



VDV-Herbstversammlung Landesgruppe Ost am 08./09. November 2023

Alternative Antriebe im Busbereich – oder: Wie stelle ich einen kompletten Busfuhrpark um ...!?

Erste Erfahrungen der HAVAG mit batteriebetriebenen Elektrobussen und Einblick in eine Machbarkeitsstudie zur Einsatzmöglichkeit von Bussen mit alternativen Antrieben bis 2042

Alternative Antriebe im Busbereich | Einordnung in das Thema Mobilitätswende

Was „treibt uns an“ ...?

Energiewende

- Umstellung fossiler Brennstoffe/ Kraftstoffe auf regenerative Energien
- Energieeffizienzen

Verkehrswende

- Angebotserweiterungen
- Qualitätsausbau
- OnDemand-Verkehre
- Multimodalität
- Autonomes Fahren

Antriebswende

- Umstellung Fuhrpark auf saubere + emissionsfreie Antriebstechnologien (CVD) → Beschaffungsquoten 2030
- Reduktion CO2-Flottengrenzwerte 2030 (EU-Gesetzgebung in Verhandlungen) → Fahrzeughersteller
- Euro VII-Norm – strengere Emissionsgrenzwerte für Busse (2027-2030)?

Mobilitätswende

öDA + NVP

- Qualitätsvorgaben
- Grundfinanzierung

Was „fordert uns heraus“ ...?

Finanzierung

- Stark gestiegener öDA-Ausgleichsbedarf
- Hoher Investitionsbedarf
- Verlustausgleich Deutschlandticket

Bund: „Ausbau- und Modernisierungspakt“

- Einlösung eines Auftrages aus dem Koalitionsvertrag 2021 – 2025 der Bundesregierung → „Wir wollen Länder und Kommunen in die Lage versetzen, Attraktivität und Kapazitäten des ÖPNV zu verbessern. Ziel ist, die Fahrgastzahlen des öffentl. Verkehrs deutlich zu steigern ... Bund, Länder und Kommunen wollen sich über Finanzierung bis 2030 verständigen ...“

Rechtsrahmen und zusätzliche Regularien

- CleanVehiclesDirective (CVD)
- Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG)
- Unternehmens-Nachhaltigkeits-Berichterstattung (CSRD)

Alternative Antriebe im Busbereich | Die ersten batteriebetriebenen Elektrobusse | **Das Vorhaben (vor CVD)**

- **Machbarkeitsstudie** NASA „Untersuchung zur Einführung elektrisch betriebener Linienbusse in Sachsen – Anhalt“ im Auftrag des Landes Sachsen-Anhalt → VCDB, Endbericht Juni 2016
 - Ziel: Beurteilung verkehrlicher, technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Bedingungen in Vorbereitung verschiedener Umsetzungskonzepte im Land Sachsen-Anhalt
- **Umsetzungsstudie** NASA „Umsetzungsplanung zur Einführung elektrisch angetriebener Linienbusse bei der HAVAG“ im Auftrag des Landes Sachsen-Anhalt → VCDB, Abschlussbericht Januar 2019
 - Ziel: Konkretisierung der Ergebnisse, um HAVAG und Aufgabenträger in die Lage zu versetzen, über Realisierung des Elektrobusprojektes zu entscheiden
- **Förderantrag** HAVAG → Landesförderprogramm LSA „Förderung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben für den ÖPNV aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)“
- **Fördermittelbewilligung** durch Landesverwaltungsamt → 19. Dezember 2019
- Erarbeitung **Lastenheft** mit externer Unterstützung Fa. BLIC (Fahrzeuge plus Infrastruktur)
- Vorbereitung und Durchführung **Ausschreibungsverfahren**
- Vertrag zur **Lieferung von 3 Fahrzeugen** (inkl. Lade-Infrastruktur und Lademanagement sowie Schulungen) → 08. September 2021 (Fa. EVOBus → DaimlerBusses)
- **Errichtung Ladeinfrastruktur** Betriebshof Freimfelder Str. (Depotladung mit Lademanagement / Fa. IVU Traffic Technologies) und Straßenbahndiensthaltestelle Kröllwitz (Gelegenheitsladung)
- Erstzulassung 01. Juni 2022; **Inbetriebnahme und Linieneinsatz seit 27. Juni 2022**
- Einsatz vorzugsweise auf Linie 21 (Am Bruchsee ↔ Kröllwitz)



Alternative Antriebe im Busbereich | Die ersten batteriebetriebenen Elektrobusse | Die Projektdaten

E-Busse	1.944.000 €
Ladeinfrastruktur	1.123.791 €
Projektbegleitung	262.741 €
Gesamtprojektkosten	3.330.532 €
Fördermittel durch das Land Sachsen-Anhalt (EFRE)	1.864.414 €
Landesmittel (NASA) für Planung, Projektsteuerung	207.261 €
Stadt für Planung, Projektsteuerung, Ladeinfrastruktur	309.345 €
Eigenmittel HAVAG (davon ca. 750.000 € „Ohnehin-Kosten“ für 3 Dieselsebusse)	949.512 €
Gesamtfinanzierung	3.330.532 €



Wesentliche Fahrzeugmerkmale	
Hersteller	EvoBus GmbH (seit 12.07.2023 Daimler Buses GmbH)
Antriebsart/ Heizungsart	Elektrisch (Batterie)/ Diesel
Reichweite lt. Herst. /Praxis	250 km/230 km
Batterietechnologie	Li-NMC (inkl. Wechselbatterien)
Kühlkonzept mit Wasser	Kühl- und Heizplatten

Merkmale Ladeinfrastruktur	
Hersteller	Ekoenergetyka
Bauart	Pantograph (auf Fahrzeug) Zwischenladung + Stecker Betriebshof
Funktionsweise Ladesystem	Lademanagement (max. Akkuleistung + Fahrzeugdisposition)
Max. Ladekapazität	je 300 kW

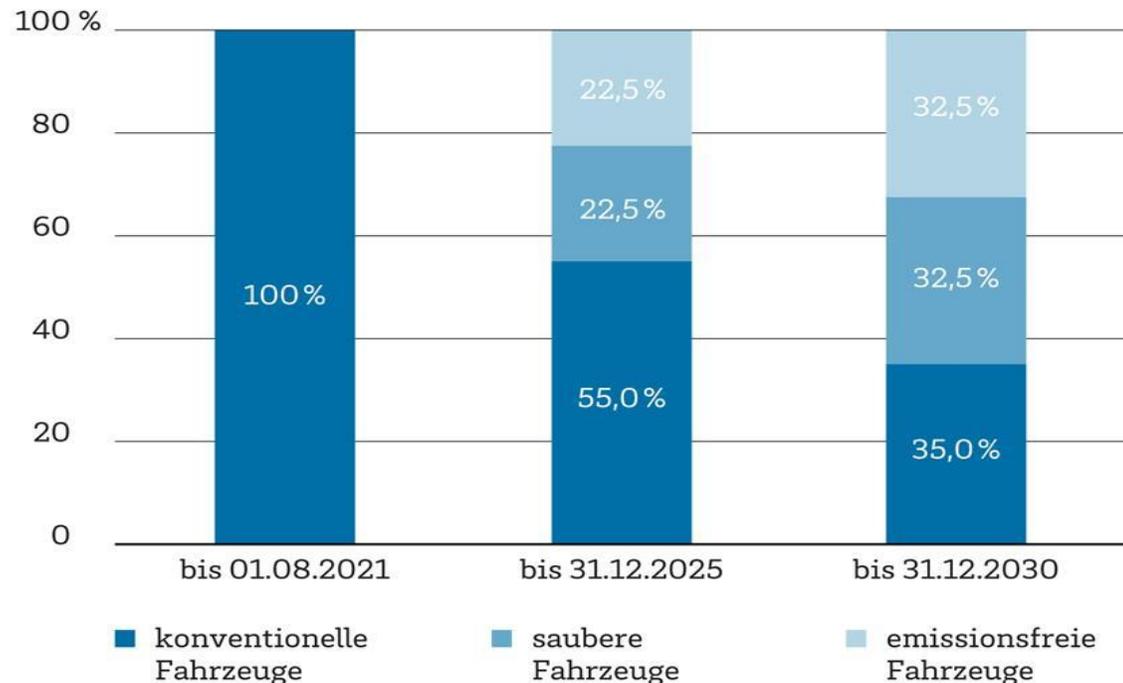
- **Betriebsablauf**
 - keine expliziten Anpassungen von Fahrplänen, Wendezeiten etc.
- **Besonderheiten und Umstellungen in der Werkstatt**
 - aktuell noch Vollservice-Paket mit Daimler Busses (Regiewerkstatt Zwenkau)
 - Werkstattneubau 2026 geplant (ab 2027 Umstellung des KOM-Fuhrpark auf Batteriebusse)
 - aktueller Schulungsaufwand + Zertifikate
 - Hochvoltsensibilisierung für alle Werkstattmitarbeiter*innen
 - Herstellerspezifische Schulungen (Fachmodule) als Voraussetzung zur Bestellung von Elektrofachkräften
- **Brandschutzanforderungen/ Anforderung Versicherer**
 - Bereitstellung einer separaten „Havariefläche“ für schadhafte Fahrzeuge
 - Lade-/ Abstellplätze der E-Busse im Betriebshof von Abstellung der Diesel-KOM räumlich getrennt
 - Ausreichende Abstände zu sonstiger Bebauung (Werkstatt, Abstellhalle STRAB) auf dem Betriebshof

- **Projektorganisation**
 - externe Unterstützung/ Berater sehr sinnvoll
 - sollte gleichermaßen Fahrzeugtechnik- und Infrastruktur „beherrschen“
 - Kenntnisse über Lademanagement-Systeme sind äußerst wichtig
- **Hersteller/ Lieferant**
 - Ladeinfrastruktur und -management nicht bei Buslieferanten mitbestellen (aber möglich)
- **Fahrgast-Reflexionen**
 - Grundsätzlich positive Resonanz (insb. auch wegen Klimaanlage für den Fahrgastraum)
- **Meinungen der BusfahrerInnen**
 - Positive Rückmeldungen (Challenge „Energieverbrauch“)
- **Besondere Anmerkung**
 - Trotz „Katastrophen“, Krieg und Krisen wurde auf den Tag fristgerecht geliefert

Alternative Antriebe im Busbereich | Gesetzliche Rahmenbedingungen (EU)

EU-Recht

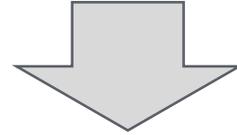
Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2019/1161 vom **20. Juni 2019** zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge sowie zur Änderung vergaberechtlicher Vorschriften = **Clean Vehicle Directive (CVD)**



Aktuelle Diskussion:
EU-Gesetzesentwurf vom 14. Februar 2023 zu CO₂-Flottengrenzwerten
→ 2030 = 100 % lokal emissionsfreie Stadtbusse (evtl. 85 % ab 2030, 100 % ab 2035)

-
VDV-Position:
Verschiebung Zielvorgabe für Stadtbusse um 5 Jahre = 2035

Alternative Antriebe im Busbereich | Gesetzliche Rahmenbedingungen und Förderung (Deutschland)



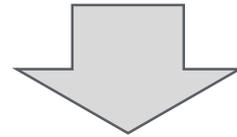
Nationales Recht

Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (**SaubFahrzeugBeschG**) vom 9. Juni 2021 = **Umsetzung der EU-Vorgaben** → **Schaffung von verbindlichen Mindestzielen für die Beschaffung von emissionsarmen und -freien Pkw sowie leichten und schweren Nutzfahrzeugen = gültig seit 2. August 2021**



Förderung Bund

Dem **Erstaufruf** zur „Förderung alternativer Antriebe von Bussen im Personenverkehr“ **BMDV-Richtlinie vom 7. September 2021** folgten **weitere Förderaufrufe des Bundes** zur Unterstützung der Marktaktivierung und des Markthochlaufs von Bussen mit klimafreundlichen, alternativen Antrieben im Personenverkehr. Auch **Förderung der Erstellung von Machbarkeitsstudien** zur Entwicklung nachhaltiger Konzepte, welche die Beschaffung, den Einsatz und den Betrieb von Bussen mit elektrischen Antrieben auf Basis der Batterie- und Brennstoffzellentechnologie beschreiben → Förderung der Studie durch den Bund in Höhe von 50 %



1. Förderaufruf - 2021

- Anschaffung von 3.174 Bussen
- Lade-/Tankinfrastrukturen
- Machbarkeitsstudien

2. Förderaufruf - April 2022

- Anschaffung von 1.049 Bussen



3. Förderaufruf - Juni 2023 (Abgabe 10. September 2023)
vrsl. ca. 1.000 Busse



Förderung von:

- bis zu **40 %** der Investitionsvollkosten für die zum Betrieb notwendige, nicht öffentliche Infrastruktur



Förderung von:

- bis zu **80 %** der Investitionsmehrkosten zur Dieselreferenz für Batterie-, Brennstoffzellen- und Batterieoberleitungsbusse
- bis zu **40%** Investitionsmehrkosten zur Dieselreferenz für Biogas-Busse



Förderung von:

- bis zu **50 %** für die Erstellung von Studien und Analysen zu den Einsatzmöglichkeiten von Bussen mit alternativen Antrieben

Förderstand

2021/22 (lt. VDV):

- 5.220 Busse (BMDV)
- 1.350 Busse (Länder)

→ **Summe:**

6.570 Busse

davon:

- Berlin = 500
- BB = 99
- ST = 0

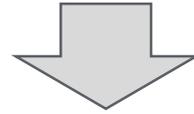
vrsl. Förderstand 2023 (lt. VDV):

- 1.000 Busse (BMDV)
- 7 Bescheide, ca. 100 Absagen

Fördererwartung 2024 (lt. VDV):
Mittelkürzung im Bundeshaushalt

Alternative Antriebe im Busbereich | **Machbarkeitsstudie HAVAG**

23. November 2021 → **Antrag zur Förderung von Machbarkeitsstudien** zur Einsatzmöglichkeit von Bussen mit emissionsfreien Antrieben
→ **Antrag bewilligt** → **Förderung durch Bund und Land Sachsen-Anhalt**



Ziele der Studie:

- Prüfung und gutachterliche Bewertung der Fahrzeugbeschaffungsstrategie auf die betriebliche und wirtschaftlich machbare Umsetzbarkeit in Anlehnung an das SaubFahrzeugBeschG (ohne aktuelle Beschaffungsverpflichtung)
- Perspektive, wie zukünftig mit emissionsarmen öffentlichen Verkehrsangeboten die Mobilität in der Stadt Halle (Saale) umweltschonend unterstützt werden kann



Gefördert durch:

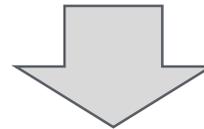


Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Koordiniert durch:



Umgesetzt durch:



Auftragsvergabe März 2023 an Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI, Dresden

→ Fertigstellung Machbarkeitsstudie: **November 2023**

→ Studie maßgeblich für weiteres Busbeschaffungsprogramm und Fuhrparkstrategie der HAVAG ab 2026 bis 2042

Alternative Antriebe im Busbereich | Machbarkeitsstudie | **Aktueller Busfuhrpark**

Bisheriges Fahrzeugkonzept → Sukzessiver Ersatz alter Dieselsebusse nach 12 Jahren Einsatzzeit (ca. 1 Mio. km/Fzg.) durch neue Dieselsebusse

Busbestand
aktuell



MB O 530 Citaro 2
30 Solobusse, 11 Gelenkbusse
Alle Euro 6 - Norm
Bj. 2014 bis 2023



3 Batteriebetriebene
Elektrobusse (EvoBus)
Bj. 2022

Ersatzinvestitionen nach Fahrzeugkonzept
und aktueller Wirtschaftsplanung

Jahr	Anzahl zu ersetzender Busse (Diesel)	
	Solo	Gelenk
2024	0	
2025	0	
2026	6	
2027	9 *	2 *
2028	6	
2029	6	
2030	2	2

* Enthält zusätzliche Fahrzeuge bei Übernahme von Subunternehmerleistungen

Quelle:
IVI Machbarkeitsstudie für
HAVAG/ Stand: 23.10.2023

Darstellung von Möglichkeiten und Herleitung einer gutachterlichen Empfehlung für den Einsatz von Batterie- und Brennstoffzellenbussen im Liniennetz der HAVAG

Betrachtung von:

- Batteriebusen mit verschiedenen Heizungsvarianten und Ladestrategien
- Brennstoffzellenbusse
- Zugehörige Lade- bzw. Tankinfrastruktur
- Ausrüstung des Betriebshofs
- Personalschulungen
- Wirtschaftliche Aspekte
- Umweltwirkungen

Quelle:
IVI Machbarkeitsstudie für
HAVAG/ Stand: 23.10.2023

Grundprämissen (Auswahl)

- Abbildung einer **EINMALIGEN** Gesamtumstellung (keine Ersatzbeschaffung bereits umgestellter Fahrzeuge)
- Ersatz von Fahrzeugen aus Alters- oder anderen fahrzeugseitigen Gründen durch emissionsfreie Busse
→ Umstellung lt. Fahrzeugbeschaffungsstrategie der HAVAG (i. d. R. Fahrzeugeinsatzzeit von 12 Jahren)
- Keine Wandlung von bereits vertraglich fest vereinbarten Diesellieferungen für die Jahre 2026 bis 2030 in emissionsfreie Busse, Optionen hingegen schon
- Einsatz der Busse lt. Umlaufpläne der HAVAG (Reichweite)
→ möglichst Beibehaltung des aktuellen Linien-/Einsatz- und Betriebskonzeptes

Alternative Antriebe im Busbereich | Machbarkeitsstudie | Beschaffungs-/Umstellungsempfehlung

Vollständige Fuhrparkumstellung auf emissionsfreie Stadtbuse inklusive der Subunternehmerleistungen

- für HAVAG vorzugsweise Batteriebusse, keine Brennstoffzellentechnologie*
- Umstellung über einen Zeitraum von 16 Jahren = 2026 und 2042 (Ersatz von bis zu 46 Busse)
= Maximale Ausnutzung des Umstellungszeitraums, bei Restbestellung von Dieseln

	Neubeschaffung		davon emissionsfrei		Aufwuchs emissionsfrei	
	SL	SG	SL	SG	SL	SG
2026	6	0	0	0	3	0
2027	6+3*	2*	8	0	11	0
2028	6	0	4	0	15	0
2029	6	0	4	0	19	0
2030	2	2	2	2	21	2
2031	0	0	0	0	21	2
2032	0	0	0	0	21	2
2033	0	2	0	2	21	4
2034	3	7	3*	7	21	11
2035	0	0	0	0	21	11
2036	0	0	0	0	21	11
2037	0	0	0	0	21	11
2038	6	0	6	0	27	11
2039	6+3*	2*	6+3*	2*	28	13
2040	6	0	6	0	30	13
2041	6	0	6	0	32	13
2042	2	2	2	2	32	14

*** Gutachterliche Empfehlung an HAVAG
→ keine Brennstoffzellenbusse**

- Komplexere Antriebstechnologie (Mehraufwendungen, nachhaltig)
- Angebot Brennstoffzellenbusse sehr gering → höherer Beschaffungspreis
- Umstellungskosten größer als bei Batteriebussen
- Keine Platzreserven für Wasserstoff-Tankinfrastruktur auf Betriebshof
- Bediengebiet ohne Wasserstoff-Drittbetankung → hohe Lieferkosten

*zusätzliche Fahrzeuge bei Berücksichtigung von Subunternehmerleistungen

* erste Ersatzbeschaffung 3 Elektrobusse aus 2022

Quelle:
IVI Machbarkeitsstudie für
HAVAG/ Stand: 23.10.2023

Alternative Antriebe im Busbereich | Machbarkeitsstudie | Investitionen & Maßnahmen (1)

Investitionskosten Elektrobusse mit Batteriebetrieb und Hybridheizung, Preisstand 2023
 (absolut, ohne Förderung, ohne Abzug der ohnehin schon geplanten Investitionskosten für Dieselbusse)

Zeithorizont	Minibusse	Midibusse	Solobusse	Gelenkbusse	Bestand emissionsfreie Fahrzeuge
2026 – 2029	-	2	16 + 3	-	- / 2 / 19 / -
2030 – 2035	4	-	3	11	4 / 2 / 19 / 12
2036 – 2041	2	-	11	2	6 / 2 / 32 / 14

Tabelle 5-3: Zuordnung von Ersatzbeschaffungen mit emissionsfreien Antrieben zu Zeithorizonten

		Minibusse	Midibusse	Solobusse	Gelenkbusse
Anzahl		6	2	32	14
Fahrzeuge	Stückpreis	270.000 €	400.000 €	600.000 €	730.000 €
	gesamt	1,62 Mio. €	0,8 Mio. €	19,2 Mio. €	10,22 Mio. €
Ersatzbatterien	Stückpreis	70.000 €	100.000 €	150.000 €	180.000 €
	gesamt	0,42 Mio. €	0,2 Mio. €	4,8 Mio. €	2,52 Mio. €
Gesamt		2,04 Mio. €	1,0 Mio. €	24,0 Mio. €	12,74 Mio. €

Tabelle 5-4: Investitionskosten für Batteriebusse inkl. Ersatzbatterien (Preisstand 2023)

Midi- und Minibusse = Subunternehmerleistungen

ca. 37 Mio. €
 (absolut, ohne Förderung)
 (SL + SG)
 (Investitionsanteil,
 ohnehin für Dieselbusse
 = 13,5 Mio. €)

Geplante Förderquote = 80 %
 der Investitionsmehrkosten zur
 Dieselreferenz für
 Batteriebusse

Quelle:
 IVI Machbarkeitsstudie für
 HAVAG/ Stand: 23.10.2023

Alternative Antriebe im Busbereich | Machbarkeitsstudie | Investitionen & Maßnahmen (2)

Quelle:
IVI Machbarkeitsstudie für
HAVAG/ Stand: 23.10.2023

Beachtung besonderer Herausforderungen in Bezug auf Abstellung der Busse (Ladung, Instandhaltung, Brandschutz):

- Errichtung von Ladeinfrastruktur (Depotladung + 5 Ladestationen an Endhaltestellen Tram)
- Vorhandene Abstellflächen anpassen (Brandabschnitte vergrößern, Brandschutzanforderungen)
- Werkstattausrüstung
- Schulung Werkstatt und Fahrpersonal

ca. 5 Mio. €
(absolut, ohne
Förderung)

Geplante Förderquote = 40 % der Investitions-
vollkosten für die zum Betrieb notwendige
Infrastruktur (z. B. Ladeinfrastruktur,
Werkstattausrüstung und Schulungen)

Quelle: HAVAG,
Kostenschätzung

Beachtung weiterer Herausforderungen zur Abstellung, Wartung und Reparatur der Elektro-Busse

- Aktuelle Werkstatt für Batteriebusse nicht geeignet → Neubau Elektrobuss-Werkstatt erforderlich!
- Erweiterung Abstellflächen für E-Bus-Abstellungen (kleinteilige Brandabschnitte herstellen) + energetisch günstige Platzierung Transformatoren + normgerechte Quarantänefläche + Optionsflächen für weitere Busse
- Folge: Betriebshofnaher Flächenankauf notwendig → Erweiterungsfläche (auch für zukünftige Umstellung Nutzfahrzeugflotte auf Elektromobilität - CVD)

ca. 13 Mio. €
(absolut)

Aktuelle ohne Förderung der Investitionskosten für
weitere Infrastrukturinvestitionen (z. B.
Flächenerweiterungen, Werkstattneubau ...)

Was wir jetzt brauchen:

- Positive Einstellung und regionale Branchenakzeptanz zum Thema
 - Sachsen-Anhalt, Brandenburg und andere BL werden durch die CVD-Branchenvereinbarung bis 2025 getragen
 - CO2-Flottengrenzwert: sehr wahrscheinlich ab 2030 nur noch lokal emissionsfreie Stadtbusse
- Weiterführende Unterstützung des Bundes → Fördermittelbereitstellung (weiterführende Förderaufrufe bei hohen Förderquoten und ausreichendem Budget durch BMDV) → Festlegung im Klimaschutzprogramm 2030 und Konjunkturpaket = „... Flottenaustausch und den Markthochlauf von alternativ betriebenen Bussen unterstützen ...“
- Aktive Beteiligung der VU, an der vom Land Sachsen-Anhalt beauftragten Machbarkeitsstudie zu Alternativen Antrieben (Ziel: mögliche Fördermittelbereitstellung durch MID)
- Beratung, Bewusstseinsbildung und Beschlüsse in Gremien → Klimaschutz versus Finanzierung
- Größere Dynamik in organisatorischen, planerischen und finanziellen Belangen
- „Preisnormalisierung“ am Hersteller-Markt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Vinzenz Schwarz
Vorstand

Hallesche Verkehrs-AG
Freimfelder Str. 74
06112 Halle (Saale)

vinzenz.schwarz@havag.com

