

Projektabschluss Buffered HLL

Teilvorhaben: Erprobung auf
Praxistauglichkeit im
Normalverkehr

Martin Wißmüller

19.11.2024



Gefördert durch:

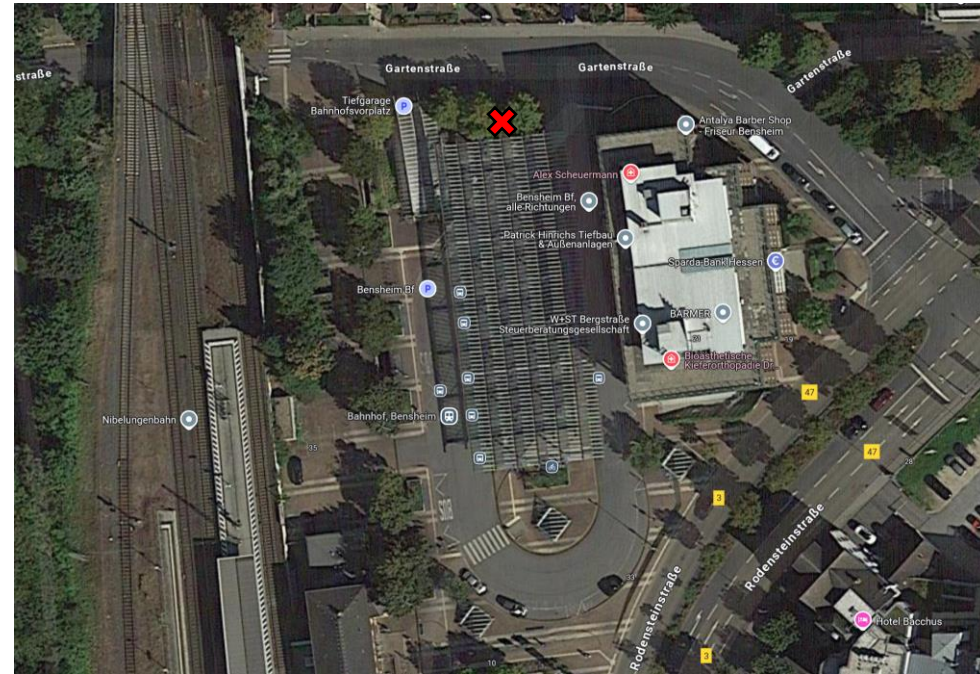
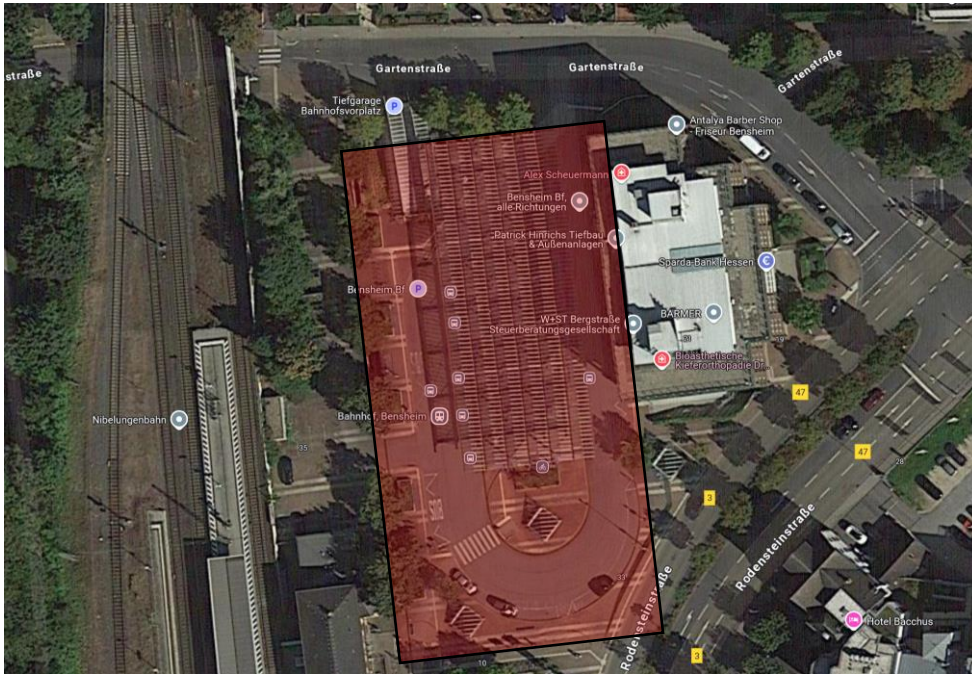


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

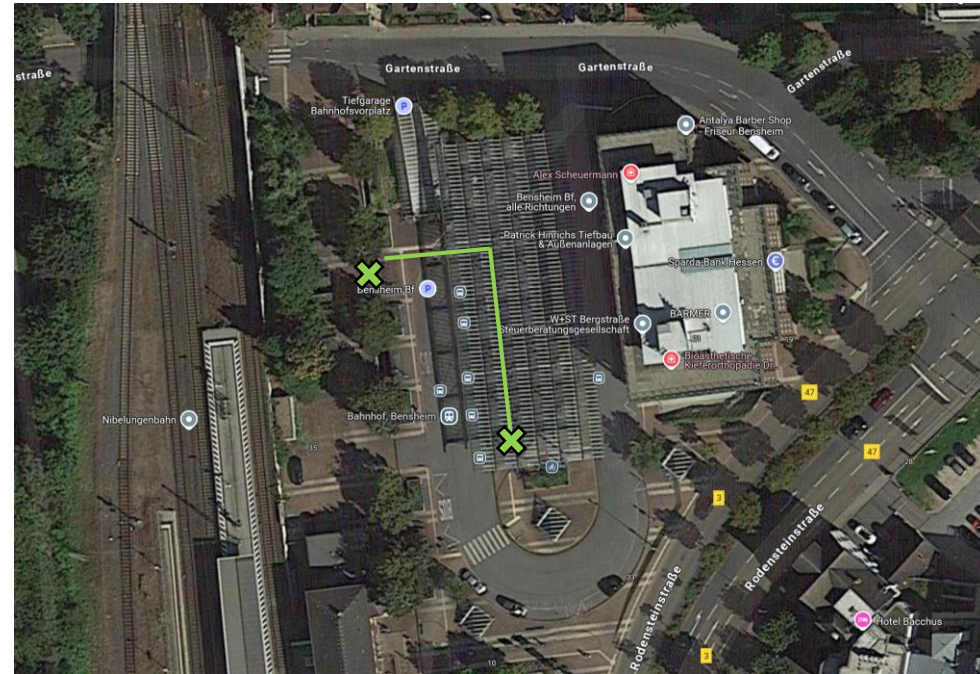
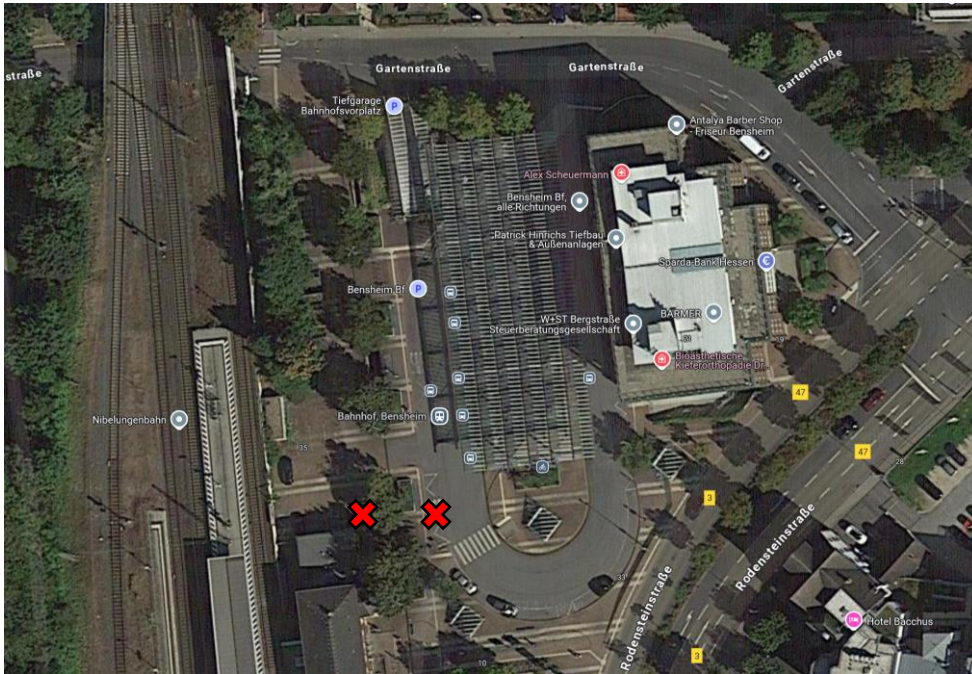
VG

Standortentscheidung



VGG

Standortentscheidung



VGG



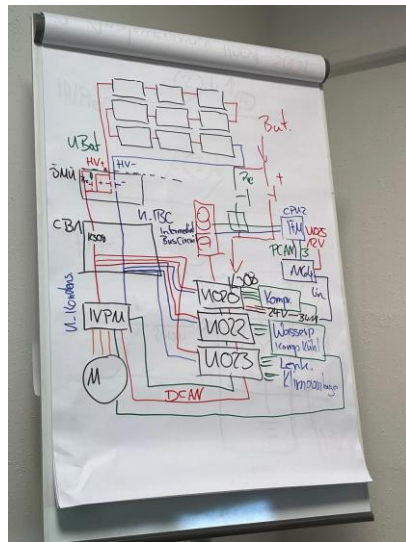
VGG



Beschaffung des Fahrzeugs 30.06.2022



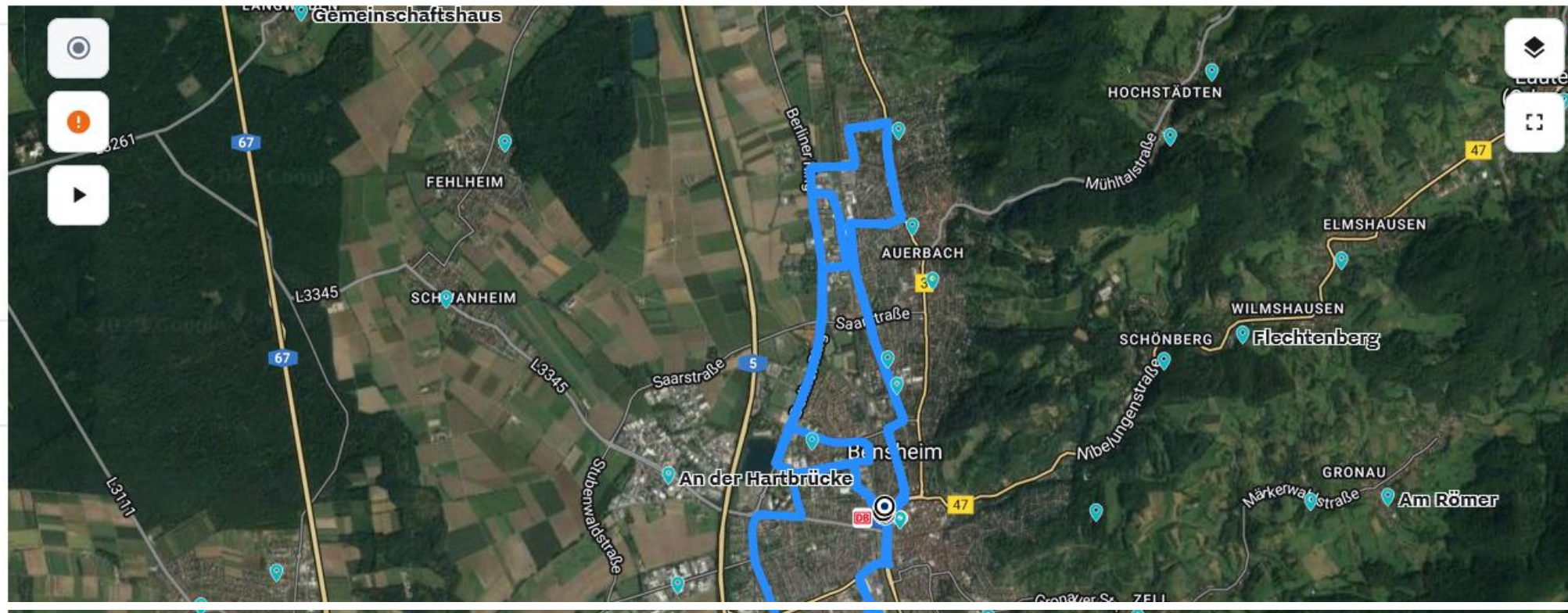
VGG



Schulung des Personals



VGG



Einsatz Frühdienst (112,4 km) Start 97% Ende 28% - Winter





17.000 Test-Km ohne Schnellladestation
Okt 2022 – Aug 2023

VGAG

Alle Fahrer werden angezeigt ▾

Tankfüllstand ▾



13. Juni 00:00 → 13. Juni 23:59



18.0%

00 AM

6:00 AM

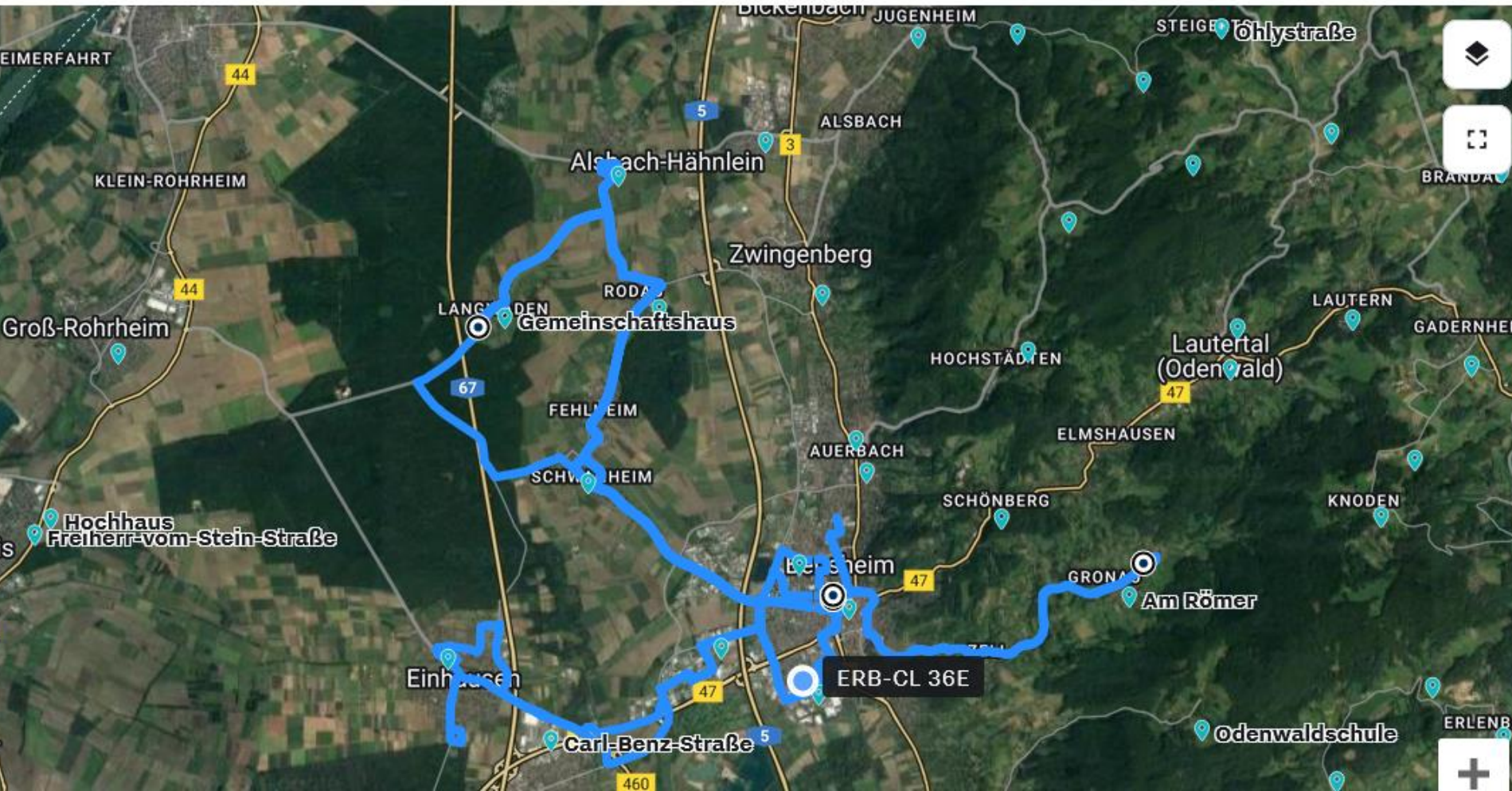
9:00 AM

12:00

13. Juni 2023 14:04 CEST

6:00 PM

9:00 PM

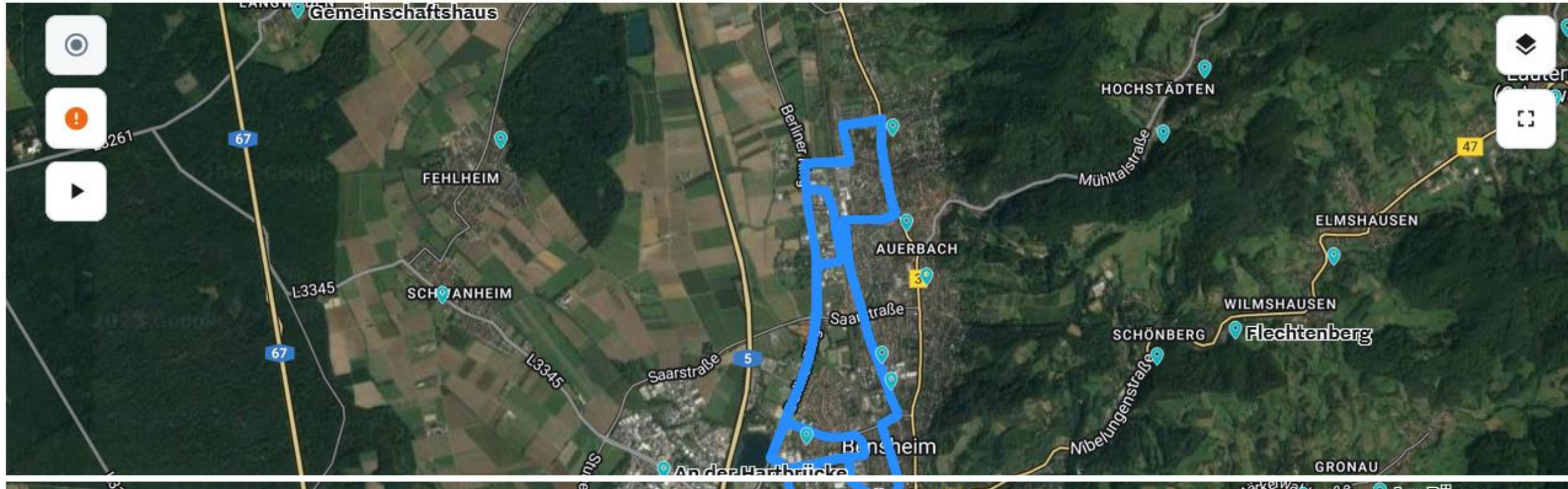
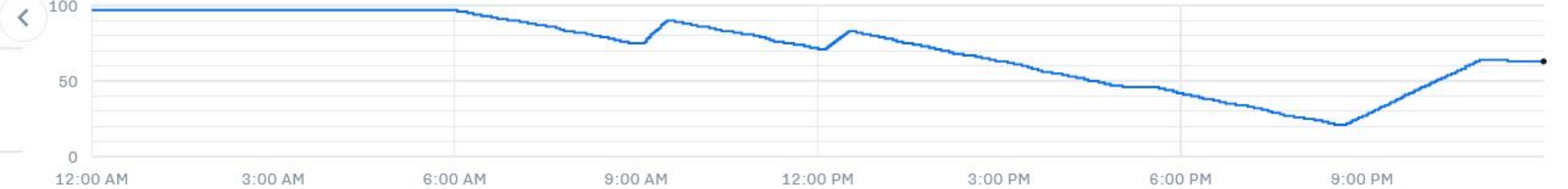


Einsatz Überland
ohne Zwischenladung

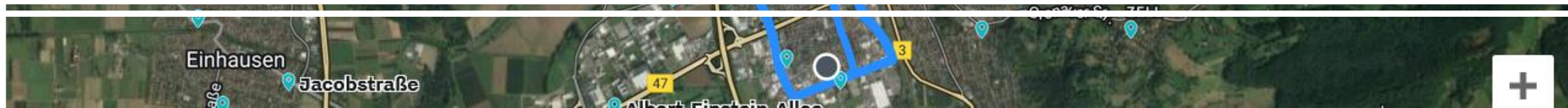
- Start 100%
- Ende 18%
- Km 169,1

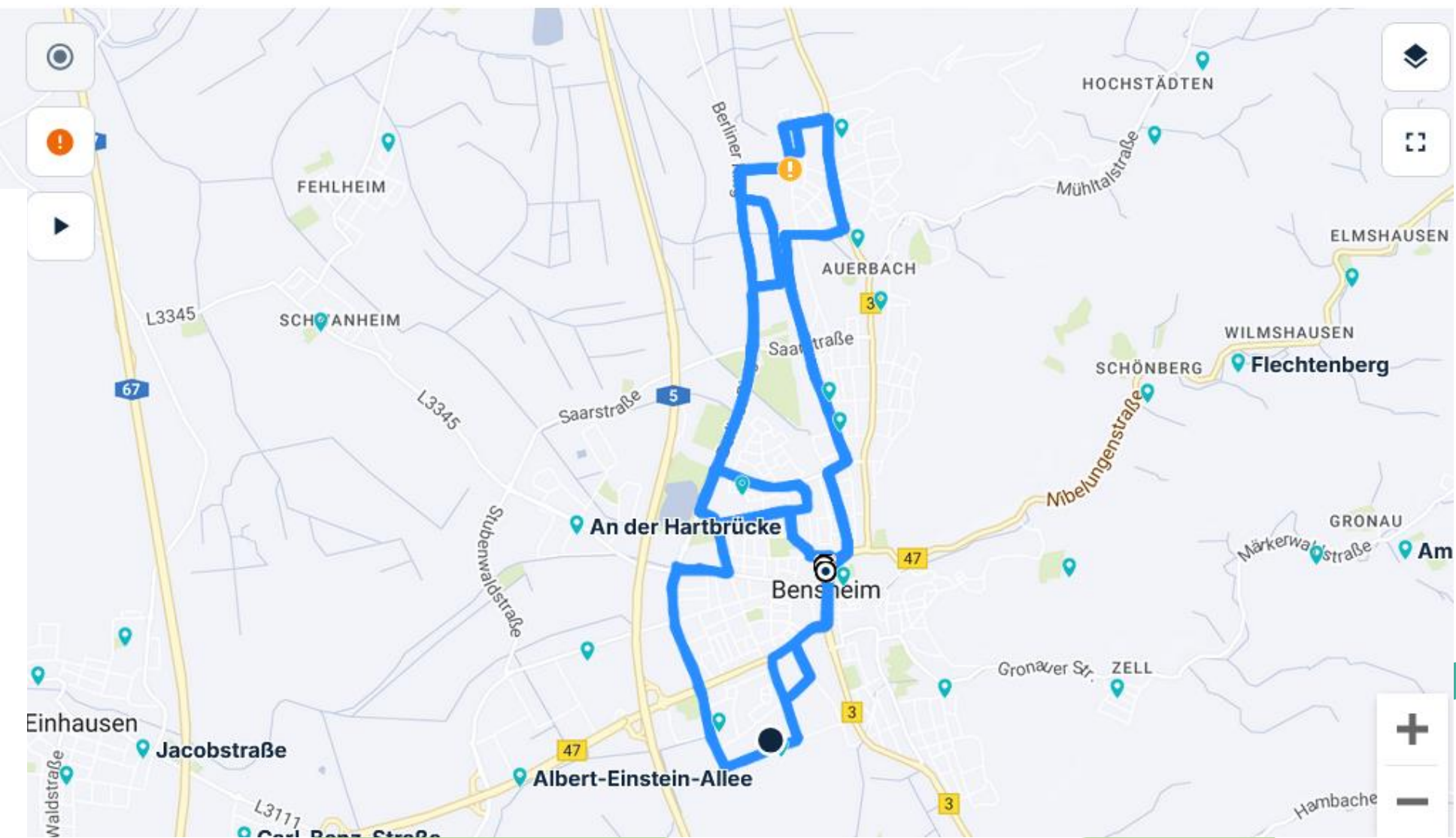
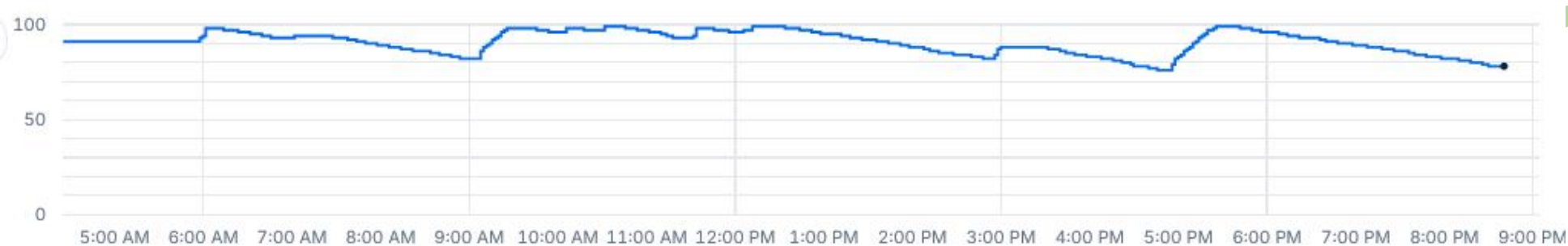
Theoretische
Maximalreichweite
153,6 km bei 0,75
kWh/km

VGG



Einsatz Tagesumlauf (219,9 km) Start 97% Ende 21%





Einsatz mit
Zwischenladung
11.10.2024

- Start 91%
- Ende 78%
- Km 218,5
- Ladung ca. 80 kWh

- Ziel 7-12 Ladungen
pro Tag mit max. 100
kWh

VGG

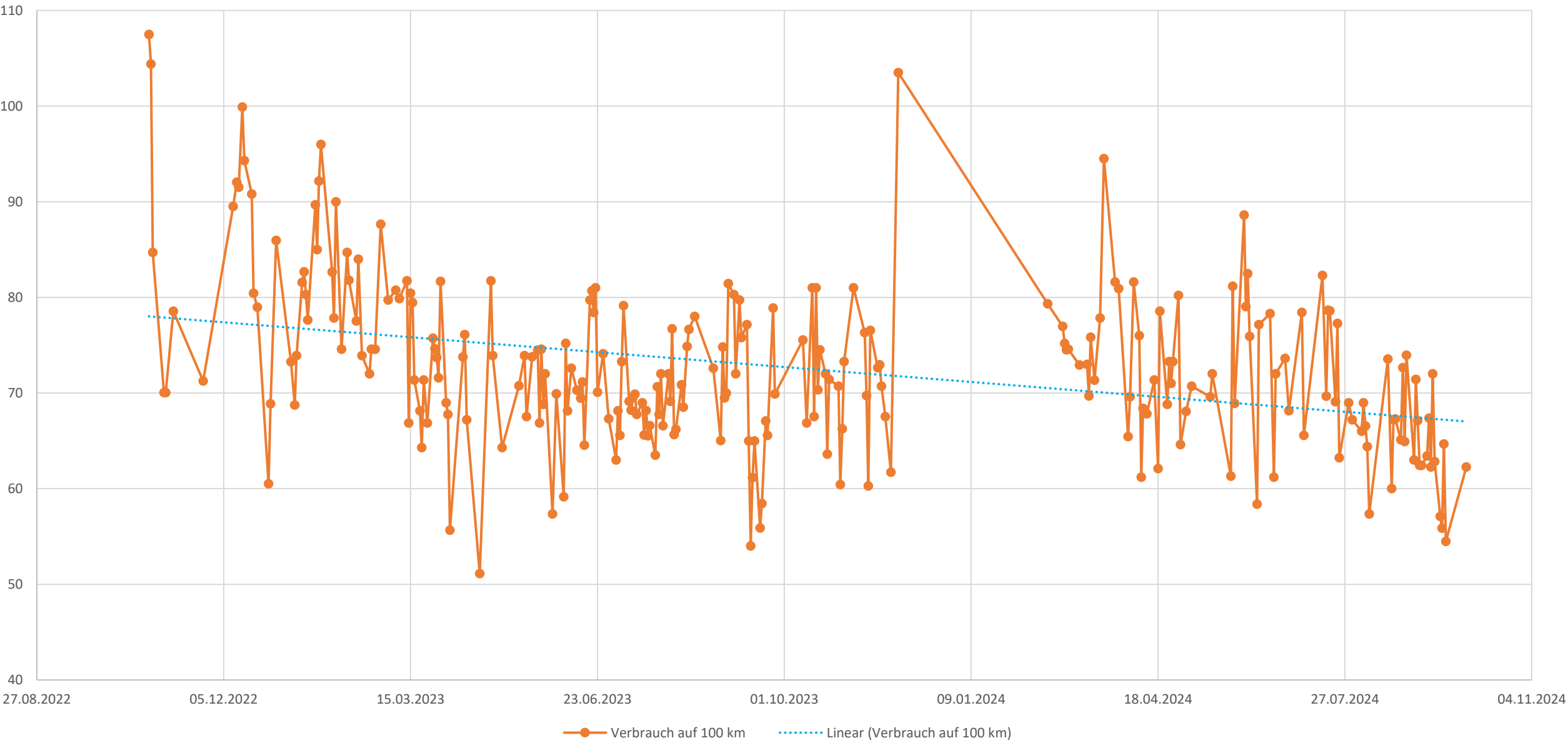
	10m Diesel	10m Elektro	10m Elektro	12m Elektro
Verbrauch je 100km	33,00	85	85	120
Preis pro Liter/kWh	1,36 €	0,30 €	0,45 €	0,30 €
Preis je 100 km	44,88 €	25,50 €	38,25	36
Kosten pro Km	0,45 €	0,26 €	0,38 €	0,36 €
Jahreskm	26400	26400	26400	26400
Kosten pro Jahr	11.848,32 €	6.732,00 €	10.098,00 €	9.504,00 €
Heizkosten		1.382,93 €	1.382,93 €	1.382,93 €
Kostendifferenz pro Jahr		-3.733,39 €	-367,39 €	-961,39 €

VGG

Verbrauchsanalyse



Verbrauch auf 100 km



Fragestellung?

Ladeinfrastruktur mit Schwungmassespeicher – Eine Lösung für den Betrieb von E-Bussen in der Fläche?

VGG

Analyse einer fiktiven Linie über Land

300 kW Ladeleistung, Verbrauch 1,2 kWh/km							Ladung kWh		Verbrauch 1,2	SOC kWh 392	SOC % Brutto		SOC kWh 490	SOC % Brutto
Standzeit	von	Start	bis	Ziel	Dauer	Last km	Geschwind.			313	Netto		392	Netto
	03:50	Betriebshof	04:30	Haltestelle A	40	18	27,00		21,6	291,4	93,1		370,4	94,5
	04:30	Haltestelle A	05:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	265	84,7		344	87,8
14					14			70		313	100,0		392	100,0
	05:30	Haltestelle E	06:00	Haltestelle B	30	15	30,00		18	295	94,2		374	95,4
	06:00	Haltestelle B	06:30	Haltestelle E	30	15	30,00		18	277	88,5		356	90,8
	06:30	Haltestelle E	07:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	250,6	80,1		329,6	84,1
	07:30	Haltestelle A	08:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	224,2	71,6		303,2	77,3
14					14			70		294,2	94,0		373,2	95,2
	08:30	Haltestelle E	09:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	267,8	85,6		346,8	88,5
	09:30	Haltestelle A	10:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	241,4	77,1		320,4	81,7
14					14			70		311,4	99,5		390,4	99,6
	10:30	Haltestelle E	11:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	285	91,1		364	92,9
	11:30	Haltestelle A	12:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	258,6	82,6		337,6	86,1
24					24			120		313	100,0		392	100,0
	12:40	Haltestelle E	13:05	Haltestelle C	25	10	24,00		12	301	96,2		380	96,9
	13:10	Haltestelle C	13:45	Haltestelle A	35	14	24,00		16,8	284,2	90,8		363,2	92,7
	13:45	Haltestelle A	14:20	Haltestelle C	35	14	24,00		16,8	267,4	85,4		346,4	88,4
	14:45	Haltestelle C	15:20	Haltestelle A	35	14	24,00		16,8	250,6	80,1		329,6	84,1
	15:30	Haltestelle A	16:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	224,2	71,6		303,2	77,3
14					14			70		294,2	94,0		373,2	95,2
	16:30	Haltestelle E	17:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	267,8	85,6		346,8	88,5
	17:30	Haltestelle A	18:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	241,4	77,1		320,4	81,7
14					14			70		311,4	99,5		390,4	99,6
	18:30	Haltestelle E	19:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	285	91,1		364	92,9
	19:30	Haltestelle A	20:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	258,6	82,6		337,6	86,1
14					14			70		313	100,0		392	100,0
	20:30	Haltestelle E	21:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	286,6	91,6		365,6	93,3
	21:30	Haltestelle A	22:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	260,2	83,1		339,2	86,5
14					14			70		313	100,0		392	100,0
	22:30	Haltestelle E	23:15	Haltestelle A	45	22	29,33		26,4	286,6	91,6		365,6	93,3
	23:30	Haltestelle A	00:15	Haltestelle E	45	22	29,33		26,4	260,2	83,1		339,2	86,5
	00:15	Haltestelle E	01:10	Betriebshof	55	32	34,91		38,4	221,8	70,9		300,8	76,7
							484		610					

Analyse mit Schwungmassenspeicher

300 kW Ladeleistung Buffered, dann 80 kW Verbrauch 1,2 kWh/km								Ladung 300		Ladung 80	Verbrauch 1,2	SOC kWh 392		SOC % Brutto			SOC kWh 490		SOC % Brutto	
Buffered	Netz	von	Start	bis	Ziel	Dauer	Last km	Geschwind.				313	Netto		392	Netto		392	Netto	
		03:50	Betriebshof	04:30	Haltestelle A	40	18	27,00			21,6	291,40	93,10		370,40	94,49				
		04:30	Haltestelle A	05:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	265,00	84,66		344,00	87,76				
9	5					14			45	6,67		313,00	100,00		392,00	100,00				
		05:30	Haltestelle E	06:00	Haltestelle B	30	15	30,00			18	295,00	94,25		374,00	95,41				
		06:00	Haltestelle B	06:30	Haltestelle E	30	15	30,00			18	277,00	88,50		356,00	90,82				
		06:30	Haltestelle E	07:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	250,60	80,06		329,60	84,08				
		07:30	Haltestelle A	08:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	224,20	71,63		303,20	77,35				
9	5					14			45	6,67		275,87	88,14		354,87	90,53				
		08:30	Haltestelle E	09:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	249,47	79,70		328,47	83,79				
		09:30	Haltestelle A	10:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	223,07	71,27		302,07	77,06				
9	5					14			45	6,67		274,73	87,77		353,73	90,24				
		10:30	Haltestelle E	11:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	248,33	79,34		327,33	83,50				
		11:30	Haltestelle A	12:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	221,93	70,91		300,93	76,77				
9	15					24			45	20,00		286,93	91,67		365,93	93,35				
		12:40	Haltestelle E	13:05	Haltestelle C	25	10	24,00			12	274,93	87,84		353,93	90,29				
		13:10	Haltestelle C	13:45	Haltestelle A	35	14	24,00			16,8	258,13	82,47		337,13	86,00				
		13:45	Haltestelle A	14:20	Haltestelle C	35	14	24,00			16,8	241,33	77,10		320,33	81,72				
		14:45	Haltestelle C	15:20	Haltestelle A	35	14	24,00			16,8	224,53	71,74		303,53	77,43				
		15:30	Haltestelle A	16:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	198,13	63,30		277,13	70,70				
9	5					14			45	6,67		249,80	79,81		328,80	83,88				
		16:30	Haltestelle E	17:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	223,40	71,37		302,40	77,14				
		17:30	Haltestelle A	18:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	197,00	62,94		276,00	70,41				
9	5					14			45	6,67		248,67	79,45		327,67	83,59				
		18:30	Haltestelle E	19:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	222,27	71,01		301,27	76,85				
		19:30	Haltestelle A	20:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	195,87	62,58		274,87	70,12				
9	5					14			45	6,67		247,53	79,08		326,53	83,30				
		20:30	Haltestelle E	21:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	221,13	70,65		300,13	76,56				
		21:30	Haltestelle A	22:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	194,73	62,22		273,73	69,83				
9	5					14			45	6,67		246,40	78,72		325,40	83,01				
		22:30	Haltestelle E	23:15	Haltestelle A	45	22	29,33			26,4	220,00	70,29		299,00	76,28				
		23:30	Haltestelle A	00:15	Haltestelle E	45	22	29,33			26,4	193,60	61,85		272,60	69,54				
		00:15	Haltestelle E	01:10	Betriebshof	55	32	34,91			38,4	155,20	49,58		234,20	59,74				
							484		360	66,67										

Fazit & Ausblick

- Einsatz eines Schwungmassenspeichers im Überlandbetrieb möglich
 - Geringere Anschlusskosten im Vergleich zum Mittelspannungsanschluss
 - Keine hohe Netzbelastung
- Voraussetzungen
 - Ausreichende Standzeiten
 - Ausnutzung der Kapazität des Speichers
- Anhebung der Speicherkapazität auf 40 kWh für Überlandverkehr
- Eine Pausenzeit von 15 Minuten wäre gut nutzbar.

→ Dennoch gibt es noch immer Fahrzeugumläufe, die nicht realisierbar sind.

VGG

Verkehrsverbund Rhein



VGG

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verkehrsgesellschaft Gersprenztal mbH
Am Pfeifferssteg 4 · 64385 Reichelsheim



Martin Wißmüller

Verkehrsgesellschaft
Gersprenztal mbH

Am Pfeifferssteg 4

64385 Reichelsheim

E-Mail: m.wissmueller@vgg-bensheim.de

Tel: 0160-5521558

VGG