

# Projektabschlussbericht 2021

## Projekt LastMileTram IIIb

Projekt	
LastMileTram IIIb	
Thema: Simulationsbasierte Analyse des Zustellkonzeptes von KEP-Sendungen mittels einer Straßenbahn am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main hinsichtlich entstehender Kosten und Emissionen, sowie Analyse relevanter Rechtsnormen.	
Gefördert von: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen	Laufzeit: 21.01.2021 – 31.12.2021
Förderer-Nr.: 2695 0458 2020 0017	Gesamtkosten: 154.350,00 EUR
Projektleitung	
Projektleiter	
Prof. Dr. Kai-Oliver Schocke, 069 1533-3870, schocke@fb3.fra-uas.de	
Prof. Dr.-Ing. Petra Schäfer, 069 1533-2797, petra.schaefer@fb1.fra-uas.de	
Prof. Dr. Domenik Wendt, 069 1533 3876, wendt@fb3.fra-uas.de	
Deike Tamm, 069 1533-3690, deike.tamm@fb3.fra-uas.de	
Silke Höhl, 069 968 6350 20, silke.hoehl@fb3.fra-uas.de	
Institution:	Frankfurt University of Applied Sciences

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Projektfortschritt.....	2
2.1	Simulation.....	2
2.1.1	Aufbau der Simulation .....	2
2.1.2	Testen der Simulation.....	3
2.1.3	Ergebnisse der Simulation auswerten und bewerten .....	3
2.1.4	Weitere Schritte .....	6
2.2	Rechtsgrundlagen .....	6
2.2.1	Betrieb der „LastMileTram“ .....	6
2.2.2	Fahrzeugtechnische Konzipierung der „LastMileTram“ .....	7
2.2.3	Anpassung des „LastMileTram“-Konzepts .....	7
2.2.4	Betrieb der Mikrodepots.....	7
2.2.5	Installation der Befestigungssysteme an Haltestellen .....	7
2.2.6	Betrieb der Lastenradbelieferung.....	7
2.2.7	Minimierung des Haftungsrisikos .....	7
3	Ausblick .....	8

# 1 Einleitung

Das Sendungsaufkommen in Deutschland ist in den letzten Jahren überdurchschnittlich gestiegen. Laut Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur steigt die Transportleistung des Güterverkehrs auf der Straße bis 2030 um 38%<sup>1</sup>. Steigende Umweltbelastungen durch Emission und ein zunehmender Flächenraum sind die Folgen. Damit einhergehend sind eine sinkende Aufenthaltsqualität und Konfliktsituationen mit anderen Verkehrsteilnehmern, besonders in urbanen Räumen. Grenzwerte für den Ausstoß von Stickoxiden werden in mehreren deutschen Städten überschritten, weshalb diese von der EU-Kommission angeklagt werden.<sup>2</sup>

Begründet durch das Wachstum der KEP<sup>3</sup>-Dienstleister-Branche und dem damit verbundenen Verkehr, sind innovative Konzepte gefragt, welche auf die Bedürfnisse der städtischen Gegebenheiten sowie aller Betroffenen eingehen. Um dies zu erzielen, wurde bereits im Forschungsprojekt LastMileTram Teil 1 und Teil 2 ein Belieferungskonzept durch Integration des Tramnetzes für Frankfurt entwickelt. Dabei konnte auch die technische Realisierbarkeit dargestellt werden.

In diesem Projekt soll auf Basis der in genannten Vorgängerprojekten lastmiletram I/II/IIIakath gewonnenen Erkenntnisse eine Simulation verschiedener Szenarien durchgeführt werden. Einerseits wird das Null-Szenario dargestellt, in dem das aktuelle Belieferungskonzept per Transporter simuliert wird. Ein weiteres Szenario besteht in der Nutzung einer kombinierten Tram, in der sich Personen und Güter gleichzeitig aufhalten. Darüber hinaus soll das Szenario einer reinen Gütertram (a) ohne großen Umbauaufwand sowie (b) mit Umbauaufwand betrachtet werden. Als letztes Szenario wird eine Personentram mit einem Anhänger für Güter untersucht.

1. Null-Szenario der bestehenden Belieferung
2. Mix-Szenario Personen und Güter gemeinsam
3. Bestand-Szenario reiner Gütertransport in bestehenden Personenfahrzeugen
4. Umbau-Szenarien reiner Gütertransport in einer umgebauten Tram mit maximalen Platzverhältnissen
5. Anhänger-Szenario Personentransport im Hauptwagen und ein Anhänger mit Gütern.

Alle Szenarien werden hinsichtlich ihres Kosteneinsatzes (Anschaffungs- bzw. Umbaukosten und Betriebskosten), Ertrags, Personaleinsatzes und Einsparungspotentials analysiert und verglichen.

Während des Forschungsprojekts LastMileTram Teil 1 und 2 sind vielfältige rechtliche Aspekte als relevant erkannt worden. Sie sollen in diesem Projekt final analysiert werden. So soll zum einen untersucht werden, welche privatrechtlichen und öffentlich-rechtlichen Rechtsquellen bei der Umsetzung des LastMileTram Konzepts Anwendung finden würden. Zudem sollen die relevanten Pflichtenkreise identifiziert und mögliche Haftungsszenarien untersucht werden.

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2014, S.2

<sup>2</sup> Europäische Kommission 2018, S.3

<sup>3</sup> Kurier-, Express- und Paketdienstleister

## 2 Projektfortschritt

Der Projektfortschritt wird in diesem Kapitel vorgestellt. Die verschiedenen Themenbereiche (Simulation und Rechtsgrundlagen) werden im Folgenden dargestellt.

### 2.1 Simulation

Die Simulation gliedert sich in drei Arbeitspakete. Sie beginnt mit der eigentlichen Modellierung verschiedener Szenarien. Parallel dazu werden Daten aufbereitet und ganze Datenbanken generiert. Anschließend daran wird die Simulation getestet und durchgeführt.

Im Projekt lastmiletram IV wurden diese Arbeitspakete behandelt:

AP1 – Simulation
AP1.1 – Aufbau der Simulation
AP1.3 – Testen der Simulation
AP1.4 – Ergebnisse der Simulation auswerten und bewerten

#### 2.1.1 Aufbau der Simulation

Das Arbeitspaket wurde voll umfänglich erfolgreich bearbeitet.

Im AP 1.1 wurden für die Simulation drei Szenarien entwickelt (Abbildung 1):

1. Transporter-Szenario
2. LastMileTram-Szenario (LMT)
3. Mixed LastMileTram-Szenario (Mixed LMT)

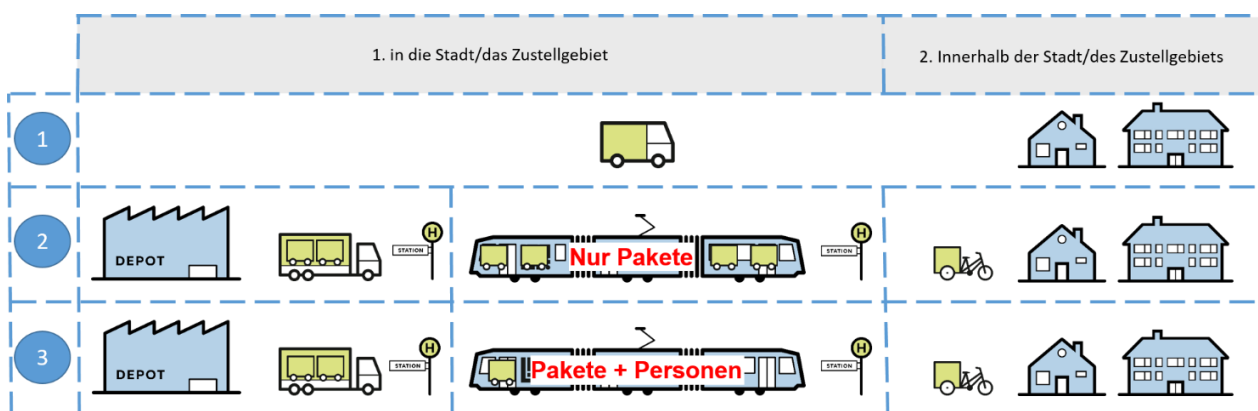


Abbildung 1: Die drei zu analysierenden Szenarien; Quelle: eigene Darstellung

Schon in dem Projekt lieferradDA III wurden diese im Tool Anylogic modelliert. Das Transporter-Szenario umfasst die aktuell angewandte Sendungszustellung mittels Transporter. Das LMT-Szenario beinhaltet die Zustellung von Sendungen mithilfe von Lkw, Straßenbahn(en) und

eLastenrädern. Es befinden sich ausschließlich Sendungen in der Straßenbahn. Dabei kann die Straßenbahn auf dem gesamten Straßenbahnnetz operieren, ohne sich an die Linien halten zu müssen. Das mixed LMT-Szenario beschreibt ebenfalls die Zustellung von Sendungen mithilfe von Lkw, Straßenbahn(en) und eLastenrädern. Der Unterschied liegt jedoch in dem gemeinsamen Transport von Sendungen und Personen in der Straßenbahn. Dadurch ist der Transport der Sendungen an den Linienplan gebunden. Es herrschen stärkere zeitliche und kapazitive Einschränkungen.

Im Projekt lieferradDA IV wurden die Szenarien verfeinert und insbesondere die Szenarien (2) und (3) einer detaillierten Analyse unterzogen

### 2.1.2 Testen der Simulation

Das Arbeitspaket wurde voll umfänglich erfolgreich bearbeitet.

Die Simulationsanwendung wurde auch in 2021 weiterentwickeln, verfeinert und angepasst.

### 2.1.3 Ergebnisse der Simulation auswerten und bewerten

Das Arbeitspaket wurde voll umfänglich erfolgreich bearbeitet.

Das AP 1.4 beinhaltet das Durchführen und Testen der Simulation. Hierbei wurde zweistufig vorgegangen:

Auf Basis der ermittelten Input-Parameter wurden die Szenarien in Microsoft Excel nachgestellt und berechnet. Die Input-Daten stammen aus den Interviews mit den beteiligten Unternehmen sowie eigenen Recherchen.

Tabelle 1: Vergleichsrechnung LastMileTram - Szenario und Transporter-Szenario

<b>3-stufiges LastMileTram-Szenario</b>			
	<b>K</b> <b>pro AT</b>	<b>K</b> <b>pro Sendung</b>	<b>EM</b> <b>(t)</b>
<b>TA1 - Lkw</b>	1.023,17 €	0,07 €	0,350
<b>TA2 - LastMileTram</b>	4.940,27 €	0,34 €	0,373
<b>TA3 - eLastenrad</b>	12.647,03 €	0,87 €	0,021
<b>Tb - Transportboxen</b>	1.883,41 €	0,13 €	
<b>GeSLMT-Szenario</b>	<b>20.493,88 €</b>	<b>1,41 €</b>	<b>0,745</b>
<b>1-stufiges Transporter-Szenario</b>			
	<b>K</b> <b>pro AT</b>	<b>K</b> <b>pro Sendung</b>	<b>EM</b> <b>(t)</b>
<b>TA1 - Lkw</b>	1.341,68 €	0,09 €	0,473
<b>TA2 - Transporter</b>	23.106,56 €	1,58 €	1,603
<b>GeST-Szenario</b>	<b>24.448,24 €</b>	<b>1,67 €</b>	<b>2,076</b>

Es ist erkennbar, dass in dieser (im Vergleich zu einer Simulation) einfachen Berechnung das lastmiletram (LMT) – Szenario deutlich günstiger (Kosten) und emissionsärmer ist.

Eine Simulation ermöglicht es, weitere Aspekte in die Untersuchung einzubeziehen, die aufgrund ihrer Komplexität eine Berechnung in Excel sehr aufwändig oder gar unmöglich gemacht hätten. Die Simulation ist eine Weiterentwicklung der o.g. Vergleichsberechnungen. In den Vergleichsberechnungen wurde das Fallbeispiel Hermes für eine Beladehaltestelle und eine Entladehaltestelle berechnet. Diese Betrachtungsweise wird nun dahingehend erweitert, dass zu dem Fall Hermes die Fälle DHL, UPS und DPD betrachtet werden. Diese vier KEP-Unternehmen repräsentieren die größten Marktteilnehmer mit einem Anteil von 99 %<sup>194</sup> im KEP-Markt und wurden aus diesem Grund ausgewählt. Weiterhin untersucht die Simulation verschiedene Haltestellen zum Be- und Entladen von Sendungen. So entstehen unterschiedliche Kombinationen von Be- und Entladehaltestellen. Mit den per Simulation generierten Daten können Auswirkungen verschiedener Merkmale auf Kosten und Emissionen untersucht werden.

Für die Generierung von Daten wurden verschiedene Fälle entwickelt. Als Grundlage dafür dienten die vier größten KEP-Dienstleister: DHL, Hermes, DPD und UPS. Sie sind die vier untersuchten Fälle. Das Depot von Hermes befindet sich in Hanau, östlich von Frankfurt. Das Depot von DPD ist in Raunheim, südlich von Frankfurt lokalisiert. Die Depots von DHL und UPS liegen im Osten Frankfurts in Fechenheim. Es wurden Sendungsdaten des KEP-Dienstleisters Hermes verwendet. Sie implizieren das Sendungsaufkommen eines Tages je Stadtteil in Frankfurt am Main. Sie wurden als Grundlage für alle vier Fälle verwendet (DHL, Hermes, UPS und DPD).

Im Rahmen des LastMileTram-Szenarios wurden jedem KEP-Dienstleister geeignete Beladehaltestellen sowie Entladehaltestellen zugeordnet. Die Eignung der Be- und Entladehaltestellen hängt von der geografischen Lage des KEP-Depots und der jeweiligen Haltestelle innerhalb vom Frankfurt am Main sowie von der Gebäudenutzung des Stadtteils, in dem die Haltestelle liegt, ab. Potenzielle Entladehaltestellen, welche eine gute Lage in der Stadt und zum Depot haben, aber nicht in einem Mischnutzungsgebiet oder Innenstadtdistrict liegen, gelten als ungeeignet.

Die Simulation zeigt, dass die untersuchten 3-stufigen Zustellkonzepte zu niedrigeren Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen führen können.

Das LastMileTram-Szenario ist im Vergleich zum Mixed LastMileTram-Szenario günstiger und erzeugt gleichfalls geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen. Beide Szenarien verursachen niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen als das Transporter-Szenario. Die niedrigeren Kosten des LastMileTram-Szenarios sind jedoch auf den Einsatz von eLastenrädern und nicht auf den Einsatz einer Straßenbahn zurückzuführen. Es zeigte sich, dass es günstiger ist, eine möglichst geringe Strecke per Straßenbahn zurückzulegen. Die angewendeten Stundenkosten der Straßenbahn, welche 328 €/h betragen, sind zu hoch, um die Straßenbahn wettbewerbsfähig gegenüber dem Lkw werden zu lassen. Die Simulation zeigt, dass die „break even“ Kosten Tram <> Lkw bei 30,50 €/h liegen.

Insgesamt ist das Mixed LastMileTram-Szenario kostenintensiver als das LastMileTram-Szenario und das Transporter-Szenario.

Weiterhin konnte herausgefunden werden, dass der 3-stufige Zustellprozess so dimensioniert werden muss, dass jeder Transportabschnitt sowohl aus kapazitiver als auch aus zeitlicher Sicht bestmöglich ausgelastet ist. Dies kann mit einer möglichst ähnlichen Transportrate je Transportabschnitt erreicht werden. Dies bedeutet, dass die Kapazitäten der Verkehrsmittel der verschiedenen Transportabschnitte so gleich wie möglich oder ein Vielfaches voneinander sein sollten. Kann der Lkw nur halb so viele Transportboxen wie die Straßenbahn fassen, so müssen doppelt so viele Lkw eingesetzt werden. Nur so können Wartezeiten der Straßenbahn, die zu zusätzlichen Kosten führen, vermieden werden. Das gleiche gilt für die Tourdauern der Verkehrsmittel jedes Transportabschnitts. Dauert eine Lkw-Tour doppelt so lange wie die Tour einer Straßenbahn, so müssen doppelt so viele Lkw eingesetzt werden. Die Dimensionierung der Verkehrsmittel jedes Transportabschnitts ist ein wichtiger Aspekt für die Senkung der Kosten.

Der Einsatz des marktüblichen Strommixes zeigt, dass die Straßenbahn zwar lokal emissionsarm unterwegs ist, die Erzeugung des Stroms jedoch so viel CO<sub>2</sub>-Emissionen ausstößt, dass die Simulation verdeutlicht hat, dass es aus Emissionssicht besser ist geringere Strecken mit der Straßenbahn zurückzulegen. Die Nutzung von Strom, welcher auf nachhaltigere Weise durch Wasserkraft erzeugt wurde, zeigt, dass sich der eben beschriebene Trend umkehrt und es dann aus Emissionssicht besser ist, weitere Strecken mit der Straßenbahn zurückzulegen.

Der Nutzen von mehr als einer Entladehaltestelle konnte nicht nachgewiesen werden. In jedem Fall ist es aus Kosten- als auch Emissionssicht günstiger nur eine Entladehaltestelle zu verwenden. Zwar führten mehrere Entladehaltestellen zu geringeren Kosten der eLastenräder, jedoch konnten diese die Mehrkosten für die weitere Fahrt der Straßenbahn nicht in dem Maße mindern, dass es insgesamt günstiger wird mehr als eine Entladehaltestelle zu verwenden.

Dieser Teil des Forschungsprojekts ist das Dissertationsthema der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Silke Höhl. Sie wird als erste Doktorandin des Promotionszentrums Mobilität und Logistik im Sommer 2022 die Arbeit abgeben. Wir verweisen daher an dieser Stelle für weitere Details auf die im Anschluss erscheinende Monographie.

#### 2.1.4 Weitere Schritte

Es besteht ein sehr großes Interesse, bspw. von Hermes, sich an einer lastmiletram zu beteiligen. Es gab während der Projektlaufzeit verschiedene mögliche Fördertöpfe, auf die die VGF und die Stadt Frankfurt hingewiesen wurden.

An der Erarbeitung des City-Logistik-Konzepts Frankfurt waren die Antragsteller beteiligt. Dies beinhaltet das lastmiletram- wie auch das lieferradDA – Projekt, ist seit November 2021 abgeschlossen und wird am 18.7.2022 der Öffentlichkeit vorgestellt.

## 2.2 Rechtsgrundlagen

Das Arbeitspaket 2.2 zu den Rechtsgrundlagen gliederte sich in zwei Teile:

- Erfassung und Systematisierung der Pflichtenkreise handelnder Akteure
- Erstellung und Analyse möglicher Haftungsszenarien

Die Arbeitspakete wurden voll umfänglich bearbeitet.

In der Folge werden zusammenfassend die erarbeiteten Handlungsempfehlungen aus rechtlicher Sicht aufgeführt:

### 2.2.1 Betrieb der „LastMileTram“

- (1) Die „LastMileTram“ sollte von der Verkehrsgesellschaft als Nebentätigkeit betrieben werden.
- (2) Bei Betrieb der Nebentätigkeit ist das Prinzip der Trennungsrechnung zu beachten. Zu den Mindestvoraussetzungen zählen:
  - a. Getrennte Kontoführung der betrieblichen Aktivitäten;
  - b. Finanzieller Ausgleich für die Nutzung der Ressourcen der öffentlichen Dienstleistung für die Zwecke der „LastMileTram“;
  - c. Verbot der Übertragung von Einnahmen der öffentlichen Dienstleistung auf den Betrieb der „LastMileTram“.
- (3) Ggf. sollte der Unternehmenszweck um die Güterbeförderung in Straßenbahnen erweitert werden.



### 2.2.2 Fahrzeugtechnische Konzipierung der „LastMileTram“

- (1) Sobald die Bauentwürfe für die „LastMileTram“ vorliegen, ist bei der Technischen Aufsichtsbehörde ein Antrag auf Inbetriebnahmegenehmigung zu stellen, ggf. als Ausnahmegenehmigung.
- (2) Falls auch Personen befördert werden sollen ist, eine Genehmigung einzuholen, die die Betriebsaufnahme, die Linienführung und ggf. den Bau von Betriebsanlagen zum Inhalt hat.
- (3) Die Fahrzeuge der „LastMileTram“ sollten nach dem Stand der Technik konzipiert sein, sodass ihre (Lärm)Emissionen möglichst gering sind.
- (4) Entsprechende DIN-Normen für Straßenbahnen sind an den Gütertransport anzupassen.

### 2.2.3 Anpassung des „LastMileTram“-Konzepts

- (1) Für den Be- und Entladevorgang sollten die Immissionsrichtwerte der TA Lärm beachtet werden. Sie richten sich unter anderem nach der Bebauung in der Nachbarschaft. Verladevorgänge mit hohen Lärmemissionen sollten möglichst tagsüber stattfinden.
- (2) Die „LastMileTram“ sollte die Betriebs- sowie die Beförderungspflicht des ÖPNV nicht beeinträchtigen. Dies lässt sich durch zeitliche Organisation (beispielsweise außerhalb der Stoßzeiten) und vertragliche Ausgestaltungen erreichen.

### 2.2.4 Betrieb der Mikrodepots

- (1) Falls mehrere KEP-Dienstleister in einem Mikrodepot zusammenkommen, sollten wettbewerbsverzerrende Absprachen verhindert werden. Hierzu bieten sich die folgenden Maßnahmen an:
  - a. kartellrechtliche Compliance: Stellungnahme der Geschäftsleitung gegen Kartellbildung, regelmäßige Schulung des Personals und entsprechend ausgerichtete Arbeitsanweisungen und/oder
  - b. räumliche Trennung der KEP-Dienstleister.

### 2.2.5 Installation der Befestigungssysteme an Haltestellen

- (1) Entweder sind die bauordnungsrechtlichen Vorschriften der HBO zu beachten oder eine Planfeststellung anzustreben.
- (2) Durch die Installation der Befestigungssysteme dürfen die Anforderungen an Straßenbahnhaltestellen nach § 31 BOStrab nicht verletzt werden (z.B. Sitzmöglichkeiten oder Breite des Bahnsteiges).

### 2.2.6 Betrieb der Lastenradbelieferung

- (3) Es ist zu prüfen, ob die elektronisch angetriebene Lastenräder als Kleinkrafträder einzuordnen sind.
- (4) Falls Kleinkrafträder genutzt werden, sind folgende Pflichten zu erfüllen:
  - a. Betriebserlaubnispflicht,
  - b. Versicherungskennzeichnungspflicht,
  - c. Helmpflicht.
- (5) Falls Kleinkrafträder genutzt werden, darf nur bei der Beschilderung „Lieferverkehr frei“ ausgeliefert werden. Andernfalls ist eine Sondergenehmigung einzuholen.

### 2.2.7 Minimierung des Haftungsrisikos

- (1) In die Vertragswerke sollten individuell ausgearbeitete Allgemeine Geschäftsbedingungen einbezogen werden, welche u.a. die folgenden Kriterien erfüllen:
  - a. Haftungsregelungen/-begrenzungen sollten ein Gleichgewicht der Akteursinteressen herstellen.
  - b. Die Versendung bzw. der Transport gefährlicher Güter sollte verboten sein.

- c. Der Abschluss einer Versicherung sollte vorausgesetzt werden.
  - d. Vom Gesetz abweichende Klauseln dürfen das nicht-dispositive Recht nicht berühren.
- (2) Die jeweiligen unternehmensinternen Compliance Management Systeme sollten auf die Geschäftstätigkeit im Zusammenhang mit der „LastMileTram“ abgestimmt sowie auf Effektivität und Effizienz geprüft werden.
- (3) Alle Akteure der „LastMileTram“ sollten sicherstellen, dass ihr Versicherungsschutz den Gütertransport in der Straßenbahn mitabdeckt bzw. den Versicherungsumfang, wenn nötig, entsprechend erweitern.

Es wird auf den ausführlichen Teilbericht *„Rechtliche Herausforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte Am Beispiel der „LastMileTram“* verwiesen, der dem Projektabschlussbericht beigelegt wird. Ende 2022 wird dieser Teilbericht des Projekts in einem Kompendium veröffentlicht werden. Wir bitten daher, diesen nicht zu verteilen.

### 3 Ausblick

Während der Projektlaufzeit wurden die Antragsteller vom BMVI zu zwei runden Tischen mit dem Bundesminister eingeladen und konnten mit ihm und weiteren Vertretern des Ministeriums wie auch anderen Experten diskutieren. Insbesondere die rechtliche Perspektive erscheint vom Ministerium interessant. Es wurde ein Sachverständigengutachten zur rechtlichen Bewertung des Transports von Gütern im öffentlichen Personennahverkehr ausgeschrieben. Die Antragsteller haben sich beworben. Mit einer Entscheidung ist im Juli 2022 zu rechnen.

Die VGF greift, in 2022, die Idee der Lastmiletram auf, und baut einen R-Wagen für VGF-interne Transporte um.

Hermes ist erheblich an Versuchen im Herbst 2022 interessiert und mit der VGF im Gespräch.