forschungsarbeiten des Schotten Robert Anderson wurde 1839 ein Elektrofahrzeug vorgestellt. 1851 fand die erste Probefahrt mit einer elektrisch betriebenen Lokomotive statt, sie erreichte eine Geschwindigkeit von 31 km/h. Es folgten zahlreiche weltweite Ausstellungen, auf denen immer wieder neue Erkenntnisse und Erfindungen aus dem Gebiet der Elektromobilität vorgestellt wurden; vgl. Porschebank, o. J.

Zwischen 1896 und 1939 entdeckten immer mehr Hersteller das Potenzial der Elektrofahrzeuge, in diesem Zeitraum gab es weltweit 565 Hersteller für elektronisch betriebene Fahrzeuge; vgl. E-Autos, o. J. Heute sind laut ADAC weltweit 46 Hersteller für E- Fahrzeuge registriert. Gründe für die geringere Anzahl sind u. A. zum einen die strengen Sicherheitsauflagen für die Produktion von Fahrzeugen und zum anderen das Wachstum von wenigen Herstellern u. A. durch den Kauf anderer Hersteller oder Fusionen; vgl. ADAC, 2022a.

Vorläufig ausgebremst und abgelöst wurde das E-Auto dann ab 1910 von Autos mit Verbrennermotoren. Die bessere Reichweite der Verbrenner, der Anlasser und die niedrigen Ölpreise waren ausschlaggebende Faktoren für die Besserstellung der Verbrenner gegenüber den E-Autos mit ihren klobigen und hochsensiblen Akkus. Es folgten Jahrzehnte, in denen Verbrennermotoren den Markt dominierten. E-Autos galten als Nischenprodukte kamen gelegentlich als Liefer- und Postfahrzeuge z. B. in Berlin oder Großbritannien vor. Ab den 1990er Jahren kam es zu einem gesellschaftlichen- und politischen Umdenken. Das steigende Umweltbewusstsein in der Bevölkerung und die

steigenden Ölpreise als Folge des Golf Krieges galten als Anreiz für die Regierung des kalifornischen US-Bundesstaates dazu, die Automobilindustrie über ein neues Gesetz dazu zu bewegen, emissionsfreie Fahrzeuge zu entwickeln; vgl. E-Autos, o. J.

Mit dem Tesla Roadster begann 2006 das Zeitalter der modernen E-Autos. Das Fahrzeug war das erste serienmäßig gefertigte Elektroauto, dass mit einer Reichweite von 350 Kilometern auch für den Einsatz auf der Autobahn taugte; vgl. Hebermehl, 2006. Seit 2013 brachten einige Hersteller wichtige Wegbereiter Modelle für die emissionsfreie Mobilität heraus, seit 2016 findet in Europa ein weitreichender Ausbau von Schnelladesäulen statt; vgl. Porschebank, o. J.

### **2.3 Stand der Forschung und Hintergrund**

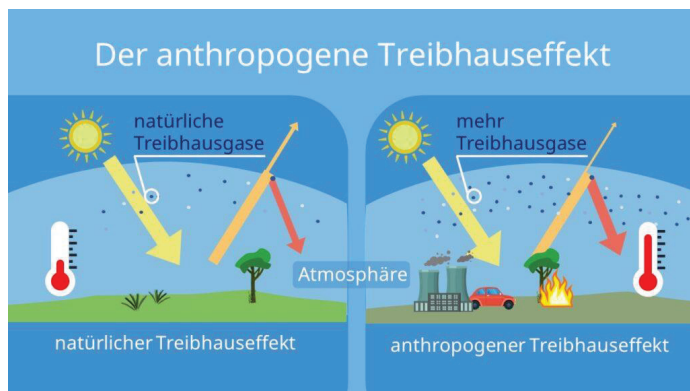
Zunächst werden einige wichtige Begrifflichkeiten für dieses Kapitel und den weiteren Verlauf dieser Arbeit definiert und erläutert.

*Treibhausgase:* für die nationale und internationale Berichterstattung werden vom Umweltbundesamt (im Folgenden UBA) jene Gase betrachtet, die auch im *Kyoto Protokoll* von 1997 genannt werden; vgl. Umweltbundesamt, 2022. Das Kyoto Protokoll trat 2005 in Kraft und ist der erste völkerrechtliche verbindliche Vertrag zur Eindämmung des Klimawandels der vereinten Nationen; vgl. Adler, 2019, S. 120. Zu den Treibhausgasen zählen folgende Gase, in der Klammer hinter dem Gas ist der Anteil des jeweiligen Gases in Prozent zu sehen, den es *in Deutschland* zu den gesamten Treibhausgasen beiträgt. Die Gase sind: Kohlendioxid (87,1%), Methan (6,5%), Lachgas (4,6%) und Fluorkohlenwasserstoffgase (1,7%); vgl. Umweltbundesamt, 2022.

Der *natürliche Treibhauseffekt* ist der Grund dafür, dass auf der Erde nicht eine eisige Durchschnittstemperatur wie auf dem Mars von  $-63^{\circ}\text{C}$  herrscht; vgl. Deutscher Wetterdienst, 2021. Der Planet Erde ist von einer mehrlagigen Schicht von Gasen umgeben, eines davon ist Kohlendioxid, auch bekannt als  $\text{CO}_2$ . Vereinfacht gesagt schützt diese Schicht an Gasen die Erde vor dem Auskühlen, indem sie einen Teil der von der Erdschicht reflektierten Wärmestrahlung nicht wieder in das Weltall zurücklässt. Zwischen den Gasschichten und der Erde bildet sich eine warme Luftschicht, die Leben auf dem Planeten

ermöglicht; vgl. Umweltbundesamt, 2021. Allerdings wird diese isolierende Gasschicht seit Beginn der industriellen Revolution Ende des 18. Jahrhunderts, zunehmend mit den oben genannten Treibhausgasen angereichert und verstärkt somit den natürlichen „Klimaschutzschild“ der Erde. Daraus resultiert der sogenannte *anthropogene Treibhauseffekt*, welcher ein signifikanter Treiber für diverse extreme Wetterbedingungen in den letzten 15 Jahren ist; vgl. Myclimate, 2022. Dieser menschengemachte Treibhauseffekt soll durch die Reduktion von Treibhausgasen mit internationalen Vereinbarungen wie dem Kyoto Abkommen wieder reduziert werden; vgl. Adler, 2019, S. 120. In der Abbildung 2 sind die beiden Treibhauseffekte gegenübergestellt und können anschaulich nachvollzogen werden.

**Abbildung 2: Der Treibhauseffekt**



**Quelle:** siehe *studyflix*, o. J.

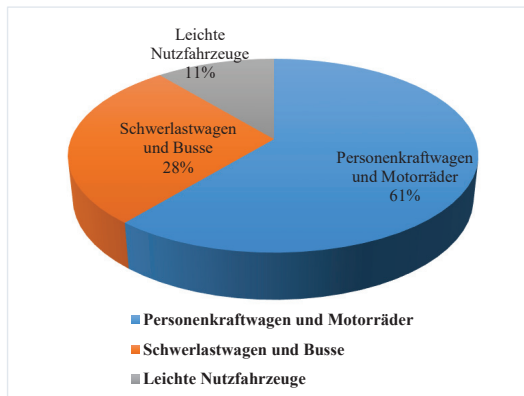
Im Jahr 2022 betrug der Ausstoß an Treibhausgasen in Deutschland 746 Millionen Tonnen, der CO<sub>2</sub>-Anteil am gesamten Ausstoß betrug 89,4%; vgl. Umweltbundesamt, 2023a.

Bis 2030 soll der verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 42% gemindert werden. Im Vergleich zu 1990, bis 2045 möchte Deutschland Treibhausgas neutral werden; vgl. Bundesregierung, 2022a. Um dieses umweltpolitische Ziel zu erreichen, spielt auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in Deutschland eine wichtige Rolle. Damit einher geht die Erhöhung der Zulassungszahlen der PKW mit Elektroantrieb. Nach Angaben des statistischen Bundesamts lag Deutschland im Jahr 2022 (Stichtag 01.01.2023) auf Platz 8

der EU- Länder mit der höchsten PKW-Dichte, 77% der Haushalte besaßen mindestens ein Auto. Zu diesem Zeitpunkt waren 1,3% der zugelassenen PKW reine Elektrofahrzeuge; vgl. Statistisches Bundesamt, 2022.

Um die ehrgeizigen Klimaziele der Bundesrepublik zu erreichen ist ein flächendeckender Umstieg auf das E-Auto in der Bevölkerung von Nöten. Dieser Aussage voran gehen die Daten zu den Kohlendioxidemissionen in der EU: 2020 lag der Anteil der CO<sub>2</sub>- Emissionen aus dem Straßenverkehr bei 29% der gesamten CO<sub>2</sub>- Emissionen; vgl. Eurostat, 2022. Die genaue Aufteilung ist in Abbildung 3 zu sehen:

**Abbildung 3: Verteilung der CO<sub>2</sub> Emissionen im Verkehrssektor**



*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Eurostat, 2022*

Innerhalb Deutschlands ist der Anteil der verkehrsbedingten Klimagase geringer als im europäischen Durchschnitt. Der Anteil der verkehrsbedingten Emissionen in Deutschland lag im Jahr 2021 bei 19,4%, 1990 war der Anteil noch bei 13%, obgleich die Gesamtmenge der ausgestoßenen Klimagase abgenommen hat. 2021 hatte der Verkehrssektor einen Anteil von 49% an den gesamten Partikelemissionen in Deutschland. Der motorisierte Straßenverkehr ist Hauptverursacher für diese Werte; vgl. Umweltbundesamt, 2023.

## 2.4 Herausforderungen und Entwicklungen der E- Mobilität

Ohne Elektromobilität ist die politisch angestrebte Verkehrswende nicht denkbar; vgl. Bundesregierung, 2022a. Diese steht jedoch verschiedenen

Herausforderungen gegenüber, einige sind erst auf den zweiten Blick mit einer nachhaltigen Verkehrswende in Verbindung zu bringen.

Herausforderungen, mit denen das E- Auto selbst direkt in Verbindung gebracht wird, sind; vgl. BUND, 2022:

1. Die Batterieproduktion
2. Die Recyclingfrage für die Batterie
3. Hohe Anschaffungskosten von E- Autos

Herausforderungen, vor denen die E- Mobilität steht, wenn sie durchweg klimatisch sinnvoll sein soll, sind; vgl. VfeW, 2022:

4. Ausbau der regenerativen Energiegewinnung
5. Ausbau von öffentlichen Schnellladestationen
6. Ausbau des Stromnetzes

#### 2.4.1 Die Batterieproduktion

Zunächst wird der Unterschied zwischen einer Batterie und einem Akku aufgezeigt: „Batterien, auch Primärbatterien genannt, können nach ihrer Entladung nicht wieder aufgeladen werden. Akkus, auch Sekundärbatterien genannt, sind wiederaufladbare Batterien. Demzufolge sind Akkus auch Batterien“; Petrikowski et al, 2012, S. 3. In dieser Arbeit sind mit dem Begriff „Batterie“ auch immer Akkus gemeint, da es sich in der Regel um wieder aufladbare Fahrzeugbatterien oder -akkus handelt. Falls explizit nur nicht wieder aufladbare Batterien gemeint sind, wird der Ausdruck „Primärbatterie“ verwendet; vgl. Petrikowski et al, 2012, S. 4.

Für die Herstellung der *Batterien* für E- PKW fallen vor allem bei der Rohstoffgewinnung soziale und ökologische Aspekte negativ ins Gewicht. Wichtige Komponenten für die Batterien sind unter anderem Kobalt, Lithium, Nickel, Mangan, Graphit und seltene Erden wie Neodym, Praseodym und Dysprosium. Bei der Gewinnung von Lithium ist auch eine große Menge an Wasser von Nöten, in den Abbauregionen Chile, Argentinien und Bolivien, die ohnehin schon unter Dürren und Wasserknappheit leiden, stellt der Abbau von Lithium die Bevölkerung vor Ort eine existenzielle Herausforderung dar; vgl. Boddenberg, 2018. Hinzu kommen Konflikte zwischen den Arbeitern vor Ort und indigenen Bevölkerungsgruppen, die die Gegenden seit



Jahrhunderten bewohnen; vgl. Frankel, Whoreskey, 2018. Kobalt ist ein wichtiges Material für die Herstellung der Batterien, rund 60% des weltweit abgebauten Kobalts stammt aus dem Kongo, 15-20% aus dem Kleinbergbau. Im kongolesischen Kleinbergbau fehlt es an Maßnahmen zur Arbeitssicherheit, auch der Kontakt mit Schwermetallen wie Uran oder der Vollzeiteinsatz von Kindern als Arbeitskräfte gehören hier zum Alltag und rücken die Batterien für E-Autos immer wieder in den Fokus der Kritiker; vgl. Thielmann et al, 2020, S. 10f.

#### 2.4.2 Die Recyclingfrage der Batterie

Im Jahr 2022 wurden in Europa ungefähr 50 Kilotonnen Altbatterien recycelt. bis in das Jahr 2020 entstammte der größte Teil davon aus dem Endverbraucher Bereich, also z. B. aus Handys, Laptops etc. Seit 2020 kam der sich weiter verstärkende Trend auf, dass es sich beim größten Anteil des Batterie-Recyclingmaterials um Ausschüsse aus der Batterieproduktion, z. B. von Elektroautos, handelt. Der Anteil des Recyclingmaterials seitens der Industrie steigt also kontinuierlich; vgl. Schmaltz, 2023.

In einem 50 kWh Akku mit einem Gewicht von 400 KG stecken nicht geringe Mengen an wertvollen und seltenen Rohstoffen: 4 KG Lithium, 11 KG Mangan, 12 KG Kobalt, 12 KG Nickel, 33 KG Grafit. Hinzu kommen Aluminium, Stahl und Kunststoffe aus dem Gehäuse. Somit besteht nicht nur ein ökologisches, sondern auch ein ökonomisches Interesse an einem „Second Life“ und Recycling der Batterien. Second Life bedeutet, dass die Batterie weiterhin noch stationär benutzt wird, beispielsweise als Speicher für Solarenergie in Industriebetrieben. In der Regel werden die Fahrzeug Akkus bei einer Restkapazität von 70% ausgetauscht, etwa nach 10 Jahren Nutzung; vgl ADAC, 2022b.

Seit 2006 galt eine EU- Verordnung, laut der nur 50% eines Akkus, gemessen am Gewicht, recycelt werden müssen. Hierbei entfiel bereits ein großer Teil auf das Gehäuse. Im Dezember 2020 wurden diese modernisiert und ab 2027 gilt dann, dass Nickel und Kobalt zu 90% und Lithium zu 50% recycelt werden müssen, eine Erhöhung dieser Anteile tritt 2031 in Kraft; vgl. Holzer, 2023.

Aktuell sind die Voraussetzungen für das Recycling von voraussichtlich 420 Kilotonnen Batterien im Jahr 2030 noch nicht geschaffen. Zu berücksichtigen ist aber auch, dass viele Fahrzeughersteller, Batterieproduzenten und Forschungsinstitute weltweit verschiedene Möglichkeiten und Verfahren testen, um dem Batteriemüll in ca. zehn Jahren gewachsen zu sein. Auch die Politik setzt sich intensiv mit nachhaltigen Lösungen auseinander; vgl. Schmaltz, 2023.

#### 2.4.3 Hohe Anschaffungskosten von E- Autos

Bei einem Besuch des größten deutschen online Marktplatzes für Fahrzeuge „mobile.de“ wurde die Anzahl der angebotenen Fahrzeuge mit verschiedenen Motorisierungen verglichen. Einmal wurde nur nach Verbrennerfahrzeugen gesucht, einmal nur nach reine E- Fahrzeugen und Plugin- Hybriden. Die Suchkriterien stimmten bis auf die Motorisierung überein: Kilometerstand ab 10.000 km, nur unbeschädigte Fahrzeuge, fahrtauglich, kein Gewerbe Im- und Export und nur Angebote aus Deutschland. Zudem wurden die Kriterien für „mind. zwei Sitzplätze“ und „mind. 60 PS“ ausgewählt, damit es sich bei allen Fahrzeugen um PKW handelt, die auf allen deutschen Straßen und Autobahnen fahren können, und „Pizza Flitzer“ wie der Renault Twizy ausgeschlossen werden. Auf die Kriterien Alter und Laufleistung wurde bewusst verzichtete, da das Kriterium fahrtauglich ausgewählt wurde. Tabelle 1 zeigt den Preisvergleich und Durchschnittspreise auf.

**Tabelle 1: Preisvergleich: E- Auto vs. Verbrenner**

1	⊗ Preis Gebrauchtwagen Verbrenner	15.740,00 €	
2	⊗ Preis E-Auto gebraucht	43.968,00 €	
		Suchergebnisse mobilde.de	In %
3	Verbrenner	593.971	97,15%
4	Elektro	17.483	2,85%
5	Verbrenner < ⊗ Preis	205.004	34,51%
6	E- Autos < ⊗ Preis	1.351	7,74%

**Quellen:** eigene Darstellung; Zeile 1 vgl. Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe Zentralverband, 2022; Zeile 2 vgl. Autobild, 2023; Zeile 3 bis 6 siehe Anhang 1 und Anhang 4

Laut einer Umfrage der AWA aus dem Jahr 2022, gaben 30,57% der befragten Personen an, dass sie in den nächsten zwei Jahren einen Neuwagen erwerben wollen, die restlichen 69,43% streben den Kauf eines Gebrauchtwagens