



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**  
Sektion Energieforschung und Cleantech

Zwischenbericht vom 30 Mai 2023

---

# Elektrischer Allradantrieb leichter Nutzfahrzeuge – Ökologischer und allradbetriebener 3.5t Elektro- Gütertransport-Lieferwagen

---

Quelle: Flux Mobility AG





# FLUX

**Datum:** 23. Mai 2023

**Ort:** Bern

**Subventionsgeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
Sektion Energieforschung und Cleantech  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Subventionsempfänger**

Flux Mobility AG  
Klosterstrasse 34  
8406 Winterthur

MAN Truck & Bus (Schweiz) AG  
Tannstrasse 1  
8112 Otelfingen

Berner Fachhochschule  
Gwerdtstrasse 5  
2560 Nidau

Novidem Swiss AG  
Seetalstrasse 6  
5632 Buttwil

**Autor/in:**

Reto Gunterswiler, Flux Mobility, [reto.gunterswiler@fluxmobility.ch](mailto:reto.gunterswiler@fluxmobility.ch)  
Michael Kopp, Flux Mobility, [michael.kopp@fluxmobility.ch](mailto:michael.kopp@fluxmobility.ch)

**BFE-Projektbegleitung:**

Men Wirz, [men.wirz@bfe.admin.ch](mailto:men.wirz@bfe.admin.ch)

**BFE-Vertragsnummer:** SI/502405-01

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**



## Zusammenfassung

Das elektrische Antriebssystem findet immer grössere Akzeptanz und Nachfrage. Gerade im Nischenmarkt der elektrischen Allradfahrzeuge ist aktuell keine Serienlösung am Markt erhältlich. Dieser Markt ist jedoch gerade in der Schweiz entwickelt und eine entsprechende Lösung ist stark nachgefragt.

Die elektrischen Nutzfahrzeuge von Flux Mobility basieren auf dem Dieselfahrzeug vom MAN TGE. Mit den «First Mover» Fahrzeugen konnte das Proof of Concept des elektrischen Antriebsstrang erbracht werden. Mit dem nächsten Entwicklungsschritt wird das bestehende Konzept unter anderem um ein Allradfahrzeug erweitert.

Die Evaluation der Antriebseinheit und mechanische Integration erwies sich als komplex. Dabei hat sich gezeigt, dass eine Neukonstruktion der Baugruppe im Fond des Fahrzeugs erforderlich war. Dies konnte erfolgreich abgeschlossen werden und der Aufbau des Prototyps konnte mit dem Erstellen des Zwischenberichts gestartet werden.

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme des Fahrzeugs erfolgen umfangreiche Tests. Durch den Allradantrieb kann die Bremsenergie umfangreicher zurückgewonnen. Vorteile sind hier insbesondere bei steilen Bergabpassagen oder bei Fahrten auf rutschigem Untergrund zu erwarten. Weiter bietet das Dual-Motor Konzept die Möglichkeit, je eine Achse für das Anfahren und hohe Geschwindigkeiten auszulegen. Folglich kann das Allradfahrzeug in einer grösseren Anzahl von Fahrsituationen energetisch optimal betrieben werden. Durch Praxistests werden diese Annahmen im weiteren Projektverlauf untersucht.

## Résumé

Le système de propulsion électrique est de plus en plus accepté et demandé. Dans le marché de niche des véhicules électriques à quatre roues motrices en particulier, aucune solution de série n'est actuellement disponible sur le marché. Or, ce marché est justement développé en Suisse et une solution correspondante est très demandée.

Les véhicules utilitaires électriques de Flux Mobility sont basés sur le véhicule diesel du MAN TGE. Les véhicules "First Mover" ont permis d'établir la preuve de concept de la chaîne cinématique électrique. La prochaine étape de développement consistera à étendre le concept existant, notamment à un véhicule à quatre roues motrices.

L'évaluation de l'unité d'entraînement et l'intégration mécanique se sont révélées complexes. Il s'est avéré qu'une nouvelle conception du module à l'arrière du véhicule était nécessaire. Cette opération a pu être menée à bien et le montage du prototype a pu être lancé avec la rédaction du rapport intermédiaire.

Après la mise en service réussie du véhicule, des tests approfondis sont effectués. Grâce à la traction intégrale, l'énergie de freinage peut être récupérée de manière plus importante. Les avantages sont particulièrement évidents dans les descentes abruptes ou lors de trajets sur des surfaces glissantes. De plus, le concept de double moteur offre la possibilité de concevoir un essieu pour le démarrage et un autre pour les vitesses élevées. Par conséquent, le véhicule à quatre roues motrices peut être exploité de manière optimale du point de vue énergétique dans un plus grand nombre de situations de conduite. Ces hypothèses seront examinées dans la suite du projet par des tests pratiques.



## Summary

The electric drive system is finding ever greater acceptance and demand. Especially in the niche market of electric all-wheel drive vehicles, no series solution is currently available on the market. However, this market has just been developed in Switzerland and a corresponding solution is in high demand.

Flux Mobility's electric commercial vehicles are based on the diesel vehicle from the MAN TGE. With the "first mover" vehicles the proof of concept of the electric powertrain could be provided. With the next development step, the existing concept will be expanded to include a four-wheel drive vehicle, among other things.

The evaluation of the drive unit and mechanical integration proved to be complex. It became apparent that a new design of the assembly in the rear of the vehicle was necessary. This was successfully completed and the construction of the prototype could be started with the preparation of the interim report.

After the successful commissioning of the vehicle, extensive tests will be carried out. Thanks to the all-wheel drive, braking energy can be recovered more extensively. Advantages can be expected here, particularly in steep downhill sections or when driving on slippery surfaces. Furthermore, the dual-motor concept offers the possibility to design one axle each for starting and high speeds. Consequently, the all-wheel drive vehicle can be operated in an energetically optimal manner in a larger number of driving situations. These assumptions will be investigated in practical tests as the project progresses.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>3</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Ausgangslage und Hintergrund .....	7
1.2 Motivation des Projektes .....	8
1.3 Projektziele .....	9
<b>2 Anlagebeschrieb</b> .....	<b>10</b>
2.1 Der Flux Umbau .....	10
2.1.1 Flux 1.0 «First Mover» .....	10
2.1.2 Flux 2.0: «AWD» .....	11
2.2 Systembeschreibung .....	12
2.2.1 Mechanischer Aufbau .....	13
<b>3 Vorgehen und Methode</b> .....	<b>13</b>
3.1 Ausgangslage .....	13
3.2 Vorgehen .....	13
<b>4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
4.1 Anforderungsanalyse.....	15
4.2 Komponentenevaluation .....	16
4.3 Mechanische Entwicklung .....	16
4.4 Prototypenaufbau .....	16
<b>5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
<b>6 Weiteres Vorgehen</b> .....	<b>18</b>
6.1 Prototypenaufbau und Optimierung .....	18
6.2 Testing .....	18



## Abkürzungsverzeichnis

ABS	Antiblockiersystem
AWD	All Wheel Drive
DCDC	DC- DC Wandler, hier Hochvolt (655 VDC) zu 12VDC
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
FWD	Front Wheel Drive
HVDU	High Voltage Distribution Unit
RWD	Rear Wheel Drive
TCU	Telemetrie Control Unit
USP	Unique Seling Point
VCU	Vehicle Control Unit



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Die Ausgangslage zur Entwicklung eines elektrischen leichten Nutzfahrzeugs ist geprägt von verschiedenen Faktoren. Einerseits haben immer mehr Unternehmen und Städte das Ziel, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Andererseits gibt es auch gesetzliche Vorgaben zur Reduktion von Schadstoffemissionen, insbesondere in städtischen Gebieten. Hier spielen leichte Nutzfahrzeuge eine wichtige Rolle, da sie oft für den Warentransport oder Arbeiten innerhalb der Städte eingesetzt werden.

Elektrische leichte Nutzfahrzeuge finden ihren Einsatz in verschiedenen Bereichen, in denen robuste und leistungsstarke Fahrzeuge benötigt werden, die zudem umweltfreundlich und wirtschaftlich betrieben werden müssen. Zu den häufigsten Einsatzbereichen gehören:

- Liefer- und Zustelldienste in städtischen Gebieten: Elektrische Nutzfahrzeuge können emissionsfrei betrieben werden und sind somit eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Diesel-Transportern. Durch den Allradantrieb können auch schwierige Strecken und Witterungsbedingungen bewältigt werden.
- Wartungs- und Reparaturarbeiten: Insbesondere in abgelegenen oder schwer zugänglichen Gebieten wie Baustellen oder Waldgebieten werden leichte Allrad-Nutzfahrzeuge benötigt. Die elektrische Variante ist hier besonders geeignet, da sie geräuscharm und emissionsfrei betrieben werden kann.
- Tourismus: Für den Transport von Personen und Gepäck auf abgelegenen oder unebenen Strecken können elektrische leichte Allrad-Nutzfahrzeuge ebenfalls eingesetzt werden, beispielsweise in Gebieten mit schlechter Infrastruktur oder in den Bergen.

Allradfahrzeuge erfreuen sich im Alpenraum oder in Skandinavien einer hohen Beliebtheit. In Skandinavien machen die Allradversion bis zu 83% der Verkäufe aus. In der Schweiz sind Allrad-Fahrzeuge stark nachgefragt und betragen, je nach Modell, bis zu 50% des Verkaufsvolumens. In den übrigen Märkten bewegen sich Allradfahrzeuge bei einem Marktanteil von 10 bis 20%<sup>1</sup>.

Es ist zu erkennen, dass es sich bei den Allrad Nutzfahrzeugen, aus Sicht eines grossen OEMs, um einen Nischenmarkt handelt. Weiter verschärft sich dies durch die Kostensicht. Bei elektrischen Allradfahrzeugen wird üblicherweise ein Dual-Motor Konzept eingesetzt. Dabei wird für die Front und Heckachse ein dedizierter Elektromotor verbaut, wodurch die Zusatzkosten höher sind, als dies bei einem Verbrenner der Fall wäre. Zudem ergeben sich weitere komplexe Schnittstellen im mechanischen, hochvolt und Kommunikationssystemen. Entsprechend komplex ist die Integration in ein Baukastensystem eines OEM.

Insgesamt bieten elektrische leichte Allrad-Nutzfahrzeuge eine vielseitige und nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Diesel-Fahrzeugen, die in vielen verschiedenen Einsatzbereichen eingesetzt werden können. Besonders im Bereich der leichten Allrad-Nutzfahrzeuge gibt es derzeit noch eine Lücke auf dem Markt, die durch die Neuentwicklung von Flux Mobility geschlossen werden kann. Durch die Möglichkeit, die Fahrzeuge individuell an die Anforderungen der Kunden anzupassen, wird ein maßgeschneidertes und effizientes Nutzfahrzeug geschaffen, das es in dieser Form bisher nicht gibt.

---

<sup>1</sup> <https://www.swisscamion.ch/article/der-4x4-sehr-geschaetzt-in-der-schweiz/>



## 1.2 Motivation des Projektes

Die Vorteile einer erhöhten Traktion ist bei konventionell betriebenen Fahrzeugen bereits lange bekannt und erbracht. Aufgrund der vielen Getriebestufen und Umlenkungen haben allradangetriebene Verbrennerfahrzeuge eine geringere Effizienz als reine front- oder heckgetriebene Fahrzeuge. Dieser Nachteil kann bei einem elektrischen Fahrzeug durch ein Dual-Motor Konzept mit dedizierten Achsantrieben verbessert werden. Weiter bietet ein elektrisches Allradfahrzeug weitere Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung:

- Unterschiedliche Getriebeübersetzung an der Vorder-, bzw. Hinterachse erlauben es die Frontachse für hohe Geschwindigkeiten und Heckachse für das Anfahrverhalten zu optimieren. Dadurch kann ein effizienter Einsatz in einem weiten Arbeitsbereich gewährleistet werden.
- Durch den Frontantrieb kann die Rekuperation verbessert werden. Dies kommt insbesondere bei bergab Fahrten oder bei Fahrten auf rutschigem Untergrund zu tragen.

Eine besondere Herausforderung für Elektrofahrzeuge sind schwere Anhängelasten. Elektrofahrzeuge werden üblicherweise mit einem 1-Gang Getriebe konzipiert. Dies hat zur Folge, dass ein Kompromiss zwischen Anfahrvermögen (Antriebsmoment) und maximal erreichbarer Geschwindigkeiten (Motorleistung, erreichbare Drehzahl) gefunden werden muss.

Durch den zusätzlichen Frontantrieb steht dem Fahrzeug markant mehr Antriebsmoment und -leistung zur Verfügung, was das Ziehen von Anhängern mit bis zu 3.5t ermöglicht.

Mit der Entwicklung eines elektrischen Allradfahrzeugs können die Einsatzgebiete eines elektrischen Nutzfahrzeugs erweitert werden. Dies ist insbesondere bei Anwendungen, welche eine erhöhte Traktion erfordern, relevant.

- Blaulichtfahrzeuge mit einer erhöhten Anforderung an die Geländegängigkeit und Geschwindigkeit (Bsp. Feuerwehr)
- Ziehen von schweren Anhängelasten
- Höhere Effizienz in topologisch anspruchsvollen Geländen (Bsp. Passfahrten) und über einen grösseren Geschwindigkeitsbereich

Die Motivation hinter der Allrad-Neuentwicklung von elektrischen leichten Nutzfahrzeugen liegt darin, den Markt für elektrische Nutzfahrzeuge weiter zu erschließen und die Nachfrage nach umweltfreundlichen und kosteneffizienten Transportlösungen branchenübergreifend zu bedienen. Insbesondere im Bereich des schweren Einsatzes, in dem eine hohe Geländetauglichkeit und Allradantrieb gefragt sind, gibt es derzeit noch keine elektrische Option. Durch die Neuentwicklung wird die Lücke auf dem Markt geschlossen werden und eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Diesel-Nutzfahrzeugen geboten.



### 1.3 Projektziele

Das Projekt wird Erkenntnisse in den folgenden Punkten liefern:

- Die Integration eines Allradantriebs in ein Elektrofahrzeug erfordert spezielle Anforderungen an die Steuerungs- und Regelungssysteme, um die Leistung und Traktion effektiv zu verwalten und gleichzeitig die Batterielebensdauer zu maximieren.
- Die Auswahl und Integration der Komponenten, einschließlich der Motoren, Batterien und Steuerungselemente, spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung eines leistungsfähigen und effizienten elektrischen Allradantriebs.
- Die Entwicklung von intelligenten Energiesparfunktionen, wie z.B. eine adaptive Regelung der Antriebsleistung, kann die Effizienz des elektrischen Allradantriebs verbessern und die Batterielebensdauer verlängern.
- Die Kombination von Allradantrieb und Elektromobilität kann eine größere Reichweite und höhere Flexibilität in anspruchsvollen Fahrbedingungen bieten, wie z.B. bei schwerem Gelände oder bei schlechten Wetterbedingungen.
- Die Kosten für die Entwicklung von elektrischen Allradfahrzeugen sind derzeit noch höher als bei konventionellen Allradfahrzeugen, aber mit zunehmender Produktion und Skalierung wird erwartet, dass diese Kosten sinken werden.

Insgesamt bieten elektrische Allradfahrzeuge eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge und können eine wichtige Rolle bei der Umstellung auf nachhaltige Mobilität spielen.



## 2 Anlagebeschrieb

### 2.1 Der Flux Umbau

Flux Mobility rüstet konventionell angetriebene MAN TGE auf elektrische Fahrzeuge um. Dabei wird der komplette Dieselantriebsstrang ausgebaut und die betroffenen Systeme durch die entsprechenden elektrischen äquivalente ersetzt.

Ein Elektrofahrzeug stellt andere Anforderungen an die Bedienung der Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Fahrer. Daher werden die Bedienelemente und Anzeigen auf die entsprechenden Bedürfnisse angepasst.

Zusätzlich integriert Flux eine Telemetrieinheit, welche den aktuellen Fahrzustand des Fahrzeugs an das Flottenmanagementsystem überträgt. Komplexe Bedienungen, wie das Einstellen des gewünschten Ladeendstands der Batterie, können über die Telemetrieinheit mittels einer Smartphone App vorgenommen werden.

#### 2.1.1 Flux 1.0 «First Mover»

In einem ersten Entwicklungsschritt sind die sogenannten «First Mover» entwickelt worden. Diese dienen als Proof of Concept und stellen unter Beweis, dass ein handelsüblicher MAN TGE zu einem Elektrofahrzeug umgerüstet und betrieben werden kann. Dieser Entwicklungsschritt wurde bis Ende 2022 erfolgreich umgesetzt und die Fahrzeuge werden bereits jetzt in kleine Stückzahlen hergestellt.

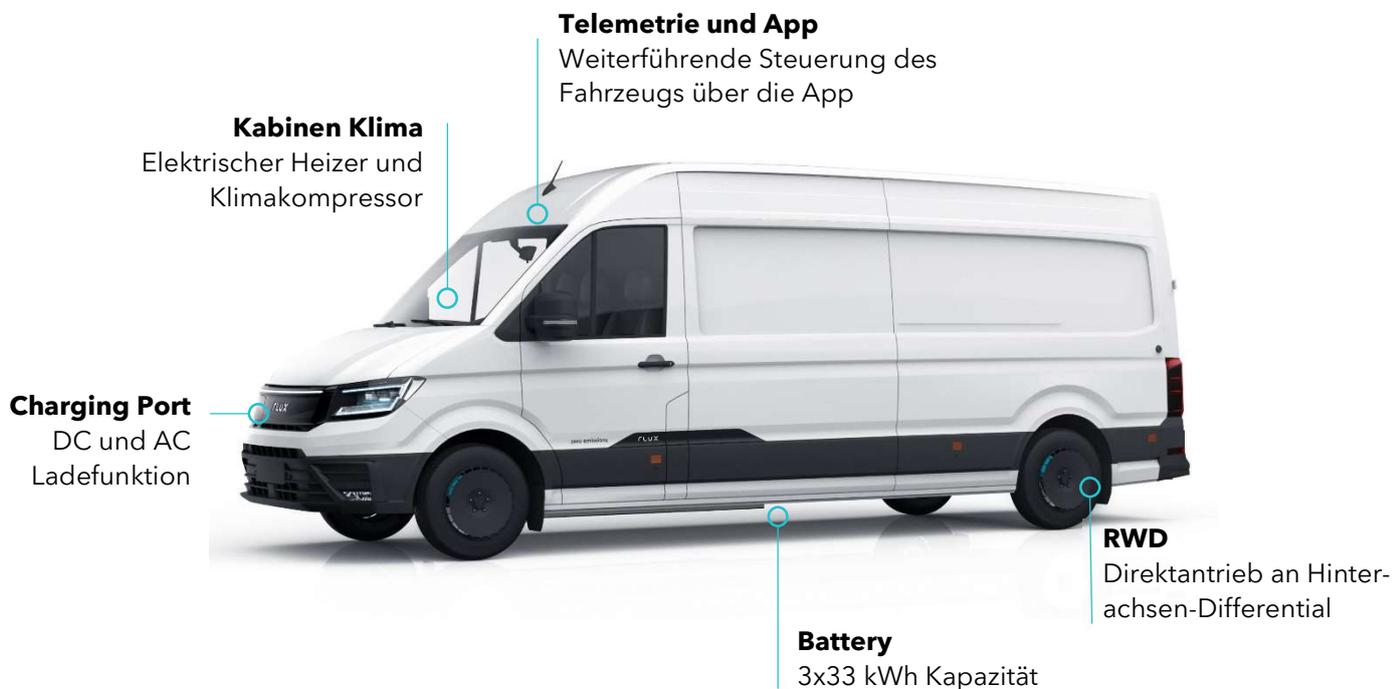


Abbildung 1: Funktionalität des Flux 1.0



Tabelle 1: Spezifikation des Fluy 1.0 "First Mover"

Batteriekapazität	99 kWh
Batterieleistung	150 kW (cont) 450 kW (peak)
Leistung (RWD)	100 kW
Antriebsmoment (RWD)	2'444 Nm (cont) 5'640 Nm (peak)
Laden	22 kW (AC) 135 kW (DC)

### 2.1.2 Flux 2.0: «AWD»

Der zweite Entwicklungsschritt hat zum Ziel, die Flux-Plattform fit für den Nischenmarkt zu machen und neue USPs zu erschliessen. Dazu wird eine zweite Antriebsachse ins Fahrzeug integriert, wodurch das Fahrzeug als Allrad betrieben werden kann. Weiter wird ein leistungsstarker elektrischer Nebenantrieb integriert. Dieser dient zum Betrieb von Aufbauten, wie beispielsweise ein Reinigungsfahrzeug und betreibt ein Hydraulikaggregat. Daneben werden im Entwicklungsschritt zahlreiche Herstell- und Produktionsoptimierungen vorgenommen

Die Integration der Frontantriebsachse und die damit verbundenen Entwicklungsaufwand bzgl. der Steuerung, Regelung und energetischen Betrachtung wird im Rahmen dieses Förderprojekts unterstützt.

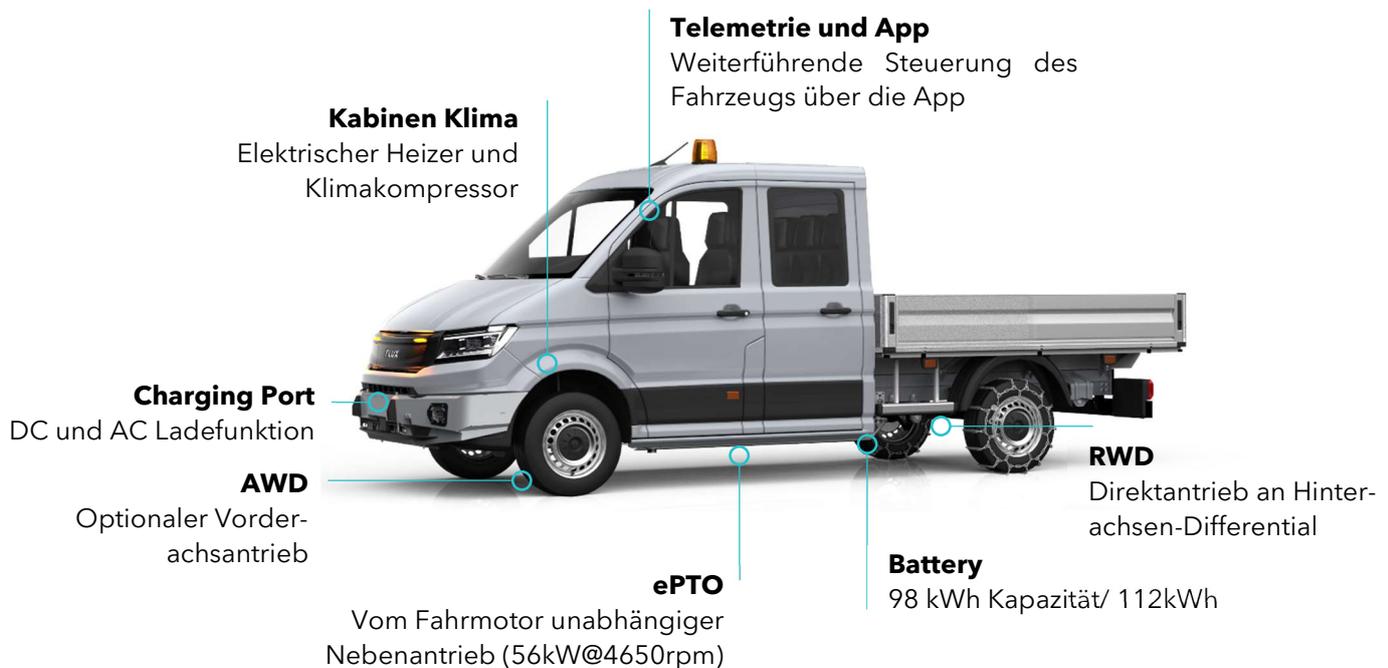




Tabelle 2: Spezifikation der Flux 2.0

Batteriekapazität	112 kWh (NMC)	98 kWh (NMC)
Batterieleistung	112 kW (cont) 250 kW (peak)	80 kW (cont) 98 kW (peak)
Leistung (FWD)	70 kW (cont) 140 kW (peak)	
Antriebsmoment (RWD)	1'140 Nm (cont) 2'280 Nm (peak)	
Leistung (RWD)	100 kW	
Antriebsmoment (RWD)	2'444 Nm (cont) 5'640 Nm (peak)	
Laden	22 kW (AC) 112 kW (DC)	22 kW (AC) 80 kW (DC)

## 2.2 Systembeschreibung

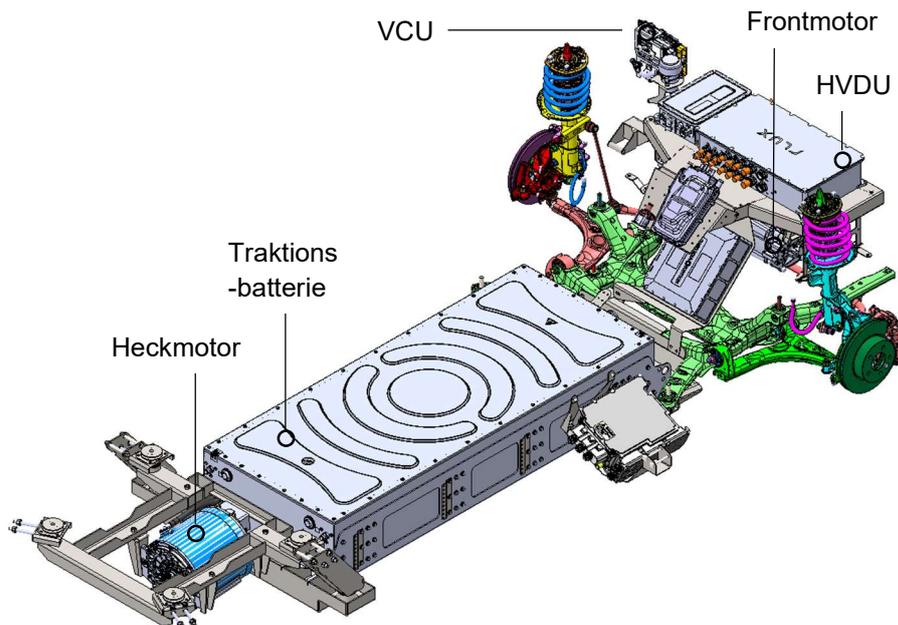
Durch den Umbau zum elektrischen Fahrzeug werden beim Verbrenner-Basisfahrzeug sämtliche Komponenten entfernt, welche mit dem ursprünglichen Antriebsstrang in Verbindung standen. Dazu zählen neben dem Motor, auch die Treibstoffaufbereitung, Abgasnachbehandlung und diverse Support Systeme. Die ausgebauten Systeme werden durch elektrische äquivalente Systeme ersetzt und simuliert. Dadurch entstehen neben Kommunikationsschnittstellen (CAN, digitale Ein- und Ausgänge) auch diverse physikalische Schnittstellen, wie Drehmomentübertragung, Vakuumerzeugung, Kühlwasser, etc.



### 2.2.1 Mechanischer Aufbau

Die notwendigen elektrischen und mechanischen Komponenten werden in den, durch den Ausbau der Diesellaggregate freigewordenen Bauraum, integriert. Dies beschränkt sich im Wesentlichen auf den Motorraum und den Unterboden.

Die Frontachse wird durch einen eigenen Motor angetrieben, somit ist keine Kardanwelle in Längsrichtung erforderlich und die Batterie kann zentral im Fahrzeug integriert werden.



## 3 Vorgehen und Methode

### 3.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Förderprojekts wird die Integration der elektrischen Frontantriebseinheit entwickelt. Nutzfahrzeuge mit Allradantrieb stellen auf den ersten Blick einen Nischenmarkt dar, insbesondere im Bereich des elektrischen Allradantriebs. Aufgrund der topografischen und klimatischen Anforderungen sind solche Fahrzeuge aber besonders in der Schweiz und im alpinen Raum stark nachgefragt.

### 3.2 Vorgehen

Der Entwicklungsprozess bei Flux Mobility sieht fünf Phasen vor, welche unterschiedliche Ziele und Fragestellungen beantwortet.

#### Innovation

- Klärung der Kunden- und Marktanforderungen
- Definition der Nutzungsszenarien
- Analyse der technischen Machbarkeit
- Technisches Grobkonzept

#### Konzeptphase

- Auslegung der einzelnen Teilsysteme



- Bauteilevaluation der relevanten Komponenten
- Erstellen der konzeptionellen Schemata

### Entwicklung

- Umsetzung der Konzepte in den klassischen Disziplinen
  - Mechanische Konstruktion
  - Elektrische Entwicklung
  - Softwareentwicklung
- Erstellen der Herstellunterlagen
- Komponententests

### Realisieren

- Aufbau des Prototyps
- Systemtests
- Gesamtfahrzeugtests

### Industrialisierung

- Optimierung für Serienproduktion
- Anpassung von Fertigungsverfahren und Lieferantenaufbau
- Erstellen der Fertigungsunterlagen

Der Entwicklungsprozess ist als Bestandteil eines Problemlösungszyklus zu verstehen, wodurch der Prozess mehrfach durchlaufen werden kann und die Trennung der einzelnen Schritte nicht immer scharf ist.

Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft den Entwicklungsprozess. Innerhalb des Förderprojekts werden die Schritten 1 (Innovation) bis 4 (Realisieren) betrachtet. Aktuell befindet sich das Projekt im Aufbau des Prototyps und somit im 1. Teil der Realisierungsphase. Mit dem Start der Testingphase im April begann der 2. Teil der Realisierungsphase. Dabei werden Erkenntnisse gewonnen, welche die Grundlagen für die Weiterentwicklung und Optimierung des AWDs bildet.



Abbildung 2: Entwicklungsprozess bei Flux Mobility



## 4 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

### 4.1 Anforderungsanalyse

Als Basisanforderungen wird gestellt, dass die bisherigen, bewährten Systeme und Komponenten der «First Mover» beibehalten werden können. Auf die Spezifikation der Frontantriebseinheit hat dies einen wesentlichen Einfluss bezüglich Systemspannung, Leistung, mechanischer Aufbau/Bauraum, Kühlung und Ansteuerung. Zudem müssen die Systeme am Markt verfügbar sein.

Es ist davon auszugehen, dass ein Allrad-Fahrzeug vorwiegend im alpinen Raum eingesetzt wird. Dabei ist mit langanhaltenden und steilen Anstiegen zu rechnen. Als Beispiel ist hier der Flüelenpass zu nennen, welcher während 11.5km 963m ansteigt. Dies entspricht einer durchschnittlichen Steigung von 8.4%, bei einer zu erwartenden Fahrzeit von ca. 15min. Als steiles Autobahn Stück ist die San Bernadino Südrampe zu nennen. Diese steigt, während 18km um 980m, was einer durchschnittlichen Steigung von 5.4% entspricht. Kurzzeitig können Passstrassen auch deutlich steilere Passagen aufweisen.

Das Chassis der Flux Fahrzeuge ermöglicht das Ziehen von grossen Lasten. Die obige Anwendungsbeschreibung legt dar, dass anhaltenden Steilpassagen mit vollem Gesamtzugsgewicht (8.0t) zu bewältigen sind.



## 4.2 Komponentenevaluation

Die Evaluation einer geeigneten Antriebseinheit erwies sich als anspruchsvolle und zeitaufwändige Aufgabe aus verschiedenen Gründen.

Flux Mobility setzt hauptsächlich Komponenten aus dem LKW- und Bussegment ein, wodurch die Systemspannung bei 655VDC (nominal) liegt. Im Vergleich dazu beträgt die übliche Systemspannung bei Personenkraftwagen bis zu 400VDC. Zudem ist ein vollintegriertes System mit Inverter, Motor und Differentialgetriebe wünschenswert, um eine reibungslose spätere Industrialisierung zu gewährleisten. Dadurch war die Auswahl begrenzt und die Abklärungen dauerten entsprechend lange.

Zusätzlich haben die allgemeine Chipkrise und die Verfügbarkeit von Bauteilen einen erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit und Lieferzeiten der Antriebseinheiten.

## 4.3 Mechanische Entwicklung

Der Bauraum im Fond des Fahrzeugs ist bereits durch die Baugruppe *Geräteträger* stark ausgenutzt. Die Bauraumanalyse während der Evaluation hat gezeigt, dass Konflikte zwischen der bisherigen Baugruppe und einer zusätzlichen Baugruppe für die Antriebseinheit besteht. Weiter hat es sich als schwierig erwiesen die entstehenden Drehmomente abzustützen. Entsprechend wurde ein neues Platzierungs-, Montage- und Konstruktionskonzept erarbeitet.

Der Geräteträger wird an den Montagepunkten des quereingebauten Verbrennermotors montiert. Die Drehmomentabstützung erfolgt dabei am Achsträger. Die Krafteinleitung ins Fahrzeug erfolgt somit analog zu einem Dieselfahrzeug.

## 4.4 Prototypenaufbau

Sämtliche Komponenten und Materialien sind beschafft und in Herstellung. Mit dem Aufbau des Prototypens wurde mit dem Eintreffen des Chassis am 06.03.23 begonnen. Die Montage und Inbetriebnahme konnte bis Ende April erfolgreich abgeschlossen werden.



Abbildung 3 Erstellter AWD Prototyp



## 5 Bewertung der bisherigen Ergebnisse

Mit dem Zwischenbericht vom Mai 2023 konnte der Prototyp des Allradfahrzeugs erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die ersten Versuche auf dem Prüfstand bei Novidem erfolgreich durchgeführt werden und die Antriebskomponenten an ihre Leistungsgrenzen gebracht werden.



Abbildung 4: Impression von Versuchen auf dem Prüfstand



## 6 Weiteres Vorgehen

### 6.1 Prototypenaufbau und Optimierung

Der Prototyp wird durch Flux final aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Optimierung der Software erfolgt während den Fahrversuchen. Die Weiterentwicklung der Software unter Realbedingungen hat zum Ziel, das Fahrverhalten des Fahrzeugs zu optimieren. Dies betrifft beispielsweise eine Antriebsschlupfregelung.

### 6.2 Testing

Das Allradfahrzeug von Flux soll durch Versuche auf dem Prüfstand und realen Testfahrten erprobt werden. Dabei wird in erster Linie untersucht, welche Vorteile sich bei einem AWD-Fahrzeug im Vergleich zu einem RWD-Fahrzeug ergeben. Dabei sieht Flux ein Potential in folgenden Anwendungsfällen:

- Fahrt bei hohen Geschwindigkeiten
- Bergabfahrten mit geringer Last auf der Hinterachse
- Bei Fahrten bei schlechten Strassenverhältnissen (Schnee, Regen)
- Generelle Steigerung der Effizienz

Der Frontantrieb ist schneller drehend als der Heckantrieb und weist bei hohen Drehzahlen (Fahrzeuggeschwindigkeit >100 km/h) eine höhere Effizienz auf als der aktuell eingesetzte Heckmotor. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit die Antriebsleistung primär durch die Frontachse zu erbringen und die Effizienz des Fahrzeugs entsprechend zu steigern.

Bei Bergabfahrten ist die Achsbelastung auf der Frontachse erhöht und bei der Hinterachse reduziert. Die Achslast und der Reibwert zwischen Reifen und Strasse ist entscheidend, für die vom Fahrzeug auf die Strasse übertragbaren Kräfte. Dies betrifft in diesem Anwendungsfall das maximal erreichbare Rekuperationsmoment. Durch die Rekuperation auf beiden Achsen, kann die Energie maximal zurückgewonnen werden und somit die Eingriffe durch die mechanische Bremse minimiert werden. Diese Umstände kommen insbesondere auf Fahrten mit rutschigem Untergrund, wie Schnee oder nasse Fahrbahnen, zum Tragen.