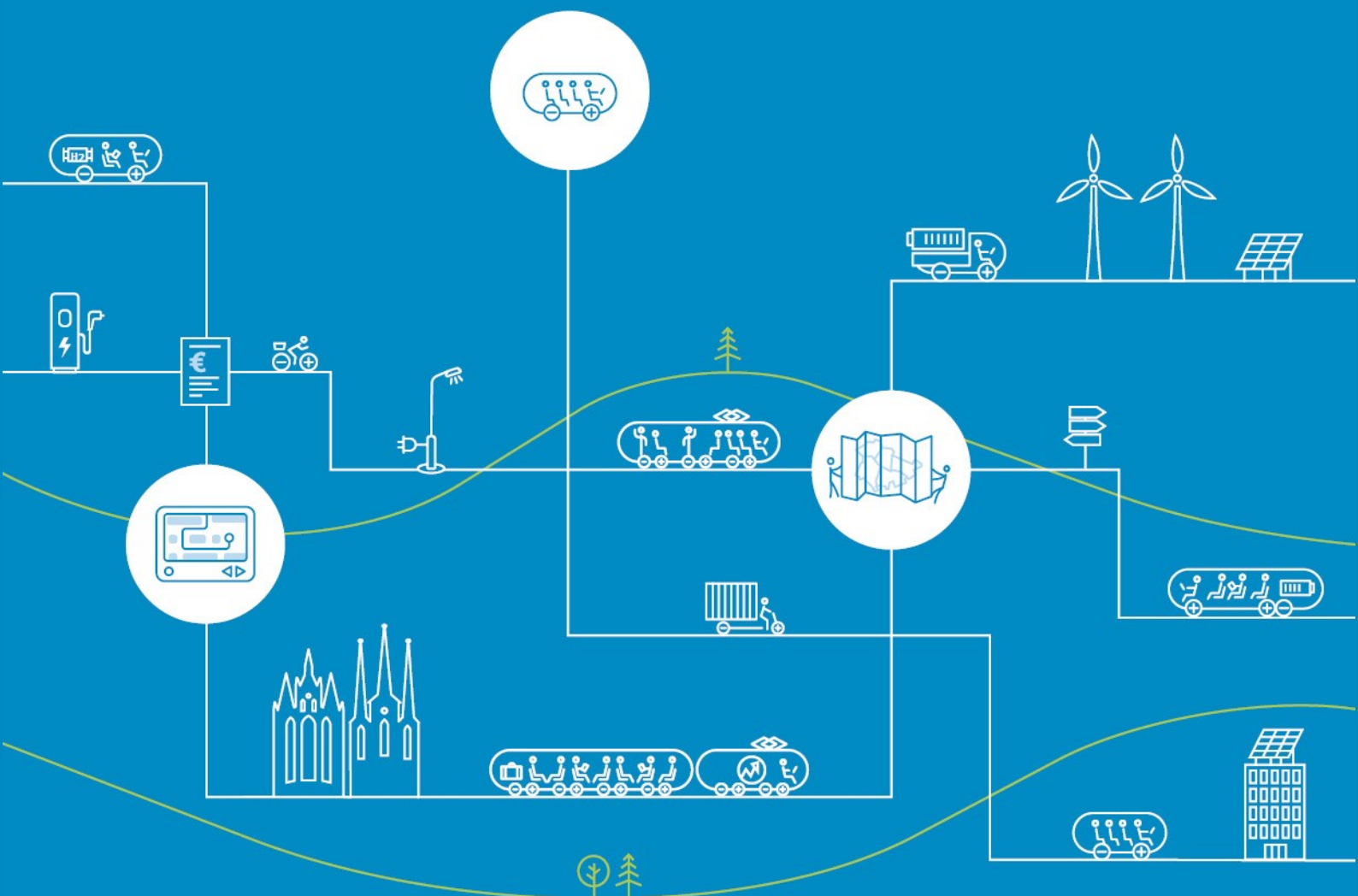


# CO<sub>2</sub>-arme Mobilität in Thüringen - Modellprojekt Elektrobussysteme

Auswertung des Landesförderprogramms



# **CO<sub>2</sub>-arme Mobilität in Thüringen - Modellprojekt Elektrobussysteme**

## **Auswertung des Landesförderprogramms**

### **– Nutzerdaten 2023 –**

**Autor:**

Maria Ehrich (TheGA)

Rico Hofmann (TheGA)

**Mitwirkende:**

Sabine Metz (TAB)

Anika Winkelhöfer (TMUEN)

**Dokumentenversion:**

Januar 2025

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Vorbemerkung.....                                                 | 4  |
| 2. Zusammenfassung.....                                              | 4  |
| 3. Fördergegenstand .....                                            | 5  |
| 4. Allgemeine Auswertung und Indikatoren nach Förderrichtlinie ..... | 6  |
| 4.1. Verteilung der Vorhaben .....                                   | 6  |
| 4.2. Einsatz der Fördermittel .....                                  | 7  |
| 5. Auswertungen zu den Fahrzeugen .....                              | 8  |
| 5.1. Anzahl E-Busse in Thüringen.....                                | 8  |
| 5.2. Fahrzeugmodelle.....                                            | 9  |
| 5.3. Weitere Angaben zu den E-Bussen .....                           | 10 |
| 6. Detaillierte Auswertungen zur Ladeinfrastruktur .....             | 11 |
| 6.1. Modelle .....                                                   | 11 |
| 6.2. Ladevorgänge.....                                               | 12 |
| 7. Auswertung der Wirtschaftlichkeit.....                            | 13 |
| 7.1. Strom- und Instandhaltungskosten .....                          | 13 |
| 7.2. Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Fahrzeuge .....           | 13 |
| 8. Abkürzungen.....                                                  | 15 |
| 9. Abbildungsverzeichnis .....                                       | 15 |
| 10. Tabellenverzeichnis .....                                        | 15 |

## 1. Vorbemerkung

Dieser Bericht umfasst die Auswertungen der Nutzerdatenerfassung vom 01.01.2023 bis 31.12.2023. Sollten die Maßnahmen unterjährig begonnen worden sein, finden diese im Bericht nur anteilig Berücksichtigung, da Jahresergebnisse unkorrekt dargestellt werden würden.

2023 wurden 15 Nutzerdaten erfasst. Sechs Nutzer haben die Maßnahme innerhalb des Jahres begonnen und können aufgrund der unterjährigen Projektstarts noch keine vollständigen Jahresdaten liefern. Sie wurden daher bei Datenauswertung, welche das ganze Jahr betreffen nicht berücksichtigt.

## 2. Zusammenfassung

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Förderprogramm „CO<sub>2</sub>-arme Mobilität in Thüringen - Modellprojekt Elektrobussysteme“ wurden Nutzerdaten zu den geförderten Vorhaben seitens der TAB erhoben und von der ThEGA ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung werden in diesem Bericht vorgestellt.

Im Zuge des Förderprogramms wurden Projekte im Umfang von insgesamt rund 26,5 Mio. Euro Gesamtvolumen bis 2023 unterstützt. Bis 31.12.2022 wurden dabei insgesamt 15 Vorhaben mit insgesamt 32 batterieelektrischen Bussen und dazugehöriger Ladeinfrastruktur bewilligt. Darunter sind drei mit Brennstoffzellen betriebene Busse sowie ein autonom fahrender Bus.

Neben technischen Daten zu Bussen und Ladeinfrastruktur wurde auch die Akzeptanz der Nutzer abgefragt. Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass es eine positive und aufgeschlossene Einstellung gegenüber der Elektromobilität im ÖPNV gibt. Nutzer haben überwiegend positive Erfahrungen mit den E-Bussen gemacht. Nachteile werden laut den Nutzern überwiegend in technischen Problemen an den Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur gesehen.

### 3. Fördergegenstand

Das Thüringer Umweltministerium (TMUEN) fördert seit 2017 in ganz Thüringen erste Projekte mit Elektrobussen im Nahverkehr. Gefördert werden Maßnahmen zur Einführung CO<sub>2</sub>-armer Mobilität - Modellprojekt Elektrobussysteme in Thüringen. Die Förderung wird für modellhafte Verkehrsprojekte gewährt und dient der Entwicklung alternativer technischer Lösungen.

Gefördert werden Investitionen im ÖPNV für folgende Modellvorhaben:

- vorhabenbezogene Ausgaben für Investitionen zum Aufbau einer modellhaften Ladeinfrastruktur für Elektromobilität im ÖPNV. Hierzu gehören insbesondere Ausgaben in den Ausbau der Infrastruktur zum Betrieb von elektrisch angetriebenen Linienbussen einschließlich erforderlicher Oberleitungssysteme,
- vorhabenbezogene Ausgaben für Investitionen zur Umstellung der ÖPNV-Busflotte im städtischen Nahverkehr, insbesondere zum Erwerb neuer Elektrobusse,
- vorhabenbezogene Ausgaben für Erwerb und Ersatzbeschaffung von Batterien bzw. Energieanhängern, um die elektrisch angetriebenen Linienbusse zu betreiben,
- vorhabenbezogene Ausgaben für Modellvorhaben, um CO<sub>2</sub>-armen ÖPNV im ländlichen Raum bzw. für den Bereich Stadt-Umland anzubieten,
- vorhabenbezogene Ausgaben für Investitionen, um Wartung und Reparatur an Elektrobussen in Werkstätten abzusichern.

Förderberechtigt sind Träger der Daseinsvorsorge des ÖPNV nach § 3 Abs. 1 Nr. 2 und Nr. 3 ThürÖPNVG sowie von diesen unter Beachtung der Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 beauftragte Verkehrsunternehmen. Die Höhe der Zuwendung kann bis zu 80 % der zuwendungsfähigen Ausgaben betragen.

## 4. Allgemeine Auswertung und Indikatoren nach Förderrichtlinie

Die erhobenen Nutzerdaten wurden erfasst und in ein Tool überführt. Fehlende oder fehlerhafte Angaben wurden, wenn möglich, durch plausible und nachvollziehbare Daten ergänzt bzw. recherchiert.

### 4.1. Verteilung der Vorhaben

Im Rahmen des Förderprogramms wurden bis Ende 2023 insgesamt **15 Vorhaben mit insgesamt 32 E-Bussen** und dazugehöriger Ladeinfrastruktur bewilligt. Die nachfolgende Karte verortet die Förderungen in Thüringen. Von den 15 bereits geförderten Vorhaben sind insgesamt 9 unterschiedliche Antragsteller (Verkehrsunternehmen) beteiligt.

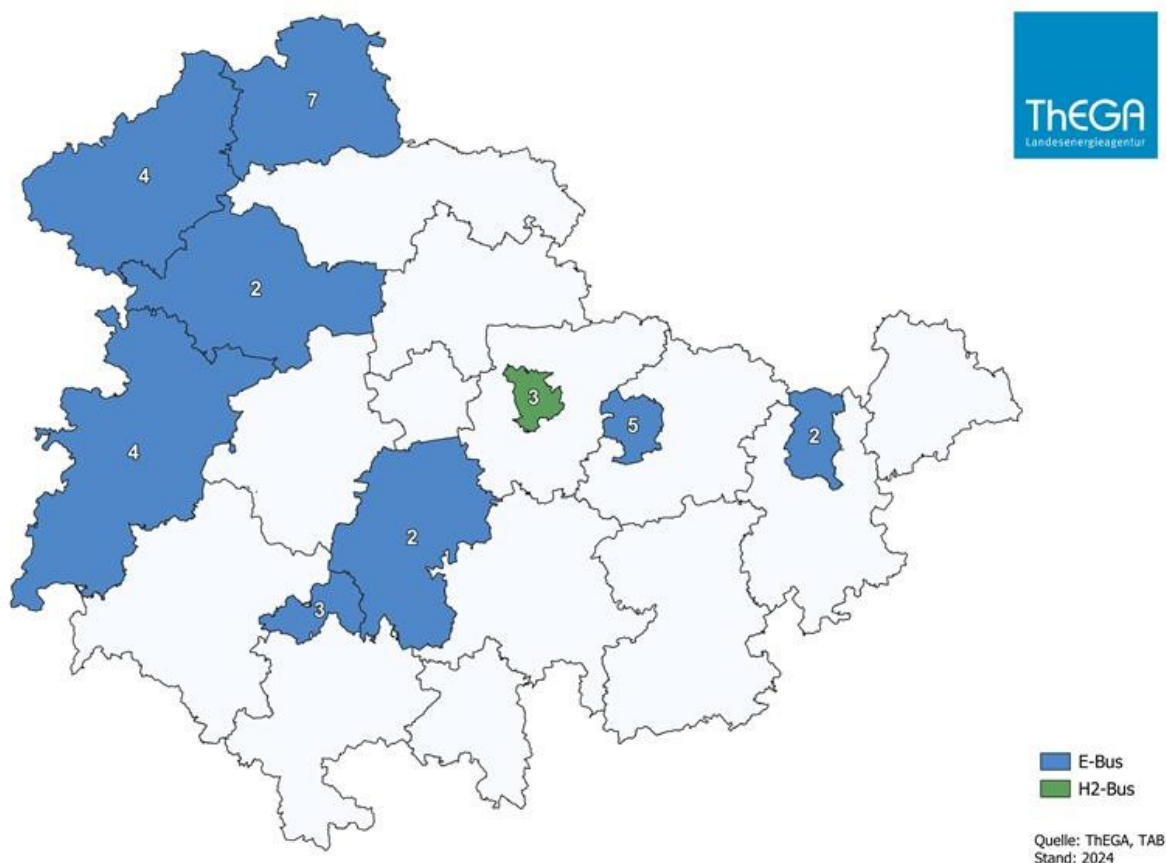


Abbildung 1: Karte geförderter und fahrender E-Busse bis Ende 2023 nach Landkreisen

## 4.2. Einsatz der Fördermittel

Im Zuge des Förderprogramms wurden Projekte im Umfang von insgesamt rund **26,5 Mio. Euro Gesamtvolumen bis 2023** unterstützt. Dabei wurden rund 21,6 Mio. Euro Fördermittel bewilligt und bis Ende 2023 auch ausgezahlt, siehe nachfolgende Grafik. Hierbei ist anzumerken, dass eine Rückzahlung in Höhe von 650.000€ aufgrund von Vergabefehler, Rückzug vom Förderantrag getätigt wurden. Somit beläuft sich die Endsumme zum heutigen Stand auf rund 21 Mio. Euro.

Von den ca. 26,5 Mio. Euro Gesamtvolumen entfallen ca. 17,5 Mio. Euro auf die Anschaffung von E-Bussen, ca. 6,9 Mio. Euro auf die Ladeinfrastruktur sowie 2,1 Mio. Euro auf die Absicherung von Wartung und Reparatur.

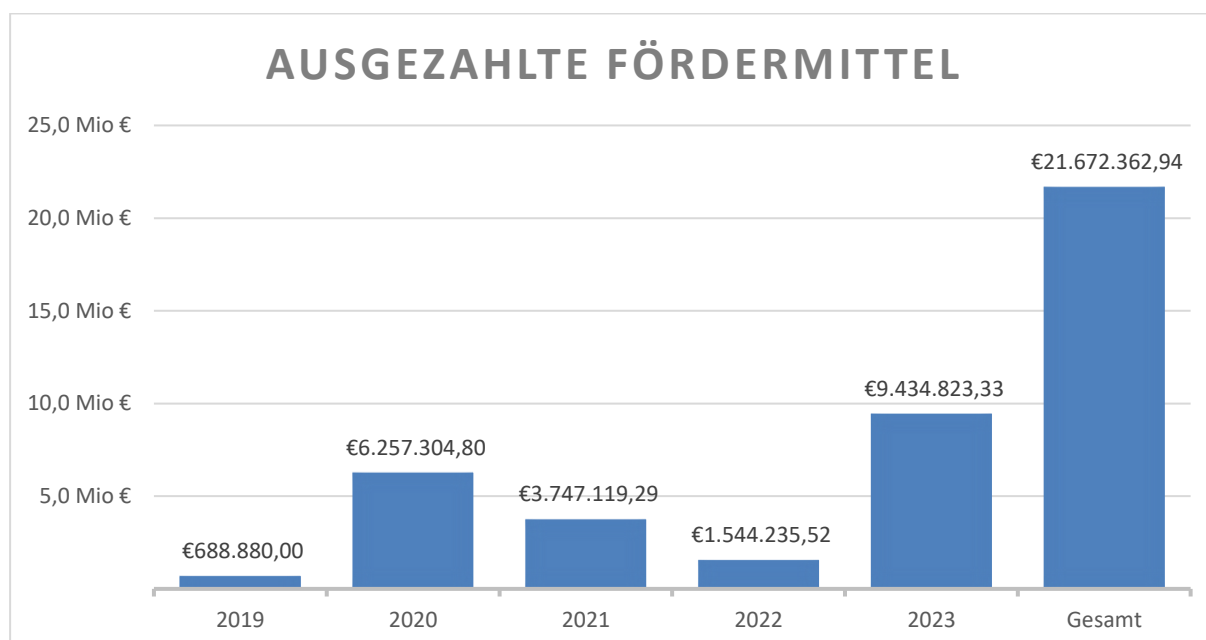


Abbildung 2: Ausgezahlte Fördermittel

## 5. Auswertungen zu den Fahrzeugen

Im Rahmen des Monitorings wurden die Nutzer über die Fahrzeuge insbesondere über die technischen Daten sowie den Fahrbetrieb befragt.

### 5.1. Anzahl E-Busse in Thüringen

Der Thüringer Gesamtbestand der E-Busse ist stetig wachsend, dies zeigt die untenstehende Abbildung Anzahl fahrender E-Busse, welche durch dieses Förderprogramm unterstützt wurden. Zudem gibt es weitere E-Busse über andere Förderprogramme, die allerdings in diesem Diagramm keine Berücksichtigung finden. In den kommenden Jahren ist ein weiterer Markthochlauf zu erwarten.

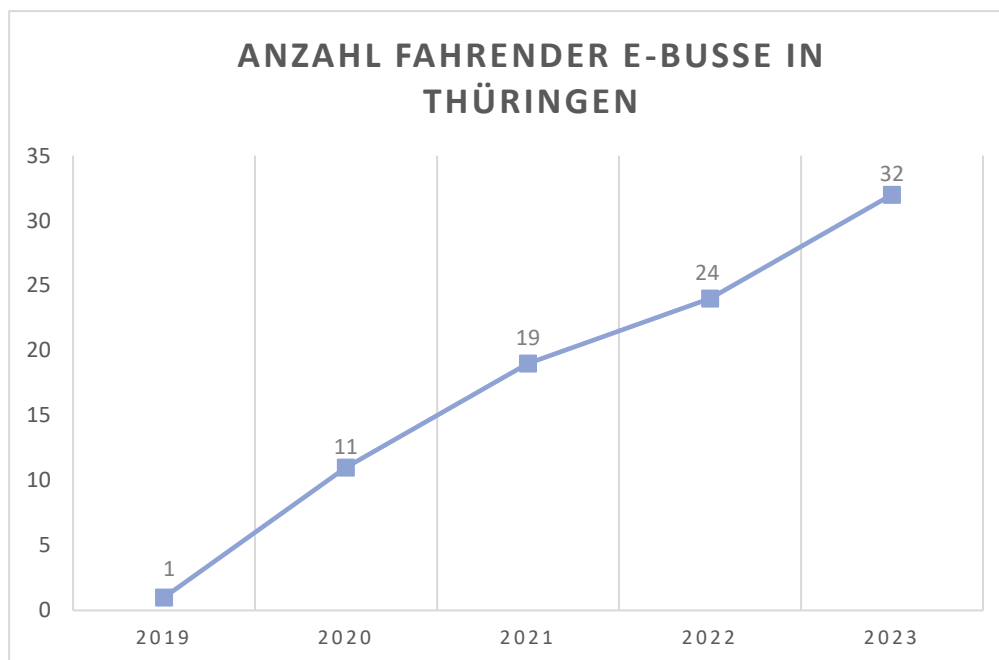


Abbildung 3: Anzahl fahrender E-Busse in Thüringen

## 5.2. Fahrzeugmodelle

In den aktuellen Nutzerdaten wurden **sechs unterschiedliche Fahrzeugmodelle** identifiziert. Diese sind in Tabelle 1 mit weiteren Angaben aufgeführt.

**Tabelle 1: Auflistung der identifizierten Fahrzeugmodelle (in Betrieb 2021)**

| Modell                                 | Herstellerangaben                                                                                                                           | Art           | Anzahl |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|
| <b>EvoBus - eCitaro</b>                | Länge: 12,1 m<br>Batterietyp: Li-NMC<br>Reichweite: 140 km<br>Speicherkapazität 243 kWh<br>Heizung: chemisch<br>Klimaanlage: vollelektrisch | Niederflurbus | 5      |
| <b>SILEO - S12</b>                     | Länge: 12 m<br>Batterietyp: LFP<br>Reichweite: 230 km<br>Speicherkapazität 230 kWh<br>Heizung: chemisch<br>Klimaanlage: vollelektrisch      | Niederflurbus | 7      |
| <b>Ebusco - Typ 01, Variante 11A2L</b> | Länge: 12 m<br>Batterietyp: Li-NMC<br>Reichweite: 250 km<br>Speicherkapazität 262 kWh<br>Heizung/Klimaanlage: vollelektrisch                | Niederflurbus | 4      |
| <b>Solaris - Urbino 12 electric</b>    | Länge: 12m<br>Batterietyp: Li-NMC<br>Reichweite: 244 km<br>Speicherkapazität: 396 kWh<br>Heizung/ Klimaanlage: Hybrid                       | Solobus       | 3      |
| <b>K-Bus</b>                           | Länge: 7 m<br>Batterietyp: Li-NMC<br>Reichweite: 120 km<br>Speicherkapazität 40 kWh<br>Heizung: Hybrid<br>Klimaanlage: vollelektrisch       | Midibus       | 4      |
| <b>MAN Lions City 12E</b>              | Länge: 12 m<br>Batterietyp: Li-Ion<br>Reichweite: 350 km<br>Speicherkapazität: 480 kWh<br>Heizung / Klimaanlage: Chemisch                   | Solobus       | 4      |
| <b>Ligier / EasyMile EZ10 Gen. 3b</b>  | Länge: 4 m<br>Batterietyp: Li-Ion<br>Reichweite: 104 km<br>Speicherkapazität: 38,4 kWh<br>Heizung/Klimaanlage: vollelektrisch               | Kleinbus      | 2      |
| <b>SOLARIS/URBINO 12 HYDROGEN</b>      | Länge: 12 m<br>Antriebsart: Wasserstoff<br>Reichweite: 325 km<br>Speicherkapazität: 37,5 kg                                                 | Solobus       | 3      |

| Modell                              | Herstellerangaben | Art | Anzahl |
|-------------------------------------|-------------------|-----|--------|
| Heizung/Klimaanlage: vollelektrisch |                   |     |        |

### 5.3. Weitere Angaben zu den E-Bussen

Von 2023 15 erfassten Nutzerdaten haben sechs Nutzer die Maßnahme unterjährig begonnen, sodass noch keine vollständigen Jahresdaten liefern. Sie wurden daher bei dieser Datenauswertung nicht berücksichtigt.

Mit den verbleibenden 22 Bussen wurden **in 2023 784.025 km** zurückgelegt. Die dabei eingesparte Dieselmenge beträgt laut Nutzer ca. **405.713 Liter**. Dadurch zeigt sich eine **CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparung von über 800 t CO<sub>2</sub> in 2022**. Der elektrische Energiebedarf der Fahrzeuge lag in Summe bei **953.698 kWh** woraus sich ein durchschnittlicher Verbrauch von rund **120 kWh auf 100 km** errechnet. Dieser Wert lässt jedoch, auf Grund der verschiedenen Fahrzeugtypen keine Rückschlüsse auf den grundsätzlichen Verbrauch der Fahrzeuge zu. Die Fahrgastzahlen belaufen sich gem. den Erfassungsbögen auf etwa **1.175.000 Fahrgäste**. Bezüglich der **Betriebsstunden**, kamen die Fahrzeuge in 2023 auf etwa **31.630 h**. Da jedoch eine Erfassung der geleisteten Betriebsstunden nicht in jedem Unternehmen möglich war, ist diese Zahl nur bedingt belastbar.

Ferner gaben die Nutzer an, wie hoch der **Anteil der E-Busse** am gesamten, nicht schienengebundenen ÖPNV-Fuhrpark ist. In der Regel liegt der Anteil zwischen **3,6 und 14 Prozent, Mittelwert 8,8 %**.

## 6. Detaillierte Auswertungen zur Ladeinfrastruktur

In diesem Kapitel werden die Nutzerdaten zur verwendeten Ladeinfrastruktur detaillierter ausgewertet und die Ergebnisse vorgestellt.

### 6.1. Modelle

In den Nutzerdaten konnten **neun unterschiedliche geförderte Herstellermodelle** für die Ladeinfrastruktur identifiziert werden. Tabelle 2 listet die identifizierten Modelle der geförderten Ladeinfrastruktur im Detail auf.

**Tabelle 2: Auflistung der Modelle der geförderten Ladeinfrastruktur**

|                                         |                                                                       |   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|
| <b>ABB / Terra 54 CJG HV</b>            | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 50 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 4 |
| <b>Bozankaya / Charging Device BCXX</b> | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 25 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 1 |
| <b>Ebusco SFPDC-S120</b>                | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 75 kW<br>Strom: 57,2% Ökostrom  | 2 |
| <b>Ebusco UM-SFPDC-2019-1</b>           | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 75 kW<br>Strom: k.A.            | 2 |
| <b>EEBC / MDCC 22</b>                   | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 22 kW<br>Strom: 66,5% Ökostrom  | 1 |
| <b>EEBC / MDCC 40-800</b>               | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 40 kW<br>Strom: 68,34% Ökostrom | 1 |
| <b>Ekoenergetyka - 290-kW-Charger</b>   | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 250 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom | 1 |
| <b>Heliox/300-kW-Charger</b>            | Ladeart: Pantograph<br>Ladeleistung: 250 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 1 |
| <b>Heliox/50-kW-Charger</b>             | Ladeart: Pantograph                                                   | 1 |

|                                    |                                                                       |   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|
|                                    | Ladeleistung: 50 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom                          |   |
| <b>Heliox/60-kW-Charger</b>        | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 60 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 3 |
| <b>Heliox/Fast DC 40 Mobile</b>    | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 40 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 1 |
| <b>SBRS GmbH / EVA 400-FLEX</b>    | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 120 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom | 6 |
| <b>Schaltbau/EVA400-Depot-76ID</b> | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 76 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 2 |
| <b>Schaltbau/EVA400-SIC-76P</b>    | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 76 kW<br>Strom: 100 % Ökostrom  | 6 |
| <b>Siemens SI Charge 100</b>       | Ladeart: Ladestation<br>Ladeleistung: 100 kW<br>Strom: 100 %          | 3 |

## 6.2. Ladevorgänge

Im Jahr 2023 wurden **16.280 Ladevorgänge durchgeführt**. Die Ladevorgänge werden überwiegend aus 100% Ökostrom gespeist, teilweise auch aus der eigenen PV-Anlage. Die durchschnittliche Ladezeit verringert sich mit zunehmender Ladeleistung. Trotzdem variiert die durchschnittliche Ladezeit sehr stark. Der Durchschnitt liegt bei **4,8 Stunden pro Ladevorgang**.

## 7. Auswertung der Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen der Nutzerdatenerfassung haben die Zuwendungsempfänger Angaben zur Wirtschaftlichkeit insbesondere zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Fahrzeuge gemacht.

### 7.1. Strom- und Instandhaltungskosten

Das Monitoring ergibt, dass die **Stromkosten je 100 gefahrenen Kilometer im Durchschnitt bei den 12m Bussen bei 39,96 € liegen. 2021 waren es noch 28,49 Euro.**

Aufgrund des noch nicht all so weit zurückliegenden Maßnahmenbeginns befanden sich viele Fahrzeuge innerhalb des Garantie- und Gewährleistungszeitraumes. Dadurch konnte manche Nutzer ihre Wartungs- und Reparaturkosten durch Garantieabwicklung zu 100 % abdecken. Für die anderen Nutzer fielen 2023 dennoch Kosten für **Wartung und Reparatur in Höhe von insgesamt 262,337 Euro** an.

### 7.2. Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Fahrzeuge

Die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Fahrzeuge fällt bei den Nutzern unterschiedlich aus.

Die Ladeinfrastruktur funktionierte in vielen Fällen gut. Vereinzelt traten Probleme mit Achsen oder Hochvoltkabeln auf. Genannt wurde auch die langen Lieferzeiten der benötigten Materialien für Bus oder Ladeinfrastruktur. Zu Ausfalltagen führten auch Unfälle sowie geplante Werkstattaufenthalte/ Schulungszwecke. Die Ausfallquote bei den Bussen lag über alle Fahrzeuge **bei 1.009 Tagen**. Betrachtet man ausschließlich die Fahrzeuge, welche die komplette Jahresbilanz angeben konnten (Busse, welche nicht unterjährig ihren Betrieb aufgenommen haben) sind es 688 Tage.

Im Rahmen des Monitorings wurden die Nutzer zudem nach der Akzeptanz, z. B. bei Fahrgästen, Fahrern, Anwohnern und Service-Mitarbeiter befragt. Diese fiel äußerst positiv aus.

*„Bei Fahrgästen gute Resonanz durch lautlose Beförderung, guter Komfort. Bei Fahrern durch die einfache Bedienung und Wegfall der Betriebsstoffe sehr beliebt. Die Reichweiten sind bei Außentemperaturen im Plusbereich realisierbar, im Minusbereich ist Zwischenladen erforderlich.“*

*„Die subjektive Einschätzung der Betriebs-/Projektleitung sieht viele positive Entwicklungen und Tendenzen der Elektrobusse, welche vor der Testphase mit sehr kritischen Vorurteilen belastet war. Von Anwohnern und Fahrgästen haben wir ein durchaus positives Feedback erhalten. Ebenso ist das Feedback der Fahrer überwiegend positiv. Eher schwierig ist die Akzeptanz bei der Instandhaltung durchgedrungen, was eher an den technischen "Kinderkrankheiten" bei Detaillösungen des Herstellers der Fahrzeuge liegt und weniger an den Systemspezifika der Elektrobusse. Dies betrifft z.B. die technische Lösung der Heizlüftung des Fahrerarbeitsplatzes oder die vom Hersteller gewählte schadensanfällige Designkante mit geringer Bodenfreiheit. Elektrobusspezifische Anfangsprobleme resultieren aus pilotprojektbedingten Kommunikationsabstimmungen zwischen Ladegerät und*

*Elektrobus, welche durch Schnittstellenanpassungen und Parametrierungen nach und nach behoben werden sollten. Hinzu kommen fahrzeugherstellerunabhängige Probleme mit der Antriebsachse von ZF, welche hohe Instandsetzungsaufwände entstehen lässt.“*

*„Die E-Busse gehören fest zum Stadtbild. Für die Fahrzeuge wird kein Reservefahrzeug mehr vorgehalten. Wie auch letztes Jahr, sind die Fahrer\*innen zu 90% von dem guten Fahrverhalten, der Leistung und der Klimatisierung begeistert. Die Fahrer\*innen lobten auch die Begeisterung und das Interesse der Fahrgäste. Insgesamt merkt man, dass sich die Fahrer\*innen untereinander vergleichen wollen, was zu einem besseren Fahrverhalten und Verbrauch führt. Die Werkstatt ist über die Einfachheit der Technik erfreut und akzeptieren die Fahrzeuge.“*

Auch bei dem autonomen Bus ist die Akzeptanz in der Bevölkerung und Belegschaft überwiegend positiv. Ebenfalls positiv ist die Resonanz bei den Brennstoffzellenbussen sowohl bei Fahrgästen als auch beim Fahrpersonal. Auch im Service und in der Werkstatt waren laut Nutzer keine größeren Bedenken oder Ablehnung zu spüren.

## 8. Abkürzungen

| Abkürzung | Bedeutung                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------|
| EE        | Erneuerbare Energien                                      |
| kVA       | Kilovoltampere (elektrische Einheit für Scheinleistung)   |
| kW        | Kilowatt (elektrische Einheit für Wirkleistung)           |
| LFP       | Lithium-Eisen-Phosphat                                    |
| Li-NMC    | Lithium-Nickel-Cobalt-Mangan                              |
| LIS       | Ladeinfrastruktur                                         |
| TAB       | Thüringer Aufbaubank                                      |
| TheGA     | Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH             |
| TMUEN     | Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz |
| ZBF       | Zweckbindungsfrist                                        |

## 9. Abbildungsverzeichnis

|                                                                                           |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Abbildung 1: Karte geförderter und fahrender E-Busse bis Ende 2023 nach Landkreisen ..... | 6 |
| Abbildung 2: Ausgezahlte Fördermittel .....                                               | 7 |
| Abbildung 3: Anzahl fahrender E-Busse in Thüringen .....                                  | 8 |

## 10. Tabellenverzeichnis

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Auflistung der identifizierten Fahrzeugmodelle (in Betrieb 2021) ..... | 9  |
| Tabelle 2: Auflistung der Modelle der geförderten Ladeinfrastruktur .....         | 11 |