



Berner Fachhochschule
TI
Automobiltechnik
Thomas Baumgartner
Route Principale 127
CH-2537 Vauffelin
Telefon +41 32 321 62 73
thomas.baumgartner@bfh.ch

Energieanalyse E-Dumper

Teilbericht 1 des Arbeitspaketes B



Datum	15.11.2018
Ort:	Vauffelin
Objekt:	E-Dumper
Auftraggeber:	Lithium Storage



Inhalt

1	Auftrag	4
1.1	Verantwortliche Personen	4
2	Sensoren	5
2.1	Datenerfassung	5
2.2	Sensorliste	5
2.3	Einbauort.....	5
2.4	Messfehler.....	6
3	Konventionen.....	6
3.1	Vorzeichen von Energie und Leistung.....	6
3.2	Gebietsbezeichnungen.....	7
4	Ergebnisse.....	8
4.1	Messfahrt (B1B-Süd) 17.09.18 09:51-10:14	8
4.1.1	Zusammenfassung	8
4.1.2	Details	9
4.1.2.1	Karte	9
4.1.2.2	Höhenprofil	9
4.1.2.3	Energiebilanz.....	10
4.1.2.4	Nebenverbraucher	10
4.1.2.5	Batterie	11
4.2	Messfahrt (B1B-Süd) 18.10.18 13:54-14:15	12
4.2.1	Zusammenfassung	12
4.2.2	Details	13
4.2.2.1	Karte	13
4.2.2.2	Höhenprofil	13
4.2.2.3	Energiebilanz.....	14
4.2.2.4	Nebenverbraucher	14
4.2.2.5	Batterie	15
4.3	Messfahrt (M2M-Süd) 19.10.2018 10:55-11:15	16
4.3.1	Zusammenfassung	16
4.3.2	Details	17
4.3.2.1	Karte	17
4.3.2.2	Höhenprofil	17
4.3.2.3	Energiebilanz.....	18
4.3.2.4	Nebenverbraucher	18
4.3.2.5	Batterie	19



4.4 Messfahrt (B3B-Nord) 06.11.2018 13:55-14:11	20
4.4.1 Zusammenfassung	20
4.4.2 Details	21
4.4.2.1 Karte	21
4.4.2.2 Höhenprofil	21
4.4.2.3 Energiebilanz.....	22
4.4.2.4 Nebenverbraucher	22
4.4.2.5 Batterie	23
4.5 Messfahrt (B3B-Nord) 06.11.2018 14:11-14:31	24
4.5.1 Zusammenfassung	24
4.5.2 Details	25
4.5.2.1 Karte	25
4.5.2.2 Höhenprofil	25
4.5.2.3 Energiebilanz.....	26
4.5.2.4 Nebenverbraucher	26
4.5.2.5 Batterie	27

1 Auftrag

Die Abteilung Automobiltechnik der Berner Fachhochschule TI (BFH TI) ermittelt mittels Messung und Auswertung das Betriebsverhalten des Elektromuldenkippers E-Dumper während dem Einsatz bei Vigier SA.

Dieser Bericht ist der erste Teil der Deliverables aus Arbeitspaket B der Offerte vom 10.10.2018. Die Arbeitspakete wurden in der Offerte: «Messung und Analyse des Betriebsverhaltens des E-Dumper der Vigier SA» offeriert. Die Auftragserteilung für die Pakete A1, A2, B, C1 und C2 erfolgte am 14.11.2018 telefonisch und via E-Mail von Marius Bachofen.

1.1 Verantwortliche Personen

Verantwortlicher: Professor Peter Affolter
Berner Fachhochschule
Route Principale 127
CH-2537 Vauffelin

Tel. +41 (0)32 321 66 49
E-Mail: peter.affolter@bfh.ch

Auftraggeber: Marius Bachofen
Lithium Storage GmbH
Am Dorfbach 36
8308 Illnau

E-Mail: marius.bachofen@lithiumstorage.ch

Messingenieur: Thomas Baumgartner
Berner Fachhochschule
Route Principale 127
CH-2537 Vauffelin

Tel. +41 (0) 79 441 81 52
E-Mail: thomas.baumgartner@bfh.ch

2 Sensoren

2.1 Datenerfassung

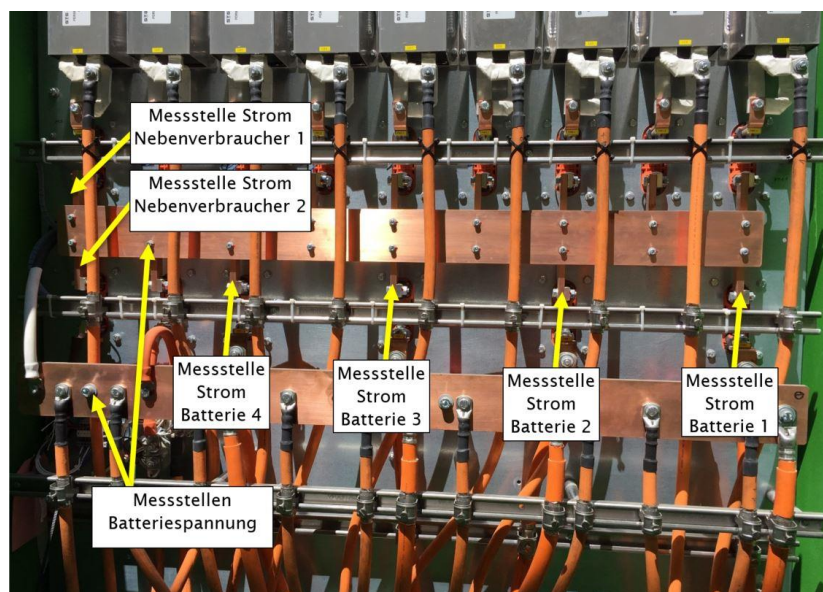
Gerät	Typ	Bemerkung
infoBeads	St v1	-

2.2 Sensorliste

Messgröße	Sensor	Genauigkeit	Seriennummer
Strom Batterie 1	LEM / HASS 100-S	$\pm 1\%$	818084005904
Strom Batterie 2	LEM / HASS 100-S	$\pm 1\%$	818084005949
Strom Batterie 3	LEM / HASS 100-S	$\pm 1\%$	818084005948
Strom Batterie 4	LEM / HASS 100-S	$\pm 1\%$	818084005818
Batteriespannung	Verivolt / IsoBlock V1000V	$\pm 0.2\%$	IB1823604
Analog/CAN Konverter	Würth / CAN-bus IIO	$\pm 0.2\%$	-
Position GNSS	GlobalTop FGPMOPA6H	<3m	-
Höhe	MS5611 MEAS Switzerland	$\pm 20\text{cm}$	-

2.3 Einbauort

Das Datenerfassungssystem wurde in der Fahrzeugkabine installiert. Der GNSS-Empfänger befindet sich auf der Haltevorrichtung des vorderen rechten Rückspiegels. Der Sensor zur Erfassung der Fahrzeughöhe ist in das Datenerfassungsgerät integriert. Die Sensoren zur Erfassung von Spannung und Strom, sowie die Geräte zum Wandeln dieser Signale sind in der DC-Verteilerbox untergebracht. Die Anordnung dieser Sensoren kann der untenstehenden Abbildung entnommen werden.



2.4 Messfehler

Messgrösse	Genauigkeit
Strom	±1.2%
Spannung	±0.4%
Leistung	±1.6%
Energie	±1.6%

3 Konventionen

3.1 Vorzeichen von Energie und Leistung

Leistung ist positiv, wenn sie aus dem System fliesst. Folglich hat auch die Integration dieser Leistung ein positives Vorzeichen. In der untenstehenden Tabelle sind die beim Fahrzeug anzutreffenden Fälle mit entsprechendem Vorzeichen aufgelistet.

Fälle	Form	Einheit	Vorzeichen
Fahrzeug Antreiben	Leistung	kW	+
	Energie	kWh	+
Fahrzeug Verzögern	Leistung	kW	-
	Energie	kWh	-
Batterie laden	Leistung	kW	-
	Energie	kWh	-
Batterie entladen	Leistung	kW	+
	Energie	kWh	+
Nebenverbraucher versorgen	Leistung	kW	+
	Energie	kWh	+

3.2 Gebietsbezeichnungen

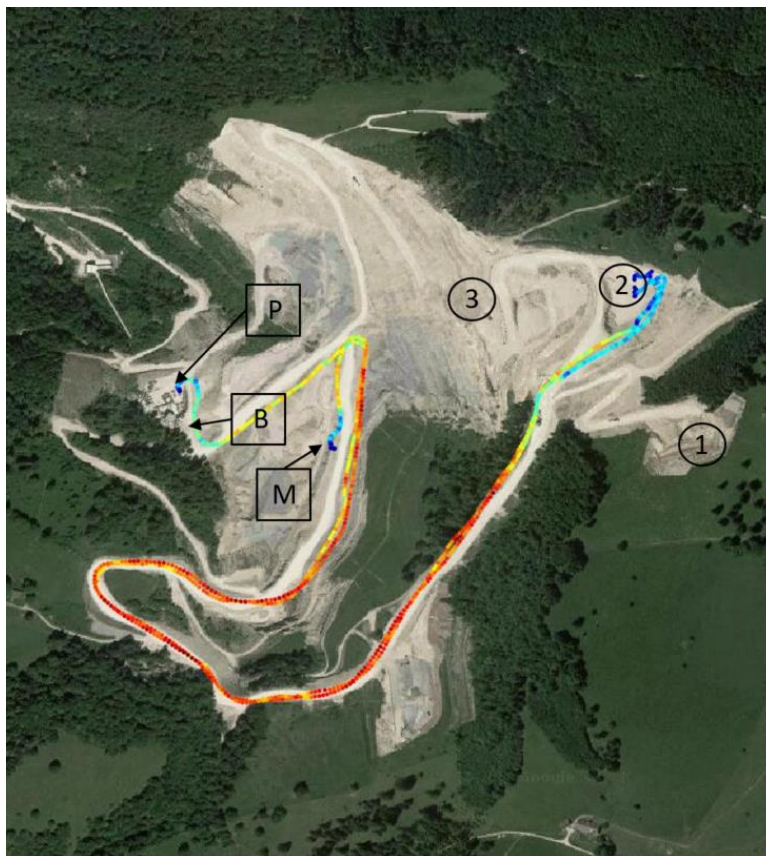
Gebiete wo Messungen starten und enden können, werden mit Buchstaben bezeichnet:

P	Parking
B	Brecher
M	Mitte

Die Stellen, an welchen die Fahrzeuge beladen werden, werden mit Zahlen bezeichnet. Weiter werden zwei Routen, Nord und Süd, unterschieden. Die Gebiete 1 und 2 werden über die Südroute, das Gebiet 3 wird über die Nordroute angefahren.

1	Höchstes Abbaugebiet
2	Mittleres Abbaugebiet
3	Unteres Abbaugebiet

Mithilfe dieser Bezeichnungen könne Fahraufträge, die das Fahrzeug absolviert hat, bezeichnet und kategorisiert werden. In der untenstehenden Abbildung wurde beispielsweise die Route P2M-Süd absolviert.





4 Ergebnisse

Es wurden fünf Fahrten analysiert, welche auf drei unterschiedlichen Fahrstrecken absolviert wurden. Die für eine Fahrt aufgewendete Energie ist abhängig von der gewählten Fahrstrecke und liegt zwischen 6.9kWh und 17.3kWh. Der Energieaufwand pro km ist bei der Strecke B1B-Süd am geringsten und bei der Strecke M2M-Süd am höchsten.

Fahrt	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Strecke	B1B-Süd	B1B-Süd	M2M-Süd	B3B-Nord	B3B-Nord
Total Aufgewendete Energie	9.8kWh	11.6kWh	17.3kWh	6.9kWh	7.9kWh
Rekuperierte Energie	-44.4kWh	-44.2kWh	-32.1kWh	-21.6kWh	-21.6kWh
Streckenlänge	4.7km	4.9km	4.1km	2.4km	2.4km
Höhenunterschied	215m	230.5m	117m	108.1m	108m

4.1 Messfahrt (B1B-Süd) 17.09.18 09:51-10:14

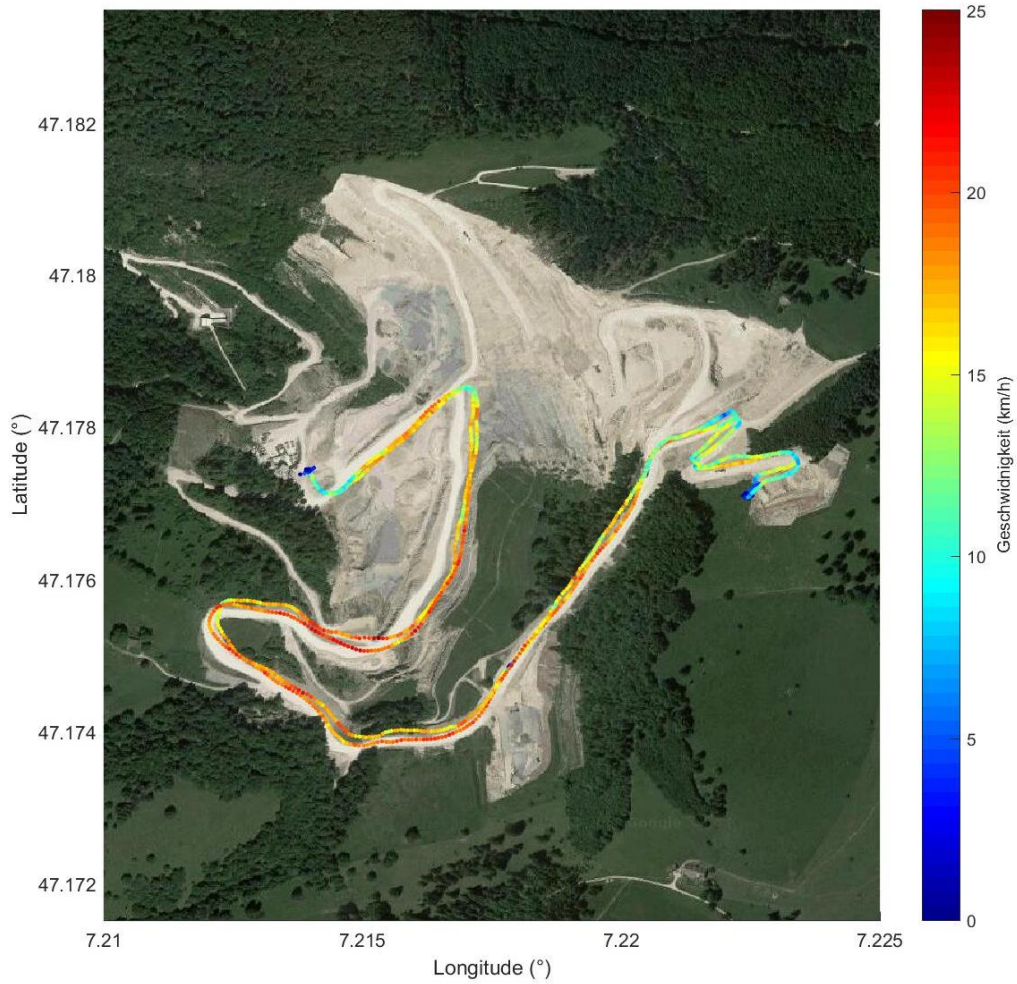
4.1.1 Zusammenfassung

Bedingungen		
Messdaten	data_173.txt	
Startzeitpunkt	17.09.2018 09:51	dd.mm.yyyy hh:mm
Endzeitpunkt	17.09.2018 10:14	dd.mm.yyyy hh:mm
Fahrstrecke	Süd	-
Startpunkt	B	-
Endpunkt	B	-
Beladestelle	1	-
Distanz	4.7	km
Höhenunterschied	215	m

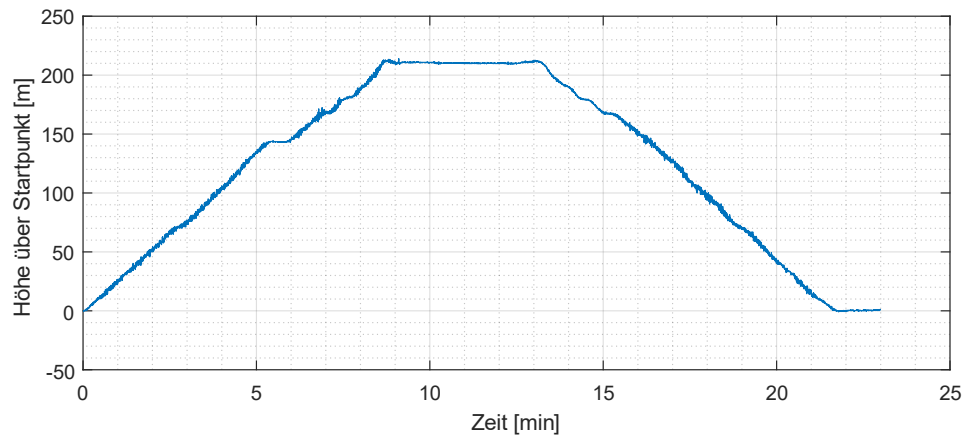
Ergebnisse		
Aufgewendete Energie	9.8	kWh
Energieaufwand Talfahrt	-44.4	kWh
Energieaufwand Bergfahrt	54.2	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Total	4.9	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher 24V-System	2.1	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Hydrauliksystem	2.8	kWh
Maximalleistung Antreiben	620.2	kW
Maximalleistung Rekuperieren	-585.5	kW

4.1.2 Details

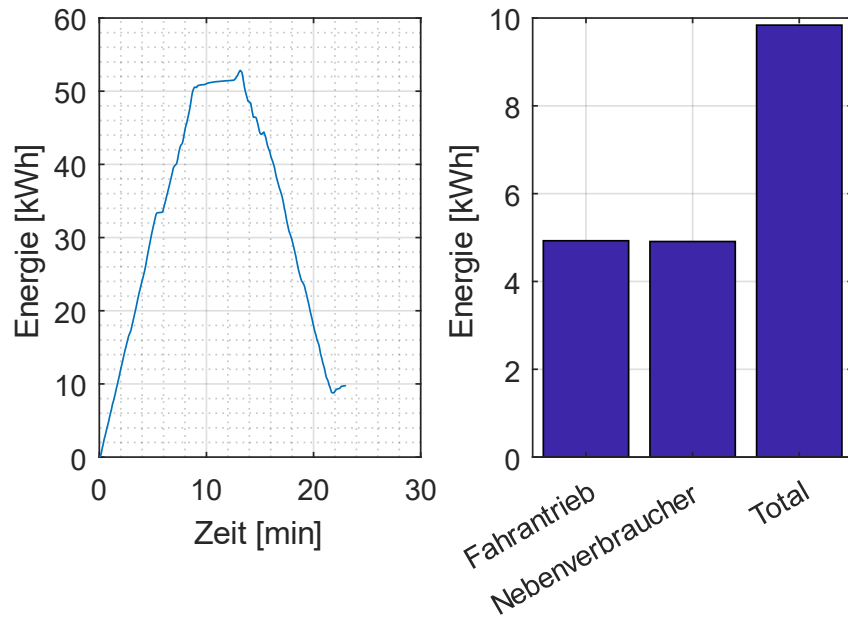
4.1.2.1 Karte



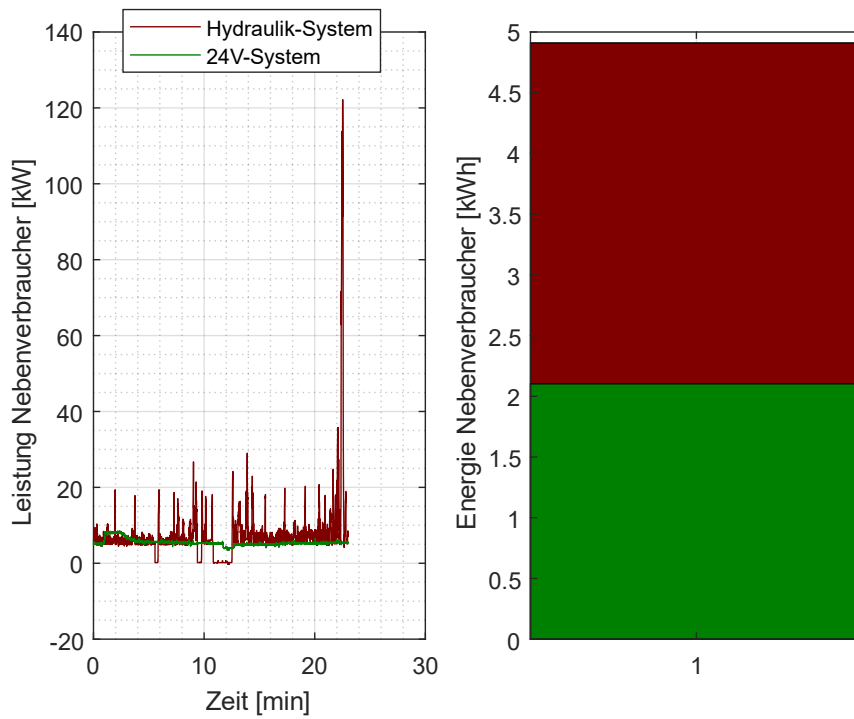
4.1.2.2 Höhenprofil



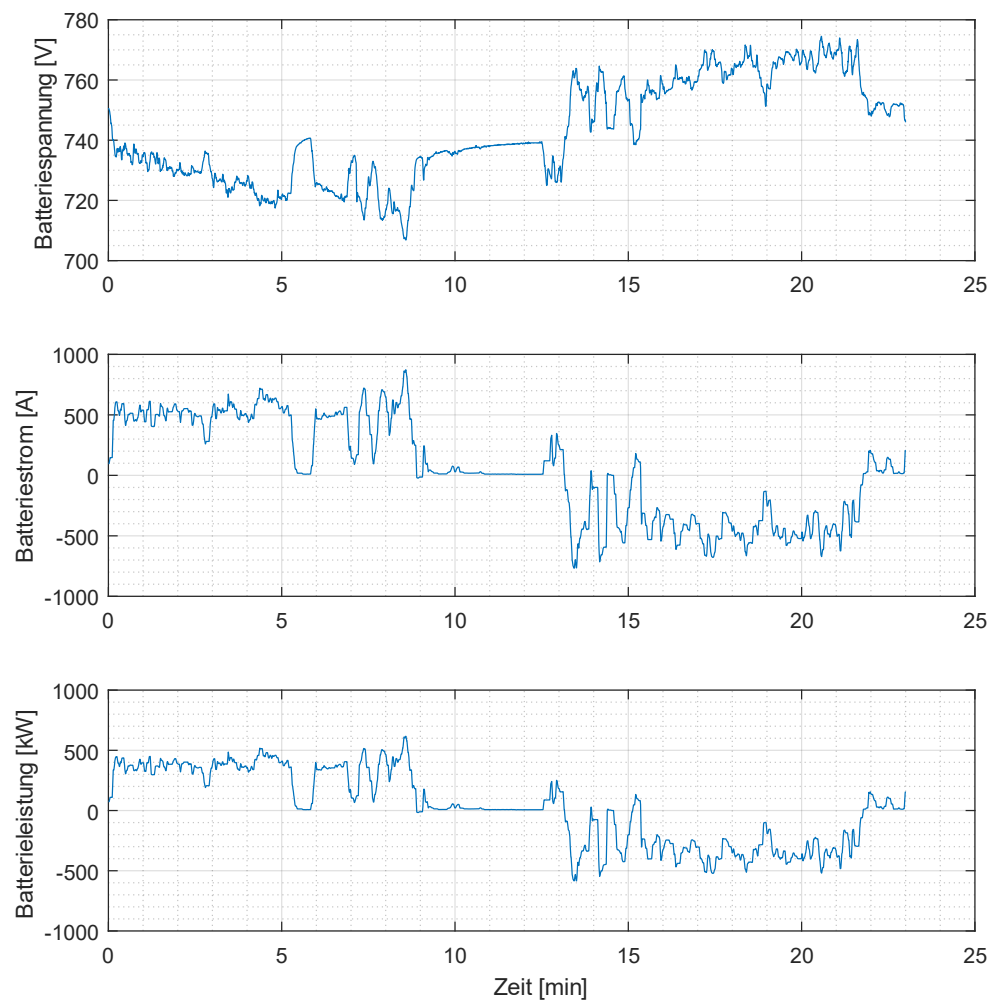
4.1.2.3 Energiebilanz



4.1.2.4 Nebenverbraucher



4.1.2.5 Batterie



4.2 Messfahrt (B1B-Süd) 18.10.18 13:54-14:15

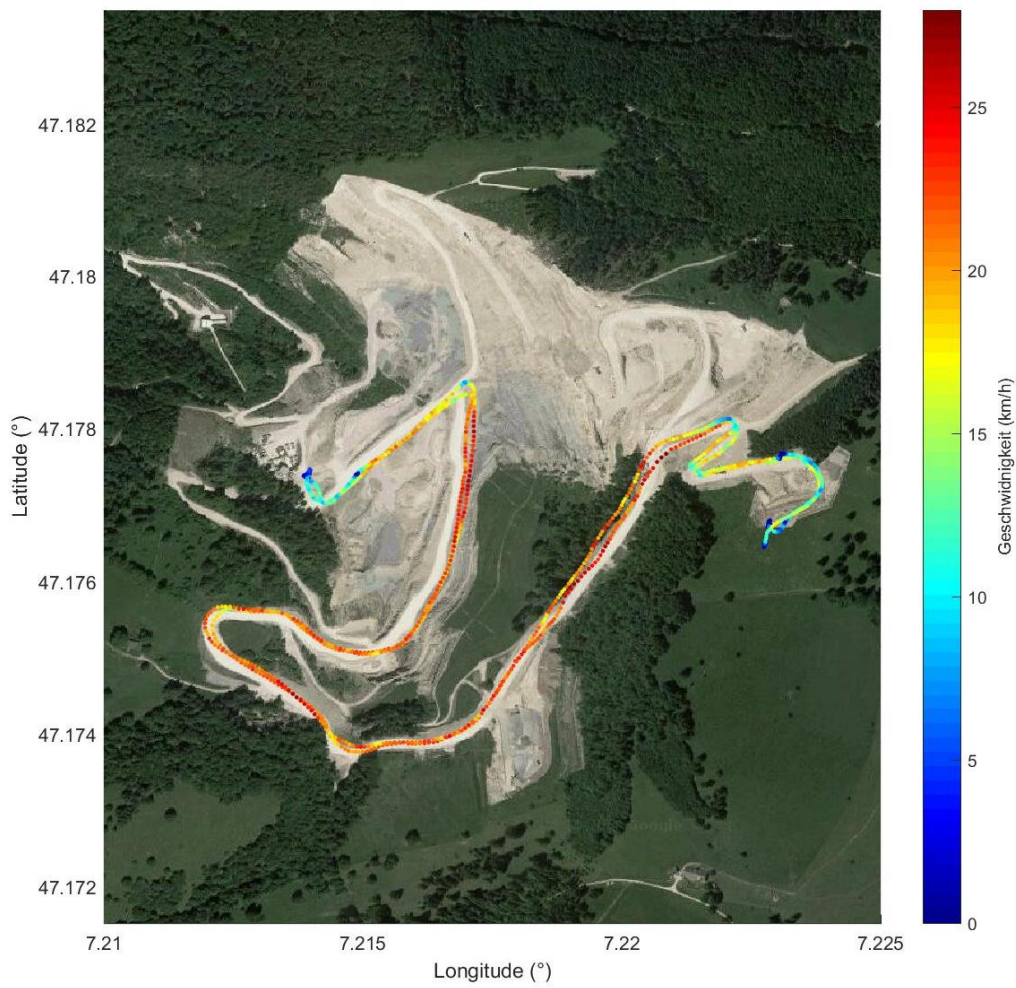
4.2.1 Zusammenfassung

Bedingungen		
Messdaten	data_187.txt	
Startzeitpunkt	18.10.2018 13:54	dd.mm.yyyy hh:mm
Endzeitpunkt	18.10.2018 14:15	dd.mm.yyyy hh:mm
Fahrstrecke	Süd	-
Startpunkt	B	-
Endpunkt	B	-
Beladestelle	1	-
Distanz	4.9	km
Höhenunterschied	230.5	m

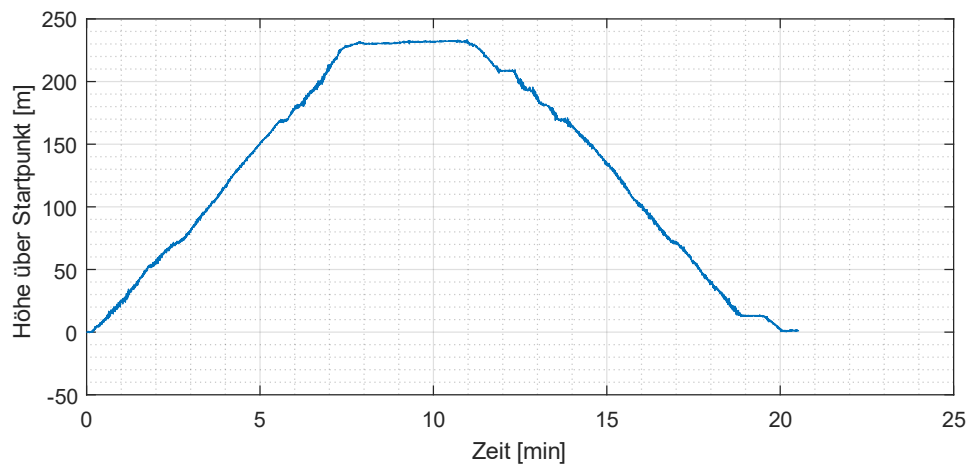
Ergebnisse		
Aufgewendete Energie	11.6	kWh
Energieaufwand Talfahrt	-44.2	kWh
Energieaufwand Bergfahrt	55.8	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Total	3.9	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher 24V-System	1.9	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Hydrauliksystem	2.0	kWh
Maximalleistung Antreiben	717.6	kW
Maximalleistung Rekuperieren	-797.6	kW

4.2.2 Details

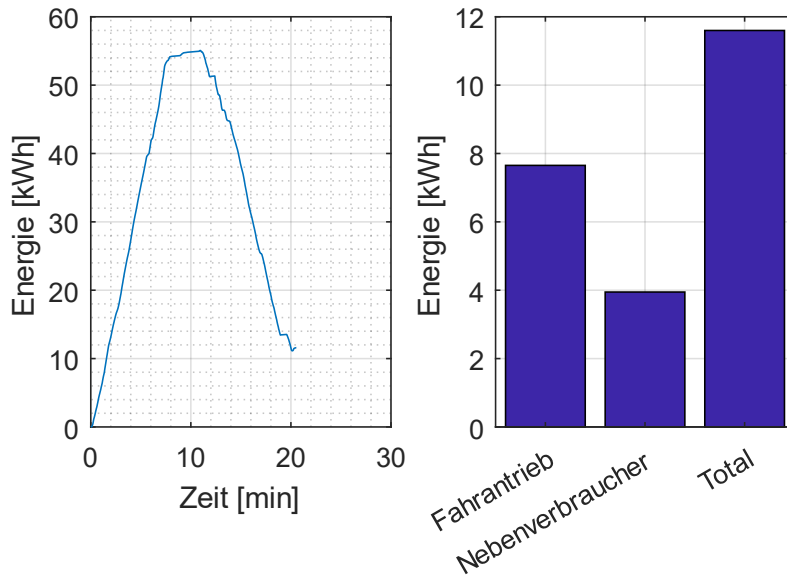
4.2.2.1 Karte



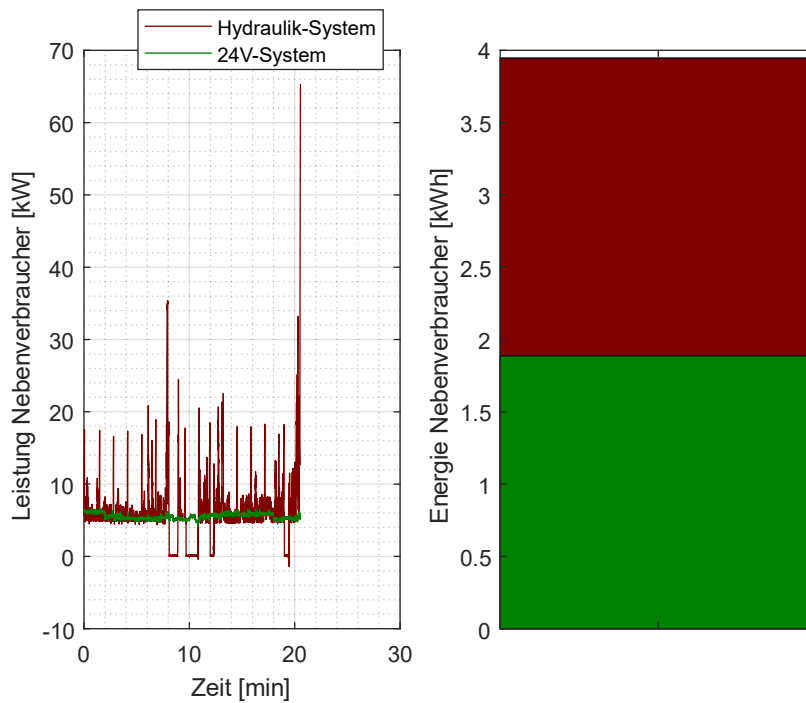
4.2.2.2 Höhenprofil



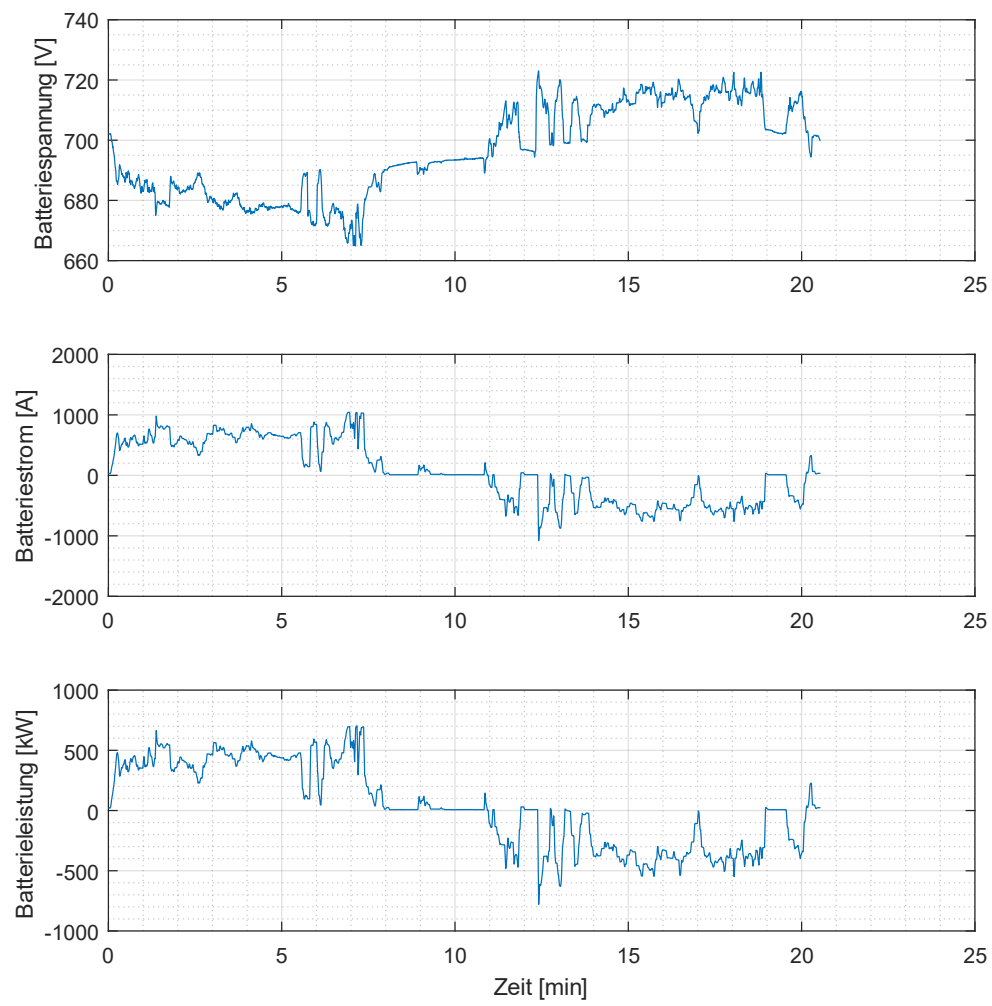
4.2.2.3 Energiebilanz



4.2.2.4 Nebenverbraucher



4.2.2.5 Batterie



4.3 Messfahrt (M2M-Süd) 19.10.2018 10:55-11:15

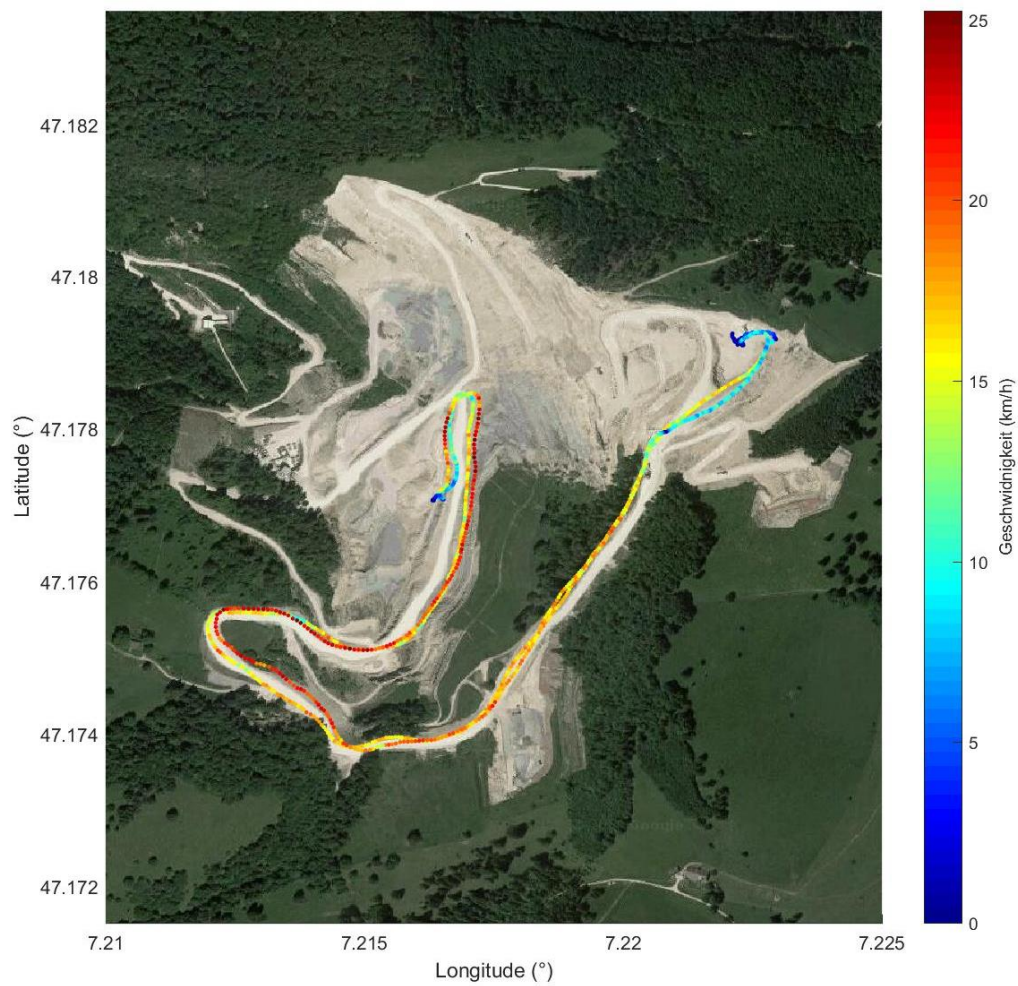
4.3.1 Zusammenfassung

Bedingungen		
Messdaten	data_195.txt	
Startzeitpunkt	19.10.2018 10:55	dd.mm.yyyy hh:mm
Endzeitpunkt	19.10.2018 11:15	dd.mm.yyyy hh:mm
Fahrstrecke	Süd	-
Startpunkt	M	-
Endpunkt	M	-
Beladestelle	2	-
Distanz	4.1	km
Höhenunterschied	117	m

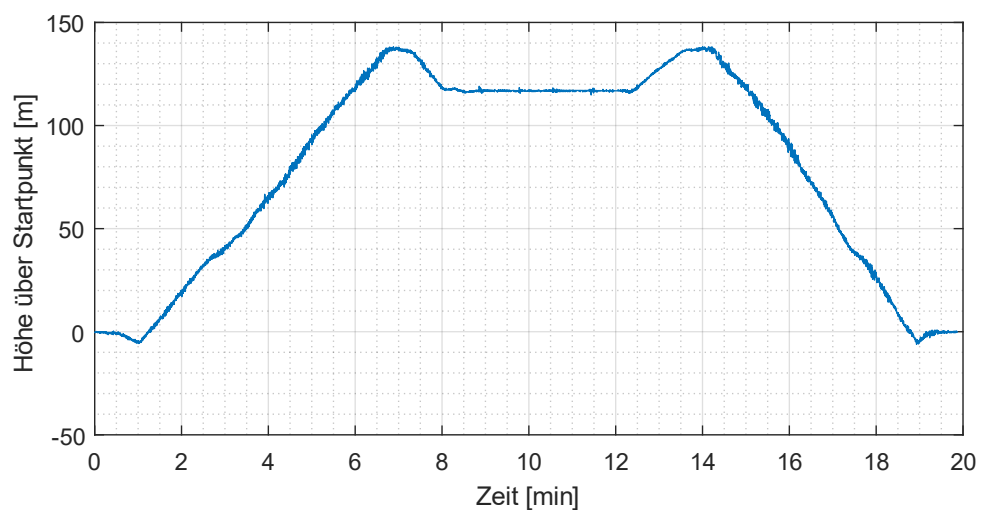
Ergebnisse		
Aufgewendete Energie	17.3	kWh
Energieaufwand Talfahrt	-32.1	kWh
Energieaufwand Bergfahrt	49.4	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Total	3.7	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher 24V-System	1.8	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Hydrauliksystem	2.0	kWh
Maximalleistung Antreiben	647.5	kW
Maximalleistung Rekuperieren	-596.6	kW

4.3.2 Details

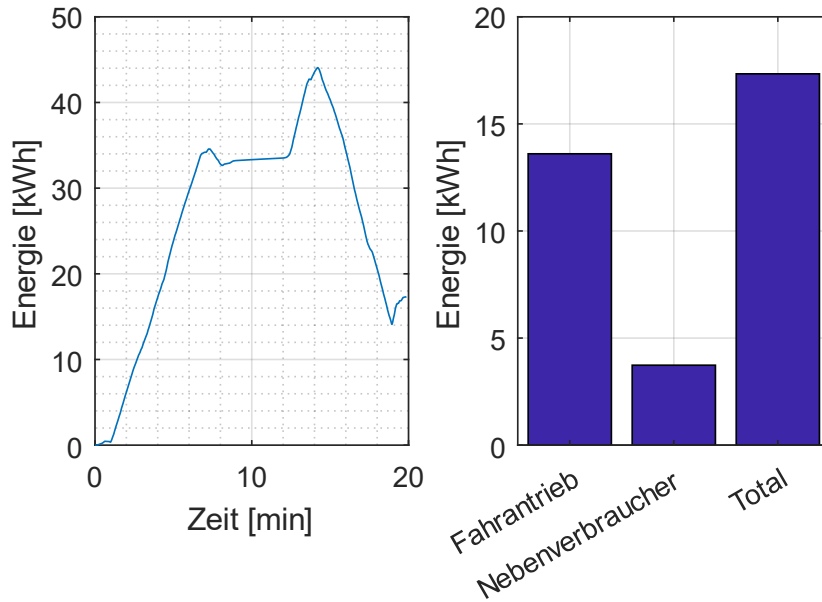
4.3.2.1 Karte



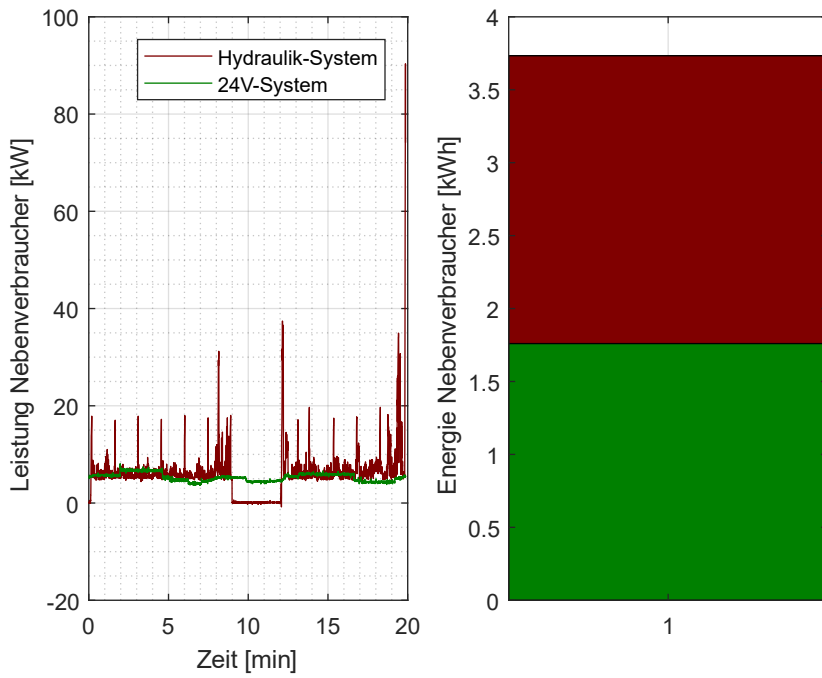
4.3.2.2 Höhenprofil



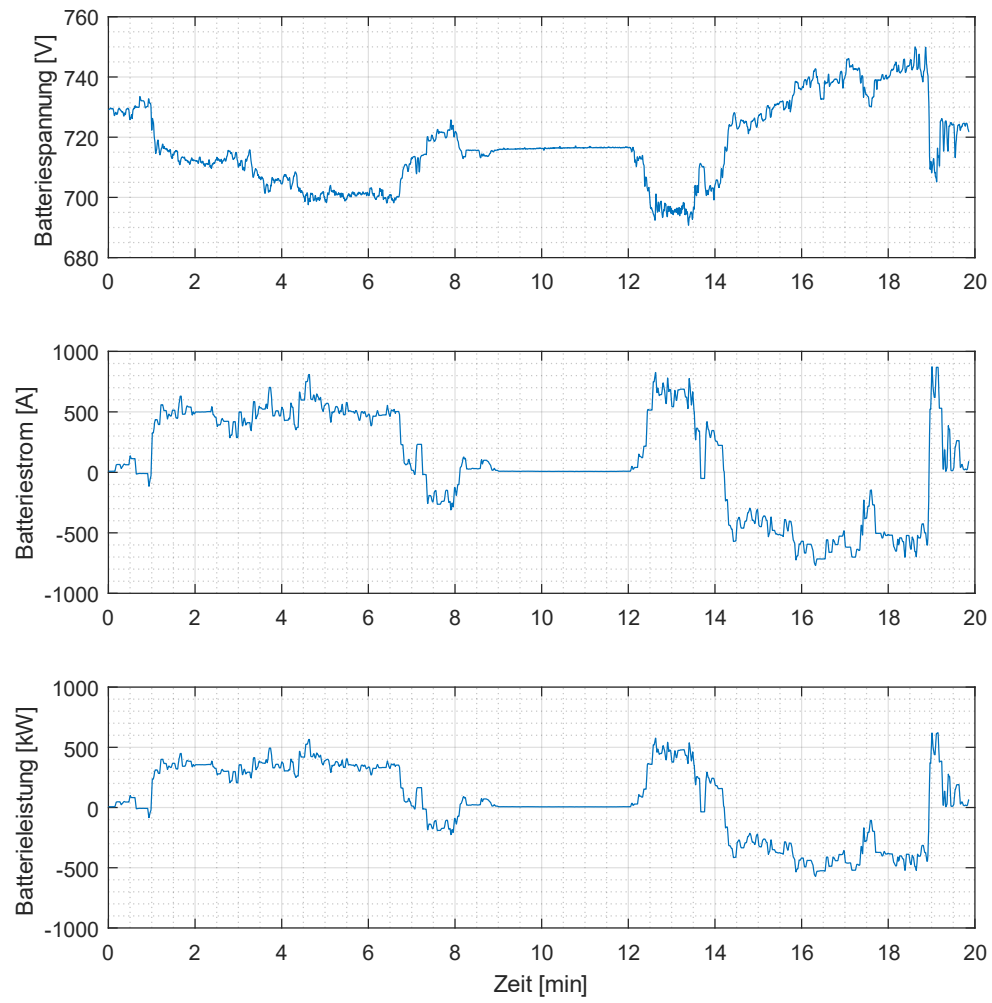
4.3.2.3 Energiebilanz



4.3.2.4 Nebenverbraucher



4.3.2.5 Batterie



4.4 Messfahrt (B3B-Nord) 06.11.2018 13:55-14:11

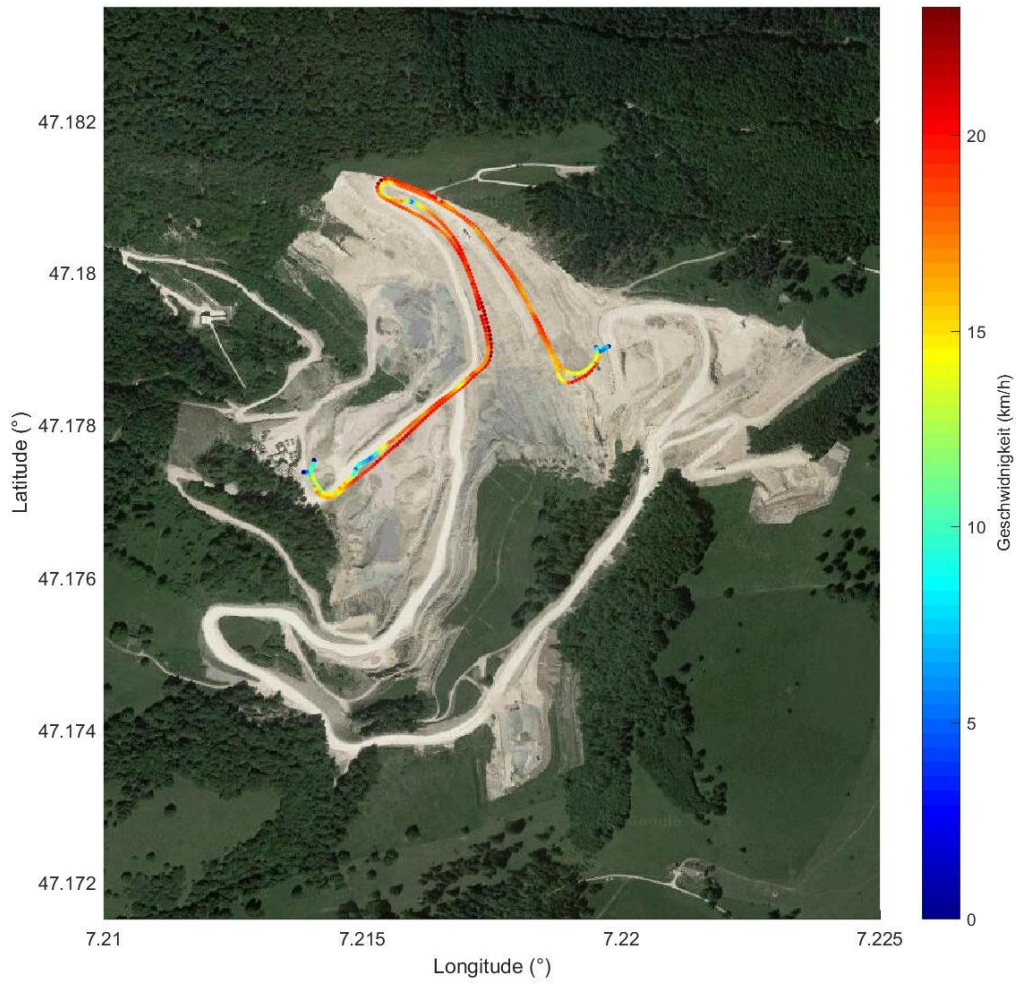
4.4.1 Zusammenfassung

Bedingungen		
Messdaten	data_619.txt	
Startzeitpunkt	06.11.2018 13:55	dd.mm.yyyy hh:mm
Endzeitpunkt	06.11.2018 14:11	dd.mm.yyyy hh:mm
Fahrstrecke	Nord	-
Startpunkt	B	-
Endpunkt	B	-
Beladestelle	3	-
Distanz	2.4	km
Höhenunterschied	108.1	m

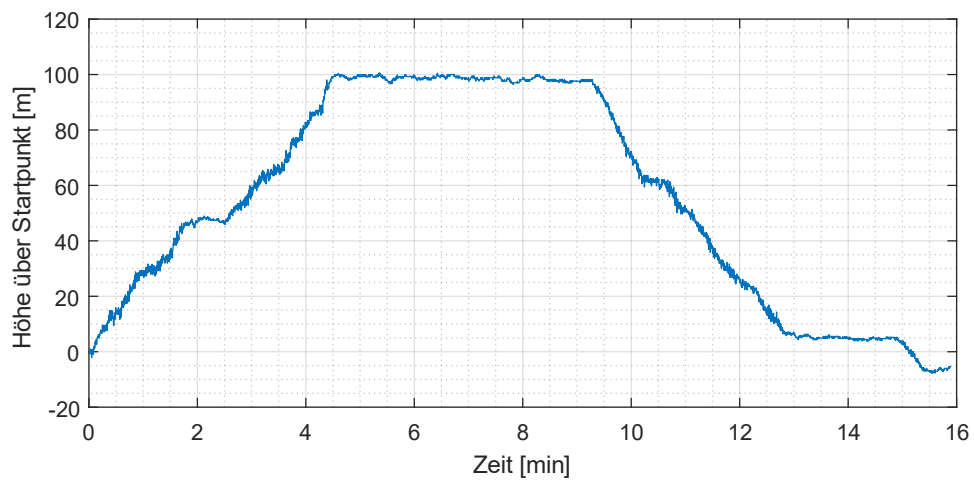
Ergebnisse		
Aufgewendete Energie	6.9	kWh
Energieaufwand Talfahrt	-21.6	kWh
Energieaufwand Bergfahrt	28.5	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Total	2.5	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher 24V-System	1.3	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Hydrauliksystem	1.2	kWh
Maximalleistung Antreiben	716.4	kW
Maximalleistung Rekuperieren	-666.8	kW

4.4.2 Details

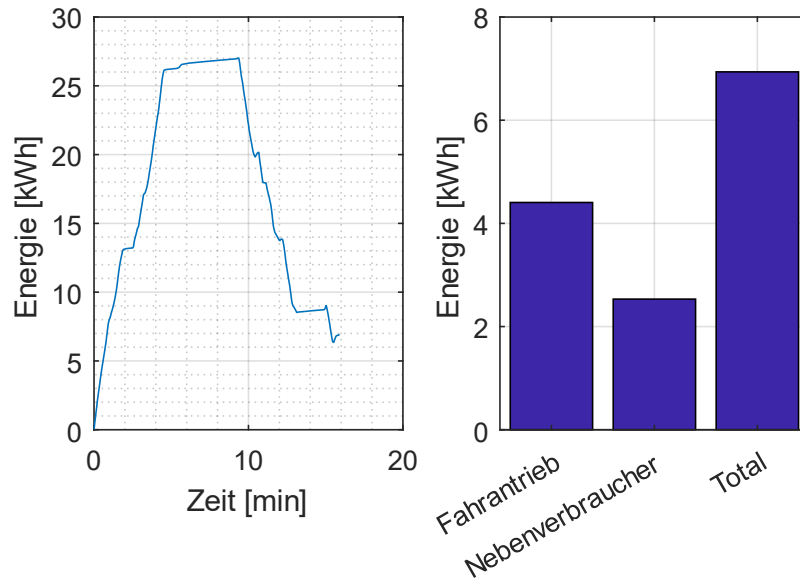
4.4.2.1 Karte



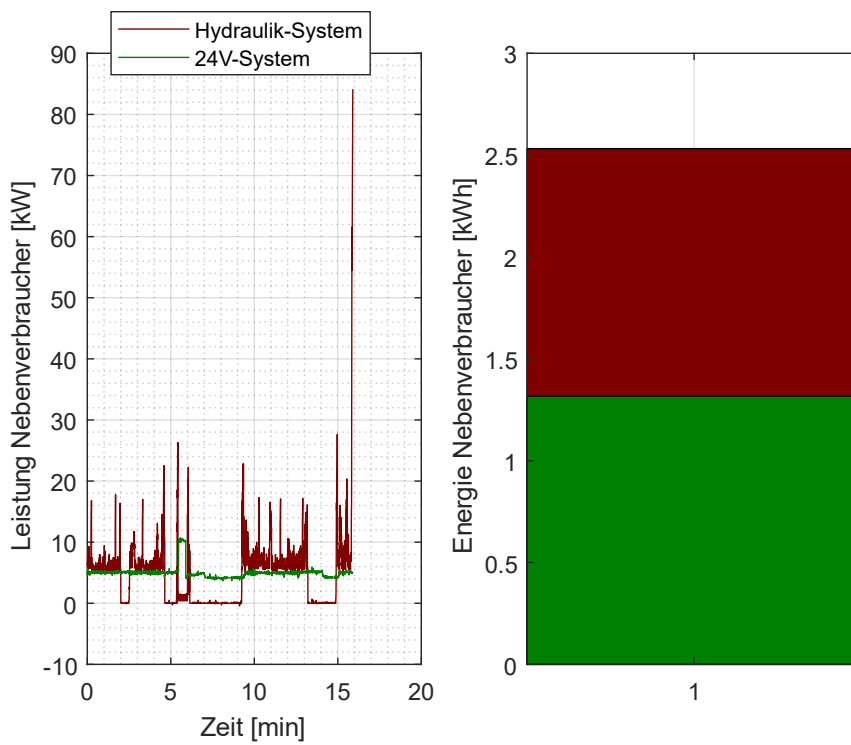
4.4.2.2 Höhenprofil



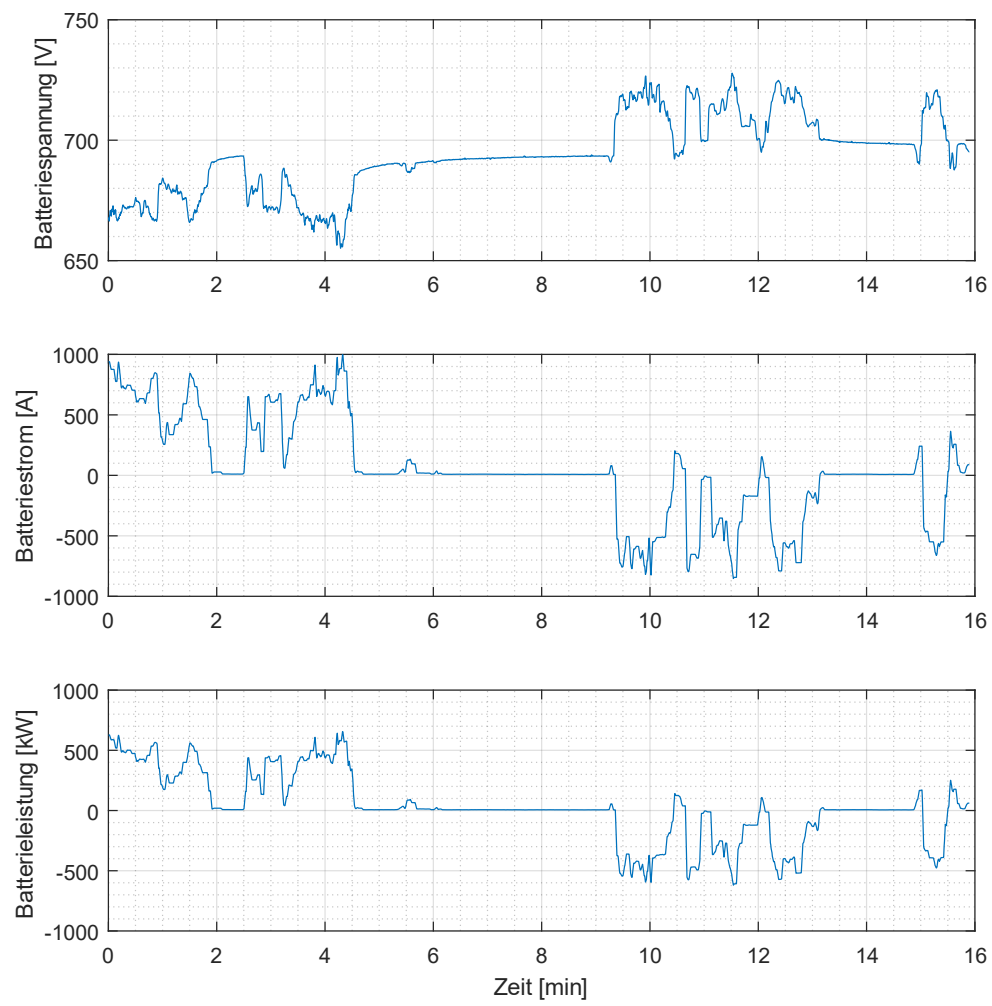
4.4.2.3 Energiebilanz



4.4.2.4 Nebenverbraucher



4.4.2.5 Batterie





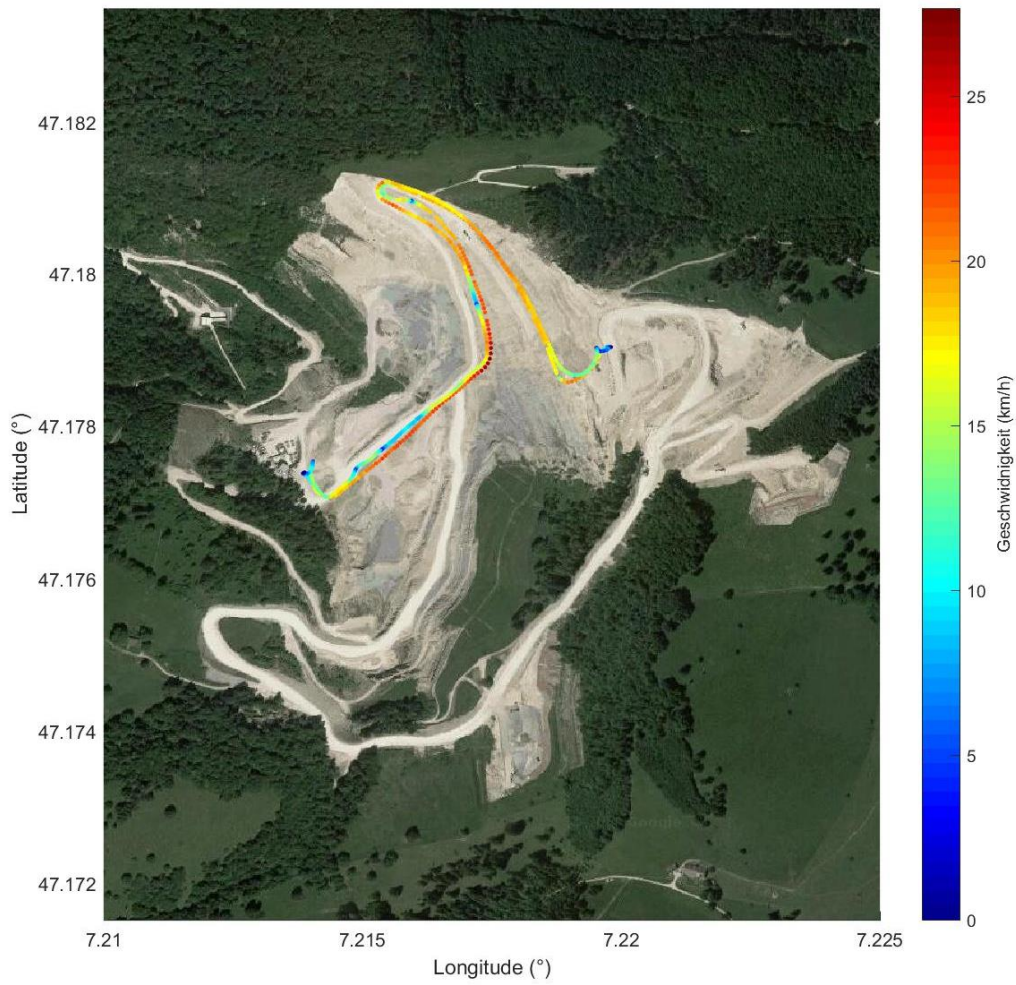
4.5 Messfahrt (B3B-Nord) 06.11.2018 14:11-14:31

4.5.1 Zusammenfassung

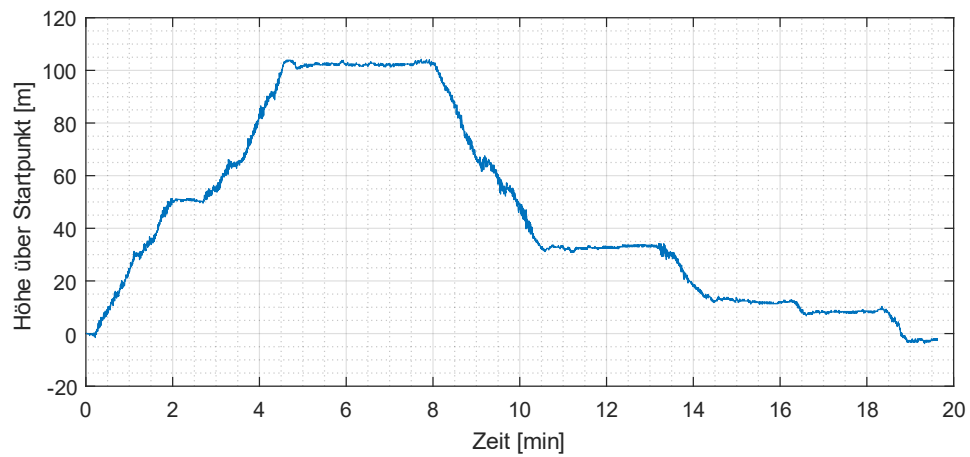
Bedingungen		
Messdaten	data_620.txt	
Startzeitpunkt	06.11.2018 14:11	dd.mm.yyyy hh:mm
Endzeitpunkt	06.11.2018 14:31	dd.mm.yyyy hh:mm
Fahrstrecke	Nord	-
Startpunkt	B	-
Endpunkt	B	-
Beladestelle	3	-
Distanz	2.4	km
Höhenunterschied	108.0	m

Ergebnisse		
Aufgewendete Energie	7.9	kWh
Energieaufwand Talfahrt	-21.6	kWh
Energieaufwand Bergfahrt	29.5	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Total	2.9	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher 24V-System	1.6	kWh
Energieaufwand Nebenverbraucher Hydrauliksystem	1.3	kWh
Maximalleistung Antreiben	720.0	kW
Maximalleistung Rekuperieren	-620.9	kW

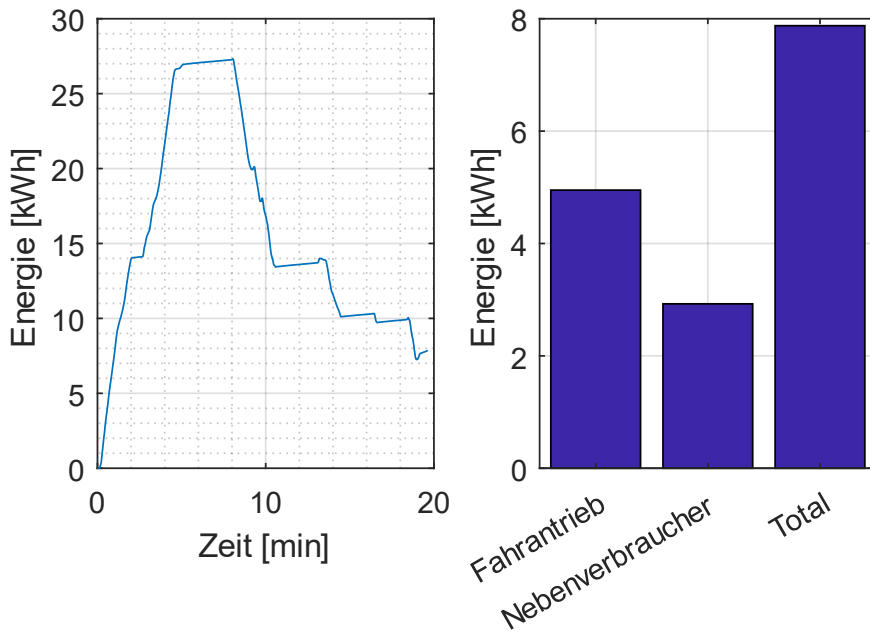
4.5.2 Details
4.5.2.1 Karte



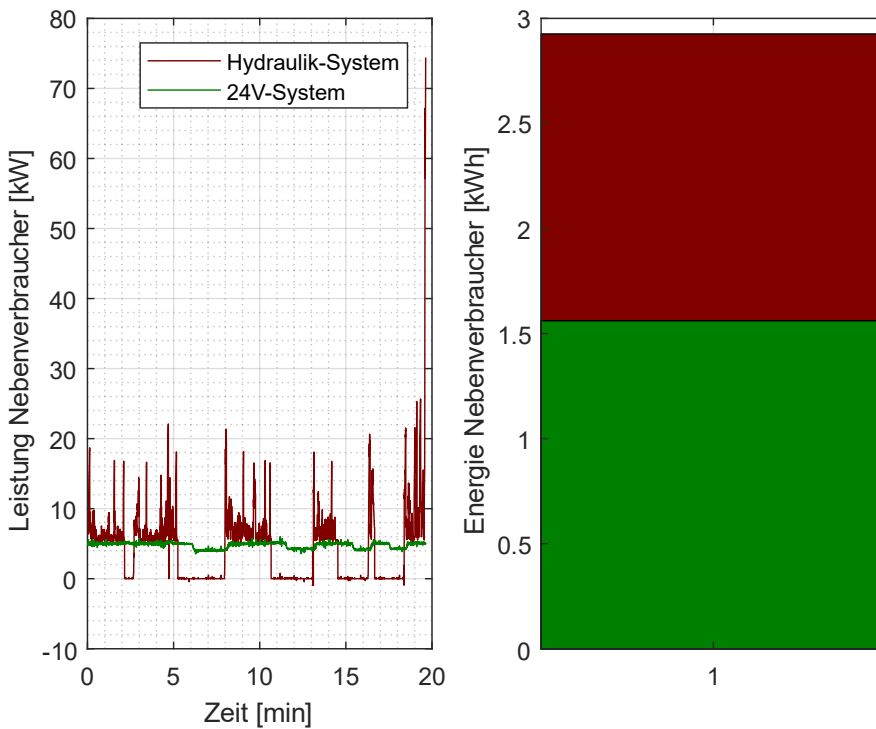
4.5.2.2 Höhenprofil



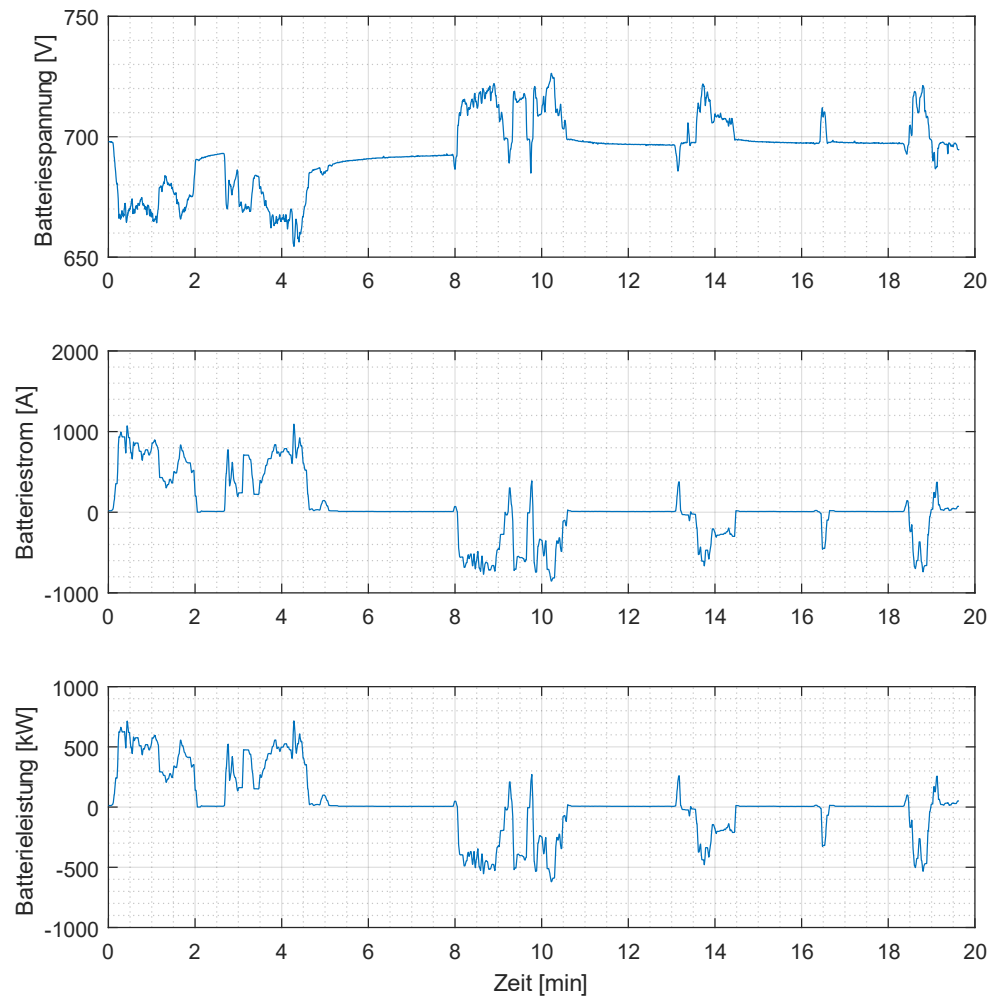
4.5.2.3 Energiebilanz



4.5.2.4 Nebenverbraucher



4.5.2.5 Batterie





5 Versionsübersicht

Version	Datum	Person	Änderung
1.0	15.11.2018	T. Baumgartner	Dokument erstellt