



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

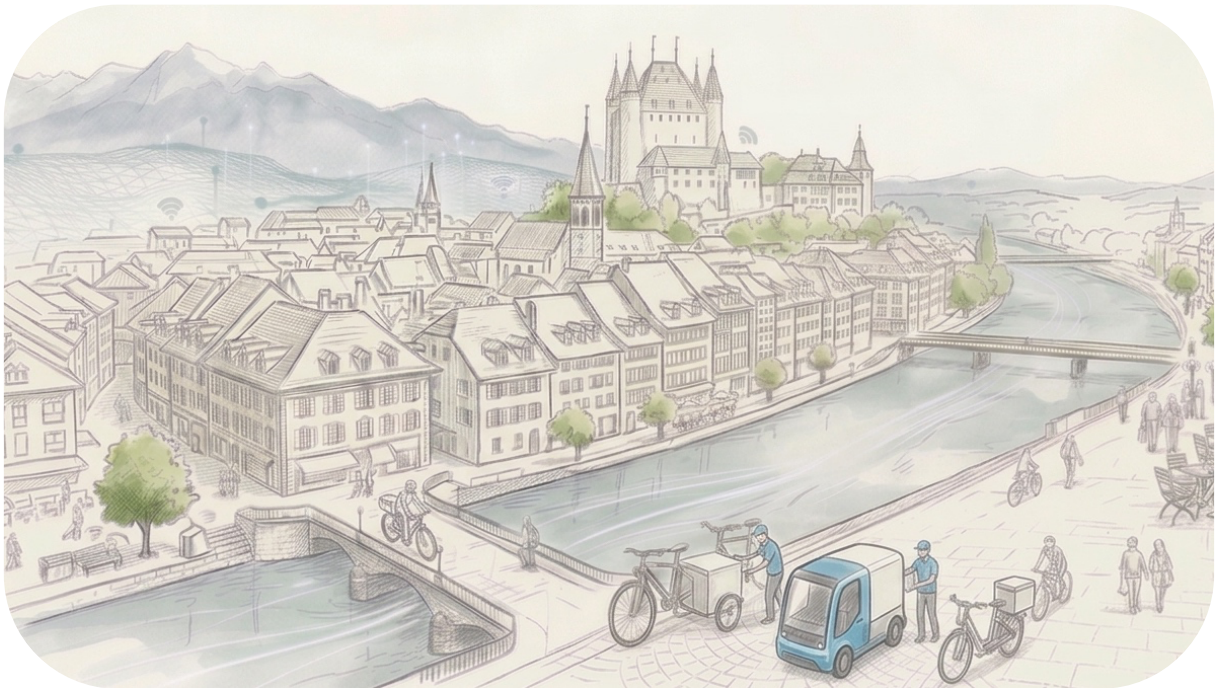
Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Schlussbericht vom 26. Mai 2026

ThunLogIQ

Smarte und nachhaltige Stadtlogistik



Quelle: © Smart Regio Thunersee / Flock Labs AG, 2026

**Subventionsgeberin:**

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.energieforschung.ch

Ko-Finanzierung:

Stadt Thun, Energieförderung Kanton Bern, Wyss Academy for Nature

Subventionsempfänger/innen:

Smart Regio Thunersee
CH-3600 Thun
www.smartregiothunersee.ch

Flock Labs AG
CH-3007 Bern
www.flock-labs.com

Universität Bern
CH-3012 Bern
www.unibe.ch

Autor/in:

Markus van Wijk, Smart Regio Thunersee, vanwijk@bluewin.ch
Erik Nygren, Flock Labs AG, erik.nygren@flock-labs.com
Manuel Schneider, Flock Labs AG, manuel.schneider@flock-labs.com
Fabrice Marggi, Universität Bern, fabrice.marggi@unibe.ch
Torsten Braun, Universität Bern, torsten.braun@unibe.ch
Philippe Stadler Benz, Stadt Thun, philippe.stadler@thun.ch

BFE-Projektbegleitung:

Luca Castiglioni, Bundesamt für Energie, luca.castiglioni@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/503004-01

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



Zusammenfassung

Das Pilotprojekt ThunLogIQ untersuchte, wie ein digitales, agentenbasiertes Abbild der Thuner Innenstadt für die Bewertung nachhaltiger Stadtlogistik-Konzepte eingesetzt werden kann. Hintergrund ist der im Aktionsplan zur Klimastrategie verankerte Auftrag, das Stadtzentrum mittelfristig von der Durchfahrt fossil betriebener Liefer- und Lastwagen zu befreien und die Güterumschlagzeiten zu optimieren. Bisher fehlte eine datenbasierte Grundlage, um Logistikkonzepte konsistent zu vergleichen und ihre Auswirkungen auf Verkehrsfluss, CO₂-Emissionen, Kosten und Versorgungsqualität quantitativ zu bewerten. Das Projekt liefert neue Einblicke und einen breiten Variantenfächer. Die Methodik ist direkt auf andere Regionen übertragbar.

Methodisch verbindet das Projekt drei Bausteine: ein iteratives Stakeholder-Vorgehen mit drei Workshops und drei Abstimmungsterminen mit der Stadt Thun; eine Datenerhebung mit einer Befragung von 28 der 133 Innenstadt-Betriebe (Beantwortungsrate 21%) sowie einer Verkehrszählung mit über 1620 Beobachtungen; den Aufbau eines digitalen Abbilds im Flock Shepherd, der Simulations- und Analyseplattform der Flock Labs AG, mit modularen Systemelementen (Strassennetz, Flotte, Lieferungen, Verkehr, Messwerte). Auf dieser Grundlage wurden Szenarien zu Feinverteilung, Antriebsarten und Lieferzeitfenstern entwickelt und vergleichend ausgewertet.

Die Auswertung gliederte sich in drei Schwerpunkte. Erkenntnisse zur Lebensqualität zeigen, dass eine Bündelung der Feinverteilung über vorgelagerte Umschlagpunkte die Anzahl Logistikfahrzeuge sowie die direkten CO₂-Emissionen um bis zu einem Drittel reduzieren könnte. Erkenntnisse zur zeitlichen Nutzung weisen darauf hin, dass gebündelte Lieferfenster weitgehend lieferverkehrsfreie Hauptbesucherzeiten ermöglichen könnten. Erkenntnisse zur Nachhaltigkeit machen sichtbar, dass eine Umstellung auf emissionsarme Antriebe oder alternative Fahrzeuge auf der letzten Meile die CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus stark reduzieren würde. Insgesamt zeigen die Szenarien Wege, wie Emissions- und Verkehrsbelastung unabhängig voneinander reduziert werden könnten, wobei sich zugleich Folgen für Lieferzeiten und Kosten ergeben, die für eine Entscheidung sorgfältig untersucht werden sollten.

Résumé

Le projet pilote ThunLogIQ a étudié comment une représentation numérique multi-agents du centre-ville de Thoune peut servir à évaluer des concepts de logistique urbaine durable. Il s'inscrit dans le plan d'action climatique de la Ville de Thoune, qui vise à libérer à moyen terme le centre du trafic de transit fossile et à optimiser les temps de manutention. Jusqu'ici, il manquait une base de données pour comparer ces concepts et évaluer leurs effets sur le trafic, les émissions de CO₂, les coûts et l'approvisionnement. Le projet apporte de nouveaux éclairages et un large éventail de variantes. La méthodologie est directement transférable.

Sur le plan méthodologique, le projet combine trois éléments : une démarche itérative avec les parties prenantes (trois ateliers et trois séances avec la Ville de Thoune) ; une enquête auprès de 28 des 133 commerces du centre (taux de réponse 21%) et un comptage du trafic avec plus de 1620 observations ; une représentation numérique dans Flock Shepherd avec des éléments modulaires (réseau routier, flotte, livraisons, trafic, mesures). Des scénarios sur la distribution fine, les motorisations et les fenêtres de livraison ont ensuite été évalués comparativement.

L'évaluation s'est articulée autour de trois axes. Sur la qualité de vie, un regroupement de la distribution fine via des points de transbordement en amont pourrait réduire jusqu'à un tiers le nombre de véhicules logistiques et les émissions locales de CO₂. Sur l'utilisation temporelle, des fenêtres de livraison groupées pourraient libérer en grande partie les heures de forte fréquentation. Sur la durabilité, un passage à des motorisations à faibles émissions ou à des véhicules alternatifs sur le dernier kilomètre réduirait fortement les émissions de CO₂ à l'échelle de la ville. Les scénarios montrent ainsi des voies pour réduire indépendamment émissions et trafic, avec des conséquences sur les délais et les coûts à examiner avec soin.



Summary

The ThunLogIQ pilot project investigated how a digital, agent-based replica of Thun's inner city can be used to evaluate sustainable urban logistics concepts. The background is the mandate anchored in the City of Thun's Climate Strategy Action Plan to free the city centre over the medium term from through-traffic by fossil-fuelled delivery vans and trucks and to optimise goods handling times. Until now, a data-based foundation has been lacking to consistently compare logistics concepts and quantitatively assess their impact on traffic flow, CO₂ emissions, costs, and supply quality. The project delivers new insights and a broad range of variants. The methodology can be transferred directly to other regions.

Methodologically, the project combines three building blocks: an iterative stakeholder process with three workshops and three coordination meetings with the City of Thun; a data collection effort comprising a survey of 28 of the 133 inner-city businesses (response rate 21%) and a traffic count with more than 1,620 observations; the development of a digital replica in Flock Shepherd with modular system elements (road network, fleet, deliveries, traffic, measurements). On this basis, scenarios concerning last-mile distribution, drive types, and delivery time windows were developed and comparatively evaluated.

The evaluation was structured around three focal areas. Findings on quality of life show that consolidating last-mile distribution via upstream transshipment points could reduce the number of logistics vehicles and local CO₂ emissions by up to one third. Findings on temporal use indicate that bundled delivery windows could enable largely traffic-free main visitor hours. Findings on sustainability make clear that a shift to low-emission drive systems or alternative vehicles on the last mile would substantially reduce city-wide CO₂ emissions. Overall, the scenarios show ways in which emission and traffic burdens can be reduced independently of one another, while at the same time entailing consequences for delivery times and costs that should be carefully examined to inform a decision.

Kernbotschaften («Take-Home Messages»)

- **Feinverteilung bündeln:** Es wird empfohlen, die Feinverteilung über Micro-Hubs und Paketboxen zu bündeln. Das reduziert die Anzahl Lieferfahrzeuge in der Thuner Innenstadt um rund einen Drittel, bei vergleichbarer Senkung der direkten CO₂-Emissionen. Als Micro-Hub-Standort wird der Güterbahnhof zur vertieften Prüfung empfohlen (Kapitel 4.1).
- **Zeitliche Zufahrtsbeschränkungen einführen:** Ergänzend wird empfohlen, Lieferzeitfenster einzuführen. Sie ermöglichen bei gleichbleibender Lieferkapazität weitgehend lieferverkehrsfreie Hauptbesuchszeiten. Kombiniert mit getakteten «Skibus»-Touren ab Micro-Hub sinkt das Logistik-Verkehrsaufkommen um rund 30% (Kapitel 4.2).
- **Antriebe umstellen:** Es wird angeraten, die vollständige Elektrifizierung der Logistikflotte zu unterstützen. Sie senkt die CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus um rund 55%, verändert das Logistik-Verkehrsaufkommen aber nicht. Ihre grösste Wirkung entfaltet sie deshalb in Kombination mit Bündelung und Lieferzeitfenstern (Kapitel 4.3).
- **Datengrundlage ausbauen:** Es wird geraten, die Datengrundlage gezielt auszubauen, da die Aussagekraft der Simulation direkt von ihr abhängt. Für vertiefte Variantenstudien braucht es eine kontinuierliche, automatisierte Erhebung von Lieferaufkommen und Fahrzeugbewegungen, idealerweise als Open-Data-Baustein (Kapitel 4.4).
- **Digitale Abbilder verankern:** Datenbasierte digitale Abbilder sollten als Entscheidungsinstrument in den Planungsprozessen verankert werden, um Stadtlogistik-Konzepte systematisch und vergleichbar zu bewerten, bevor in detaillierte Planungs- oder Bauprojekte investiert wird. Zentral ist dabei die iterative Einbindung der Stakeholder (Kapitel 4.5).



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Résumé	3
Summary	4
Kernbotschaften («Take-Home Messages»).....	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung	9
1.1 Kontext und Motivation	9
1.2 Projektziele	10
2 Vorgehen und Methode.....	11
2.1 Use-Case-Region und Messperimeter	11
2.2 Projektorganisation und Arbeitspakete.....	12
2.3 Stakeholder-Workshops	12
2.3.1. Workshop 1: Kick-Off (19.06.2025)	12
2.3.2. Workshop 2: Vertiefungsworkshop Systemelemente (09.09.2025)	13
2.3.3. Workshop 3: Vorstellung Digitales Abbild Thun (27.01.2026)	13
2.3.4. Iterative Szenarien-Abstimmungen mit der Stadt Thun	13
2.3.5. Abschlussanlass - Abschlusspräsentation der Ergebnisse (20.05.2026)	13
2.4 Datenerhebung	13
2.5 Modellaufbau und Simulation	15
2.6 Validierung der Datengrundlage.....	17
3 Ergebnisse und Diskussion	19
3.1 Deskriptive Auswertungen	19
3.1.1. Umfrageresultate	19
3.1.2. Beobachtungsergebnisse	21
3.2 Szenarienanalyse	23
3.2.1. Erkenntnisse zur Lebensqualität in der Innenstadt.....	25
3.2.2. Erkenntnisse zur zeitlichen Nutzung.....	26
3.2.3. Erkenntnisse zur Nachhaltigkeit	27
3.3 Diskussion und methodische Einordnung	28
3.4 Einbettung in den Planungsprozess der Stadt Thun	29
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	30
4.1 Feinverteilung bündeln: Micro-Hubs und Paketboxen.....	30
4.2 Zeitliche Zufahrtsbeschränkungen: Lieferzeitfenster und getaktete Touren.....	30



4.3	Antriebswechsel: Elektrifizierung der Logistikflotte.....	31
4.4	Datengrundlage gezielt ausbauen.....	31
4.5	Digitale Abbilder als Entscheidungsinstrument verankern	32
4.6	Ausblick und Skalierung	32
5	Nationale und internationale Zusammenarbeit	33
6	Publikationen und andere Kommunikation	34
7	Literaturverzeichnis	35
8	Anhang	36
8.1	A1 Systemelemente im Detail	36
8.1.1.	A1.1 Strassennetz	36
8.1.2.	A1.2 Flotte	36
8.1.3.	A1.3 Lieferungen	37
8.1.4.	A1.4 Verkehr.....	37
8.1.5.	A1.5 Messwerte und Auswertung	37
8.2	A2 Vollständige KPI-Tabelle für alle Szenarien.....	38
8.3	A3 Datenstrukturen Umfrage und Beobachtungen.....	38
8.4	A4 Generalisierte Fahrzeuge und Bewertungskennwerte (Mobitool-Auszug).....	39
9	Interne Kontrolle des Projekts (vertraulich).....	40
10	Interner Datenmanagementplan und Open Access-Strategie/Daten/Modell (vertraulich)	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte der Use-Case-Region (Stadt Thun und Agglomeration) und des engeren Messperimeters in der Thuner Innenstadt (grün schattiert).	11
Abbildung 2: Erhebungsgebiete der Verkehrszählung der Universität Bern.	14
Abbildung 3: Eigens entwickelte ThunLogIQ-Datenerhebungs-App für die Online-Befragung der Innenstadt-Betriebe und die händische Verkehrszählung der Universität Bern.	15
Abbildung 4: Benutzeroberfläche von Flock-Shepherd für die Konfiguration und Auswertung der Szenarien.	16
Abbildung 5: Cross-Validierung Umfrage und Verkehrszählung: stündliche Verteilung der gemeldeten Lieferungen (DS2) gegenüber den beobachteten Fahrzeugen (DS3). Pearson-Korrelation 0.858.	18
Abbildung 6: Tageskurve der gemeldeten Lieferungen nach Güterart (Pakete, Gitterwagen, EU-Paletten), summiert über alle Rückmeldungen.	19
Abbildung 7: Anteil wiederkehrender Lieferungen pro Logistikunternehmen.	20
Abbildung 8: Anzahl gemeldeter Lieferungen pro Logistikunternehmen im Erhebungszeitraum 27.11.2025 bis 31.01.2026.....	20
Abbildung 9: Lieferungen nach Wochentag gemäss Umfrage: Gesamtzahl (links) und Durchschnitt pro Tag (rechts).	21
Abbildung 10: Durchschnittliche Fahrzeuge pro Stunde je Sektor (Bälliz 1, Bälliz 2, obere Hauptgasse), gemittelt über die vier Messtage. Fehlerbalken zeigen die Spannweite.	21



Abbildung 11: Tagesverteilung der Fahrzeuge je Sektor und Messtag, gestapelt nach Fahrtgrund. Bälliz 1 zeigt 170 bis 200 Fahrzeuge pro Tag, Bälliz 2 schwankt zwischen 100 und 165, die obere Hauptgasse liegt zwischen 80 und 100.	22
Abbildung 12: Verteilung der Fahrzeugtypen je Sektor. Rund die Hälfte der Fahrzeuge sind Lieferwagen, 29 bis 36 Prozent PKW, der Rest Lastwagen, Cargo-Bikes und Taxis.	22
Abbildung 13: Stündliche Fahrzeuge je Sektor, gestapelt nach Fahrtgrund (Lieferung, Abholung, Personentransport, Handwerker), durchschnittlich pro Beobachtungstag.	23
Abbildung 14: Momentane Fahrzeugpräsenz pro Sektor über den Tag, gemittelt über die vier Messtage. Bälliz 2 erreicht 11 bis 12 gleichzeitig anwesende Fahrzeuge, während Bälliz 1 im Schnitt rund 8 Fahrzeuge im Maximum hat und die obere Hauptgasse kommt durchschnittlich knapp über 5 Fahrzeuge. Die breiten Unsicherheitsbänder, besonders bei Bälliz 2 am Vormittag, zeigen jedoch, dass die konkrete Auslastung an einzelnen Tagen stark vom Durchschnitt abweichen kann.	23
Abbildung 15: Räumliche Verteilung der Fahrzeugdichte in der Thuner Innenstadt mit einer «Paketbox» im Vergleich zur Ausgangslage. Deutlich zu erkennen ist die Verkehrsreduktion in der Innenstadt (Blau) während die Paketbox eine höhere lokale Verkehrsdichte mit sich führt (Rot).....	25
Abbildung 16: Übersicht der Kennzahlen für die Innenstadtregion der Szenarien «2 Micro-Hubs» und «Paketbox» mit der Ausgangslage.....	26
Abbildung 17: Übersicht der Kennzahlen für die Innenstadtregion der Szenarien «Lieferfenster» und «Skibusse» im Vergleich zur Ausgangslage.	27
Abbildung 18: Veränderung des motorisierten Logistikverkehrs bei einem Micro-Hub mit Cargo-Bikes im Vergleich zur aktuellen Ausgangslage, die Entlastung der Innenstadt ist deutlich zu sehen (Blau).28	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitspakete, Leads und Zeitachse des Projekts ThunLogIQ.	12
Tabelle 2: Übersicht der im digitalen Abbild ThunLogIQ modellierten Systemelemente.....	17
Tabelle 3: Übersicht der entwickelten Logistik-Szenarien.....	24
Tabelle 4: KPI-Veränderung der zentralen Szenarien gegenüber der Ausgangslage heute.	24



Abkürzungsverzeichnis

AP Arbeitspaket

AöV Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination

ARE Bundesamt für Raumentwicklung

BFE Bundesamt für Energie

BGK Betriebs- und Gestaltungskonzept

CO₂ Kohlendioxid

EWG Energie - Wirtschaft - Gesellschaft (BFE-Forschungsprogramm)

GVK Gesamtverkehrskonzept

KPI Key Performance Indicator (Kennzahl)

MIV motorisierter Individualverkehr

OSM OpenStreetMap

ÖV öffentlicher Verkehr

SDG Sustainable Development Goals

SNE Strategie Nachhaltige Entwicklung 2030

SNF Schweizerischer Nationalfonds

SRT Smart Regio Thunersee

WS Workshop



1 Einleitung

1.1 Kontext und Motivation

Die Stadt Thun steht, wie viele Schweizer Städte mittlerer Grösse, vor der Herausforderung, die Warenversorgung ihrer Innenstadt effizienter und umweltverträglicher zu gestalten. Die heutige Situation ist geprägt von Einbahnregelungen in der Kernzone, fehlenden Lieferzeitfenstern, einem Mangel an Umschlagplätzen und einer wachsenden Anzahl Drittanbieter-Lieferungen. Daraus resultieren konzentrierte Lieferspitzen am Vormittag mit Mehrfachanfahrten derselben Adresse durch verschiedene Anbieter, leere Rückfahrten und vermeidbare lokale Emissionen. Gleichzeitig bestehen unterschiedliche Ansprüche an den engen öffentlichen Raum (Gewerbe, Anwohnende, Besuchende, Fussverkehr, Velo, motorisierter Individualverkehr und Logistikverkehr).

Im Aktionsplan zur Klimastrategie der Stadt Thun ist das Ziel verankert, das Stadtzentrum mittelfristig von der Durchfahrt fossil betriebener Liefer- und Lastwagen zu befreien und die Güterumschlagzeiten zu optimieren. Bereits am Schlossbergforum (2022) wurden erste Massnahmen erarbeitet: die Parkkarte für Handwerker, der Aufbau von Paketboxen ab 2023, das Zufahrtsregime ohne 40-Töner sowie der Pilot Warenumschlagsplatz haben erste Bausteine gelegt. Bislang fehlte jedoch ein durchgängiger, datenbasierter Ansatz, um verschiedene Logistikkonzepte (auch mit Blick auf die Innenstadtlogistik der Zukunft) systematisch zu vergleichen und ihre Auswirkungen auf Verkehrsfluss, Emissionen, Kosten und Versorgungsqualität anhand konsistenter Kennzahlen zu bewerten.

Das Projekt ThunLogIQ ist ein Folgeprojekt aus dem Schlossbergforum (2022) und reiht sich als längerfristige, datenbasierte Massnahme in den dort erarbeiteten Strang ein. Die Gesamtprojektleitung liegt bei der Smart Regio Thunersee, die seit 2020 auch im Projekt «Vision Energieregion Thunersee» mitwirkt. Das Projekt bettet sich in eine breitere nationale und internationale Innovationslandschaft ein: das Innosuisse-Flagship «Smart Urban Multihub Concept» der ZHAW, das abgeschlossene SNF-NFP 71 «Smart urban freight logistics», das Planzer-LOXO-Pilotprojekt mit autonomen Mikro-Hubs in Bern, das Blue City Project der EPFL (Lausanne Digital Twin) sowie europäische Initiativen wie Barcelonas Mikro-Hub-Optimierung, Bremens ULaaDS und die niederländischen Null-Emissions-Zonen für Stadtgüterverkehr.

ThunLogIQ unterscheidet sich von diesen Vorhaben durch die konsequent datenbasierte Systembeurteilung. Statt einzelne Konzepte isoliert zu pilotieren, werden im digitalen Abbild verschiedene Logistiksznarien auf derselben Modellgrundlage simuliert, anhand einheitlicher KPIs (Key Performance Indicators, einheitlich definierte Kennzahlen) bewertet und direkt miteinander verglichen. Die Lösung kombiniert eine No-Code-Benutzeroberfläche (Flock Shepherd) für Entscheidungsträger, einen agentenbasierten Simulationskern und eine Integration unterschiedlicher Datenquellen in einer einheitlichen Plattform.

Ausserdem unterstützt ThunLogIQ die Strategie Nachhaltige Entwicklung 2030 des Bundes in allen drei Dimensionen: Ökologisch identifiziert das Projekt durch datenbasierte Simulation messbare Reduktionspotenziale für Emissionen und Verkehrsaufkommen und unterstützt die Elektrifizierung der Stadtlogistik, ein direkter Beitrag zum SNE-Schwerpunkt „Klima, Energie und Biodiversität“. Wirtschaftlich liefern die Simulationsergebnisse Unternehmen und Behörden Datengrundlagen, um Kosten zu senken und Logistikprozesse im urbanen Raum effizienter zu gestalten. Gesellschaftlich schafft die transparente Visualisierung von Logistikdaten Entscheidungsgrundlagen für weniger Lieferverkehr, ermöglicht partizipative Stadtplanung und stärkt die Akzeptanz nachhaltiger Lösungen bei Stakeholdern.



1.2 Projektziele

Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, eine erste fundierte, datenbasierte Entscheidungsgrundlage für die Stadt Thun bereitzustellen. Sie soll Politik und Fachexpert:innen ermöglichen, Logistiksznarien früh abzuschätzen, Varianten zu prüfen und untereinander zu vergleichen, bevor detaillierte Studien, Planungsarbeiten und konkrete Umsetzungsprojekte durch Fachbüros und Spezialist:innen anschliessend initiiert werden. Konkret untersucht das Projekt, ob und in welchem Mass alternative Logistikkonzepte (Mikro-Hubs, gebündelte Zustellungen oder zeitlich gestaffelte Lieferungen) den Logistikverkehr in der Innenstadt reduzieren können, ohne die Versorgungsqualität für die Geschäfte zu beeinträchtigen oder die Produktionskosten der Logistikunternehmen signifikant zu steigern.

Aus diesem Ziel wurden im Kick-Off-Workshop vom 19.06.2025 gemeinsam mit den Stakeholdern Leitfragen für das digitale Abbild abgeleitet: Welche Fragen soll ein Innenstadt-Logistik-Szenario beantworten können (Lieferdauer, Lieferkosten, Ökobilanz, Anzahl Fahrzeuge pro Stunde und Strasse)? Welche Bedürfnisse müssen im Abbild berücksichtigt werden (Lieferkapazität der Fahrzeuge, Lieferfenster, Umschlagzeiten, spezielle Tage)? Welche Fahrzeuge sind heute oder künftig im Einsatz, welche technologischen Entwicklungen beeinflussen die Logistik der Zukunft, was wird transportiert und welche Rahmenbedingungen gelten?

Daraus wurden die folgenden überprüfbaren Teilziele formuliert:

- Aufbau eines digitalen, agentenbasierten Abbilds der Thuner Innenstadt-Logistik im Flock Shepherd mit konsistenten Systemelementen (Strassennetz, Flotte, Lieferungen, Verkehr, Messwerte).
- Erhebung und Aufbereitung der benötigten Lieferdaten über einen Mix aus Gewerbe-Befragung (ThunCity), händischer Verkehrszählung (Universität Bern) und Logistikdaten der Partner (Post, Gafner) sowie Verkehrsdaten Dritter (Transcality).
- Entwicklung von Szenarien entlang dreier Hauptdimensionen: Letzte Meile (Hub-Konfiguration, Cargobikes, Paketbox), Antriebsart (Elektrifizierung) und Lieferzeit (Lieferfenster, gebündelte «Skibusse»).
- Vergleichende Bewertung der Szenarien anhand von Energie- und Emissions-KPIs (CO₂), operativen Logistik-KPIs (Anzahl Fahrzeuge, Auslastung, Fahrzeit) sowie Kosten und Versorgungsqualität.
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Stadt Thun und eines Skalierungskonzepts für die Übertragung der Methodik auf weitere Schweizer Städte.

Bewusst nicht analysiert wurden betriebswirtschaftliche Detailfragen (Kostenmodelle inkl. Personalkosten, Finanzierungs- und Betreibermodelle, wirtschaftliche Tragfähigkeit), standortbezogene Detailfragen (baurechtliche Machbarkeit, konkrete Flächenverfügbarkeit), vollständige Wirkungsanalysen auf das innenstädtische Gesamtverkehrssystem und die Integration des Simulationstools in bestehende Verwaltungsprozesse. Die erarbeiteten Szenarien sind konzeptionelle Beispiele und keine fertigen Umsetzungsprojekte.



2 Vorgehen und Methode

2.1 Use-Case-Region und Messperimeter

Das Pilotprojekt fokussierte geografisch auf die Stadt Thun und ihre unmittelbare Agglomeration als übergeordnete Use-Case-Region (Abbildung 1). In diesem Perimeter wurden die Zubringerlogistik aus den umliegenden Logistikzentren (z.B. Stadtrand-Hubs) sowie die strategischen Rahmenbedingungen (insbesondere das Gesamtverkehrskonzept Stadt Thun 2035) berücksichtigt. Innerhalb dieser Region wurde ein engerer Messperimeter abgegrenzt, in dem die Datenerhebung und die detaillierte Modellierung der Innenstadtlogistik stattfanden. Der Messperimeter umfasst die Thuner Innenstadt mit den Strassenzügen Bälliz, Mühleplatz, Obere und Untere Hauptgasse, Gerbergasse sowie Rathausplatz. Diese Abgrenzung deckt die zentralen verkehrsberuhigten und für die Feinverteilung relevanten Achsen ab und entspricht zugleich dem Wirkbereich der untersuchten Massnahmen (Hub-Konfiguration, Car-gobikes, Paketboxen, Lieferfenster).



Abbildung 1: Übersichtskarte der Use-Case-Region (Stadt Thun und Agglomeration) und des engeren Messperimeters in der Thuner Innenstadt (grün schattiert).



2.2 Projektorganisation und Arbeitspakete

Das Projekt wurde von der Smart Regio Thunersee als Gesamtprojektleitung geführt. Flock Labs AG verantwortete als Technologiepartner die fachlich-technische Umsetzung des digitalen Abbilds, die Stadt Thun trat als Anforderungssteller auf und die Universität Bern übernahm die wissenschaftliche Validierung. Die Logistikpartner (Die Schweizerische Post AG, Gafner AG) und die ThunCity Genossenschaft als Gewerbevertretung waren in allen inhaltlichen Phasen eingebunden. Erweitert wurde die Stakeholder-Landschaft durch das kantonale Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination, das Amt für Umwelt und Energie sowie die Wyss Academy for Nature.

Das Projekt war in sechs Arbeitspakete gegliedert (Tabelle 1). AP1 (Projektaufbau und Grundlagen) und AP2 (Use-Case-Definition «Nachhaltige Innenstadtlogistik») bildeten die Grundlage und liefen ab Mai bzw. Juni 2025. AP3 (Datenerfassung und Analyse) startete im Oktober 2025 und lief bis Ende Januar 2026. AP4 (Technische Implementierung des digitalen Abbilds) wurde von Oktober 2025 bis Ende Februar 2026 iterativ aufgebaut. AP5 (Pilotierung und Evaluation) lief von Januar bis März 2026. AP6 (Machbarkeitsanalyse und Skalierung) bildete den Abschluss von März bis April/Juni 2026.

Tabelle 1: Arbeitspakete, Leads und Zeitachse des Projekts ThunLogIQ.

Arbeitspaket	Lead	Zeitachse
AP1 - Projektaufbau und Grundlagen	Smart Regio Thunersee	05/2025 - 07/2025
AP2 - Use-Case-Definition «Nachhaltige Innenstadtlogistik»	Flock Labs	06/2025 - 09/2025
AP3 - Datenerfassung und Analyse	Flock Labs, Uni Bern	10/2025 - 01/2026
AP4 - Technische Implementierung	Flock Labs	10/2025 - 02/2026
AP5 - Pilotierung und Evaluation	Stadt Thun	01/2026 - 03/2026
AP6 - Machbarkeitsanalyse und Skalierung	Smart Regio Thunersee, Flock Labs	03/2026 - 04/2026

2.3 Stakeholder-Workshops

Methodisches Rückgrat des Projekts waren drei moderierte Stakeholder-Workshops, ein Zwischen-Workshop mit der Stadt Thun zur Validierung des digitalen Abbilds sowie drei iterative Szenarien-Abstimmungen mit der Stadt Thun, in denen die inhaltliche Ausrichtung gemeinsam mit den Partnerinnen und Partnern erarbeitet, validiert und verdichtet wurde. Den Abschluss bildete eine Abschlusspräsentation der Ergebnisse und Hauptbefunde.

2.3.1. Workshop 1: Kick-Off (19.06.2025)

Der Kick-Off-Workshop im Thunerhof hatte zum Ziel, das Projektteam kennenzulernen und den Use Case gemeinsam zu definieren. Inhaltlich wurde ein typischer Tag in der Thuner Stadtlogistik mit Hilfe eines grossen Innenstadt-Plakats und Post-its über einen ganzen Tag in Stundenschritten durchgespielt. Die Teilnehmenden visualisierten Sortier-, Belade- und Lieferprozesse und ergänzten Fahrzeuge sowie weitere Elemente. Im zweiten Teil entwickelten vier Stakeholder-Gruppen (Stadt, Gewerbe, Politik, Logistikunternehmen) weitere Situationen (Baustelle, Märkt, Weihnachten, neue Fahrzeuge) und sammelten konkrete Fragen und Bedürfnisse an das digitale Abbild.

Aus dem Workshop wurde die Use-Case-Definition für die Erarbeitung und Evaluation neuartiger Logistikkonzepte für die Thuner Innenstadt mit Micro-Hubs, bestehenden Logistikstandorten, neuen Technologien sowie bestehenden und neuen Rahmenbedingungen konsolidiert. Zentrale Erkenntnis war, dass die Innenstadt-Logistik komplex und vernetzt ist, dass Micro-Hubs nur in Kombination mit weiteren



bestehenden Lösungen Wirkung entfalten, und dass die Erschliessung der relevanten Datenbedarfe der kritische nächste Schritt ist.

2.3.2. Workshop 2: Vertiefungsworkshop Systemelemente (09.09.2025)

Aufbauend auf dem im Kick-Off entwickelten Use Case und den ersten Beispielszenarien wurden im zweiten Workshop die konzeptionellen Grundlagen für das digitale Abbild konsolidiert. In zwei parallelen Gruppen wurden die Systemelemente entlang der Themen Strassennetz, Flotte, Lieferungen und Auswertung diskutiert und finalisiert. Für jedes Thema wurden auf Plakaten die Annahmen, die Elemente mit Beispielen, der Ausschluss sowie die benötigten Daten festgehalten. Ergebnis war ein konsolidierter Systembeschreibung, der das Fundament für die technische Implementierung des digitalen Abbilds bildete.

2.3.3. Workshop 3: Vorstellung Digitales Abbild Thun (27.01.2026)

In einem weiteren Workshop wurde das aufgebaute digitale Abbild der Thuner Innenstadtlogistik dem Projektkonsortium (Stadt Thun, ThunCity, Smart Regio Thunersee, Universität Bern, Flock Labs, Logistikpartner) präsentiert. Im Zentrum standen eine Demonstration der modellierten Systemelemente (Strassennetz, Flotte, Lieferungen, Verkehr, Messwerte) sowie der bisherigen Datenintegration. Die Teilnehmer:innen gaben strukturierten Input zu Annahmen, Modellgrenzen und Anwendungspotenzialen sowie was aus ihrer Sicht noch fehlte bzw. zusätzlich nützlich wäre. Die Rückmeldungen flossen direkt in die anschliessende Verfeinerung des digitalen Abbilds und die Schärfung der Szenarienlogik ein.

2.3.4. Iterative Szenarien-Abstimmungen mit der Stadt Thun

Parallel zu den moderierten Workshops fanden drei iterative Abstimmungstermine zwischen dem Projektteam und der Stadt Thun statt, in denen die Szenarien schrittweise ausgearbeitet, validiert und priorisiert wurden. In der ersten Iteration wurde der Lösungsraum entlang der drei Hauptdimensionen (Letzte Meile, Antriebsart, Lieferzeit) abgesteckt und eine Longlist möglicher Szenarien aufgenommen. In der zweiten Iteration wurde diese Longlist auf eine modellierbare und politisch relevante Shortlist verdichtet (u.a. Stadtrand-Hub, ein und zwei Micro-Hubs, Paketbox, Cargobikes, Elektroflotte, Lieferfenster, «Skibusse») und die zu erhebenden KPIs konkretisiert. In der dritten Iteration wurden erste Simulationsergebnisse gemeinsam angeschaut und Szenarienvergleiche priorisiert und methodische Annahmen geschärft. Im Anschluss wurden die Handlungsempfehlungen für die Stadt Thun gemeinsam abgeleitet.

2.3.5. Abschlussanlass - Abschlusspräsentation der Ergebnisse (20.05.2026)

Den Abschluss bildete keine weitere Arbeitssitzung, sondern eine Präsentation der vorläufigen Ergebnisse und Hauptbefunde an den erweiterten Stakeholderkreis. Die Handlungsempfehlungen waren zu diesem Zeitpunkt bereits aus den drei vorgängigen Szenarien-Abstimmungen mit der Stadt Thun konsolidiert. Dabei wurden neben der Datengrundlage und der Szenarienauswahl insbesondere drei Thematische Szenarienvergleiche präsentiert. Im Zentrum standen die Präsentation der Kernpunkte und Haupterkenntnissen für die Stakeholder, das Sammeln eines breiteren Echos zu den Befunden sowie eine offene Diskussion darüber, welche Szenarien für die Stadt Thun am relevantesten sind, welche Datenlücken zuerst geschlossen werden müssen und wie das digitale Abbild über das Pilotprojekt hinaus in Planungs- und Entscheidungsprozesse verankert werden kann.

2.4 Datenerhebung

Die Datengrundlage stammt aus drei sich ergänzenden Quellen. Eine Online-Befragung der Innenstadt-Betriebe (Lead Flock Labs, in Zusammenarbeit mit dem Gewerbeverband ThunCity) wurde im Zeitraum 27.11.2025 bis 31.01.2026 versendet. Insgesamt beteiligten sich 28 unterschiedliche Betriebe (18 Detailhandel non-food, 5 Gastronomie, 1 Hotel, 1 Praxis, 1 Dienstleistung, 2 weitere). Bei 133 Anbietern in der Innenstadt entspricht dies einer Beantwortungsrate von 21%. Erhoben wurden je Lieferung: Uhrzeit,

Logistikunternehmen, Art der Lieferung, Fahrzeugtyp, Warengewicht, Warenvolumen, Verladedauer und Wiederkehrung.

Eine händische Verkehrszählung der Universität Bern fand an vier Tagen (Fr. 19. und Di. 23. Dezember 2025, Di. 20. und Fr. 23. Januar 2026) jeweils von 7:00 bis 16:30 Uhr an drei Standorten statt (Abbildung 2): Bälliz 1 (Eingang auf Höhe Mühleplatz), Bälliz 2 (oberer Teil) und Rathausplatz mit Sicht auf untere und obere Hauptgasse (Abbildung 2). Über eine speziell entwickelte App erfassten stationäre Beobachter:innen Art des Fahrzeugs, Durchfahrtszeit, Einfahrt, Ausfahrt und Haltezeit. Insgesamt wurden mehr als 1 620 Beobachtungen festgehalten.

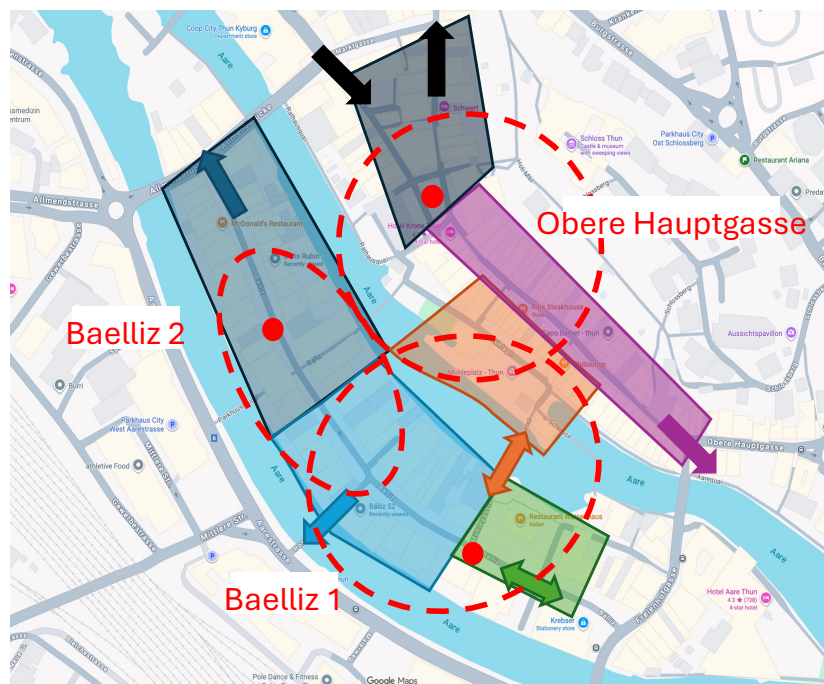


Abbildung 2: Erhebungsgebiete der Verkehrszählung der Universität Bern.

Sowohl die Online-Befragung der Innenstadt-Betriebe als auch die händische Verkehrszählung wurden über eine eigens für das Pilotprojekt ThunLogIQ entwickelte Datenerhebungs-App durchgeführt (Abbildung 3). Die App wurde von Flock Labs auf Basis der inhaltlichen Anforderungen des Gewerbeverbands ThunCity Genossenschaft (Befragungsseite) und der Universität Bern (Beobachtungsseite) iterativ konzipiert und in mehreren Vorab-Tests mit Teilnehmenden verfeinert. Auf der Befragungsseite führt die App die Betriebe in wenigen Schritten durch die Erfassung einer Lieferung (Zeitpunkt, Logistikunternehmen, Liefertyp, Fahrzeugtyp, Warengewicht und -volumen, Verladedauer, Wiederkehrung). Auf der Beobachtungsseite ermöglicht sie den Zähler:innen der Universität Bern, Fahrzeuge in Echtzeit zu kategorisieren, Einfahrt-, Ausfahrt- und Haltezeiten per Knopfdruck festzuhalten sowie den Beobachtungsstandort und das Beobachtungsfenster zentral zu verwalten.

Die teilnehmenden Betriebe und das Team der Universität Bern gaben übereinstimmend die Rückmeldung, dass die App die Datenerhebung wesentlich erleichtert habe. Insbesondere die geführte Eingabemaske, die strukturierte Auswahl statt freier Texteingabe sowie die zeitgenaue Erfassung mit Hintergrund-Validierung trugen dazu bei, die Eintrittshürde für die Betriebe zu senken und gleichzeitig die Datenqualität messbar zu erhöhen. Im Vergleich zu klassischen Papierprotokollen reduzierte die App den Nachbearbeitungs- und Bereinigungsaufwand deutlich, ermöglichte konsistente Kategorien über alle Beobachter:innen hinweg und lieferte unmittelbar maschinell auswertbare Datensätze. Aus Sicht des Projekts war die App damit ein zentraler Erfolgsfaktor für die Quantität und Qualität der Erhebung und ist als methodischer Baustein in einer allfälligen Folgearbeit oder bei der Übertragung der Methodik auf weitere Schweizer Städte direkt wiederverwendbar.

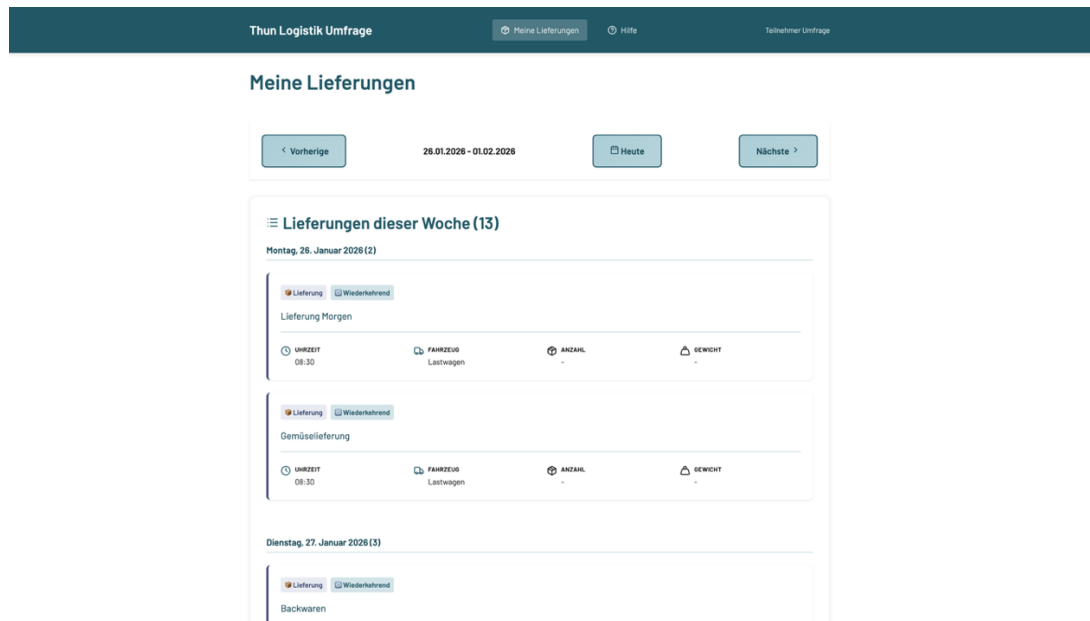


Abbildung 3: Eigens entwickelte ThunLogIQ-Datenerhebungs-App für die Online-Befragung der Innenstadt-Betriebe und die händische Verkehrszählung der Universität Bern.

Die Schweizerische Post AG und die Gafner AG stellten anonymisierte und auf die Innenstadt aggregierte Tour- und Liefermengendaten für Mustertage zur Verfügung. Diese Daten bestätigten die in der Verkehrszählung beobachtete verdichtete Zufahrt der lokalen Logistiker in den Vormittagsstunden und liefern realistische Eckwerte für Tourlängen, Stoppdichte und Sendungsgrößen, die direkt in die Konfiguration der Flotten und Touren im digitalen Abbild einfließen. Transcality lieferte, basierend auf den Verkehrssimulationen, die sie für das Tiefbauamt der Stadt Thun durchführt, den aktuellen Verkehrszustand auf dem Strassennetz der Stadt Thun (Geschwindigkeiten auf allen Strassenabschnitten), der in der Simulation für die Berechnung der Fahrzeiten genutzt wird. Die Topologiedaten für das digitale Abbild stammten von OpenStreetMap. Die beiden Datensätze (Umfrage und Beobachtungen) ergänzten sich methodisch: Die Umfrage bildete die Nachfrageseite (wann, wo und in welcher Form werden Güter bestellt und entgegengenommen?), die Beobachtungen die Angebots- bzw. Verkehrsseite (wann sind wie viele Fahrzeuge in der Innenstadt unterwegs?). Aus dieser Kombination entstand ein vollständigeres Bild der Logistiksituation.

2.5 Modellaufbau und Simulation

Das digitale Abbild der Thuner Innenstadt-Logistik wurde im Flock Shepherd (Abbildung 4), einer Applikation von Flock Labs AG für die Modellierung und Analyse von Logistik- und Mobilitätssystemen, aufgebaut. Methodische Grundlage ist eine agentenbasierte Modellierung mit drei Ebenen. Die Nachfrage wird aus den erhobenen Daten als synthetisches Nachfragemodell für die Thuner Innenstadt erstellt und beschreibt, welche Güterarten zu welcher Zeit an welche Empfängerinnen ausgeliefert werden müssen. Die Infrastruktur (Logistikzentren, Paketboxen, Adressen, Strassen) wird im digitalen Abbild abgebildet und szenarienspezifisch verändert (z.B. neue Micro-Hub-Standorte). Im Logistiksystem werden unterschiedliche Lieferfahrzeuge als Logistikflotte den Zentren und Adressen zugeordnet und führen die Lieferungen automatisch nach Routenoptimierung aus.

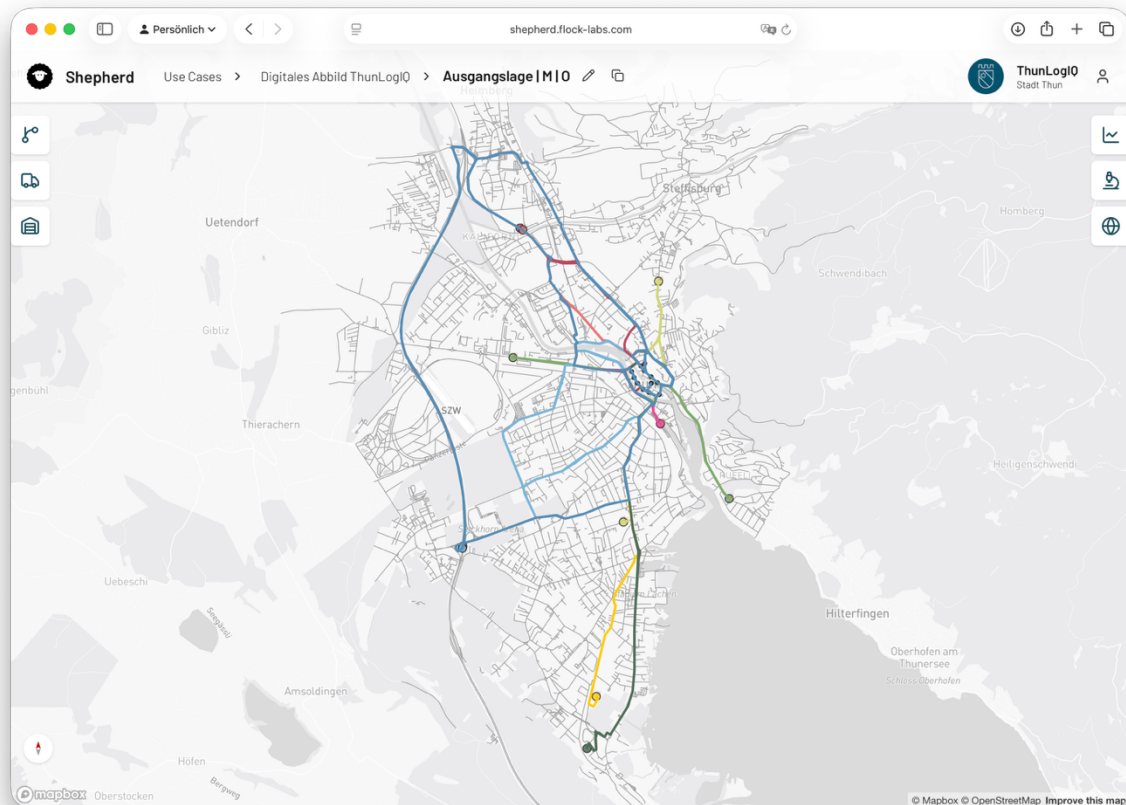


Abbildung 4: Benutzeroberfläche von Flock-Shepherd für die Konfiguration und Auswertung der Szenarien.

Modellumfang und Detaillierungsgrad wurden für dieses Pilotprojekt bewusst an die Grenzen der verfügbaren Daten und Ressourcen angepasst. Der Fokus lag nicht auf einer hochaufgelösten betriebswirtschaftlichen Optimierung, sondern auf der Validierung des methodischen Ansatzes - also dem Nachweis, dass sich Logistiksznarien auf einer einheitlichen, datenbasierten Modellgrundlage konsistent vergleichen lassen. Die Resultate werden konsequent als relative Veränderung gegenüber der Ausgangslage (heute) ausgewiesen. Dieser Ansatz erlaubt es, die Stärken und Schwächen der untersuchten Szenarien gegeneinander abzuwägen, ohne den absoluten Zahlen ein höheres Vertrauen zuzuschreiben, als es die Datenbasis hergibt. Absolute Aussagen (z.B. genaue Anzahl Fahrzeuge oder absolute CO₂-Mengen) wären erst nach einer breiteren und automatisierten Datenerhebung sowie einer detaillierteren Modellierung der Güter- und Fahrzeugklassen belastbar.

Die Systemelemente sind modular in fünf Themen organisiert (Strassennetz, Flotte, Lieferungen, Verkehr, Messwerte). Für jedes Thema wurden die abgebildeten Elemente, die getroffenen Annahmen, die bewussten Ausschlüsse und die genutzten Datenquellen dokumentiert. Tabelle 2 fasst die Elemente verdichtet zusammen. Dargestellt sind die im Pilotprojekt finalen Elemente nach Priorisierung anhand der zu untersuchenden Szenarien. Die Routenwahl der Logistikfahrzeuge erfolgt nach Fahrzeit, nicht nach «Wunschrouten». Einbahnstrassen werden als gegebenes Konzept übernommen und können nicht verändert werden. Strassenreinigung, Müllabfuhr und Recycling, motorisierter Individualverkehr (MIV) sowie öffentlicher Verkehr (ÖV) werden im Modell nicht als individuelle Agenten abgebildet, ihre Wirkung auf die Logistikfahrzeuge wird jedoch über das gesamthafte Verkehrsaufkommen (Verminderung der Fahrgeschwindigkeit auf den betroffenen Strassenabschnitten) berücksichtigt. Die zugrundeliegenden Verkehrsdaten wurden von Transcality simuliert und für das Strassennetz der Stadt Thun zur Verfügung gestellt.



Für die Berechnung der KPIs (insbesondere CO₂-Emissionen, Energieverbrauch und Fahrzeugkosten) wurde die heterogene Fahrzeuglandschaft auf eine Reihe generalisierter Fahrzeugklassen abstrahiert (Personenwagen Benzin/elektrisch, Lieferwagen 3.5 t Diesel/elektrisch, Lastwagen 26 t Diesel/elektrisch sowie elektrisches Dreirad und Cargo-Velo). Pro Klasse wurden konsistente Kennwerte für CO₂ (Tank-to-Wheel und Life-Cycle), Kosten pro Kilometer und Antriebsart hinterlegt. Diese generalisierten Fahrzeuge und ihre zugehörigen Werte (siehe Anhang A4, Tabelle A9) bilden die einheitliche Bewertungsgrundlage für alle simulierten Szenarien und ermöglichen den direkten Vergleich von Verlagerungs-, Antriebs- und Bündelungsmassnahmen.

Tabelle 2: Übersicht der im digitalen Abbild ThunLogIQ modellierten Systemelemente.

Thema	Abgebildete Elemente	Daten / Quellen	Ausschluss
Strassennetz	Strassen Innenstadt, Umfahrungen, Geschwindigkeiten, Einbahnregime, Fahrzeug-Zulassungen, temporäre Sperrungen, Abstell-/Parkplätze.	OpenStreetMap, Verkehrsauslastung Hauptverkehrszeiten, Zählungen ARE.	Einbahnregime als gegeben.
Flotte	Fahrzeugart (3-Rad, Lieferwagen, Lastwagen, Cargobike), Kapazität, Geschwindigkeit, Antrieb, Flotte je Anbieterin.	Fahrzeugspezifikationen, Umfrage / Zählung Drittanbieter.	Migros/Coop (kein Lieferweg über Hub).
Lieferungen	Lieferadressen, Liefergebiete, Lieferaufkommen mit Güterart und Lieferzeit, Verladedauer, Hub-/Paketbox-Standorte und Umschlagzeiten.	OSM, Lieferdaten Post & Gafner, Umfrage ThunCity.	Entsorgung, Boot/Drohne.
Verkehr	Verkehrsaufkommen MIV/ÖV, Strassenreinigung, Müllabfuhr (beeinflussen Fahrgeschwindigkeit).	Transcality, ARE-Prognosen.	Individualisierte MIV/ÖV-Modellierung.
Messwerte	Auslastung Fahrzeuge/Hubs, Anzahl Fahrten, Fahrzeuge/Strecke, Auslieferungsdauer, Kosten/Lieferung, CO ₂ .	Generiert aus Simulationen.	Vollkostenmodell inkl. Personal.

2.6 Validierung der Datengrundlage

Zur Validierung der beiden Hauptdatensätze wurden die stündlichen Verteilungen der gemeldeten Lieferungen (Umfrage) und der beobachteten Fahrzeuge (Zählung) verglichen (Abbildung 5). Die Pearson-Korrelation der beiden Verteilungen beträgt 0.858 und weist auf eine starke zeitliche Ähnlichkeit hin. Der visuelle Vergleich zeigt einen weitgehend übereinstimmenden Verlauf. Die grössten Abweichungen liegen in den Randzeiten vor 7h und nach 20h (ausserhalb des Beobachtungszeitraums) sowie zwischen 14h und 15h (vermutlich auf die Stichprobe der Umfrage zurückzuführen). Zu beachten ist, dass die Umfrage nur Güterlieferungen und Abholungen abdeckt, während die Beobachtungen auch Handwerker und Personentransporte enthalten.

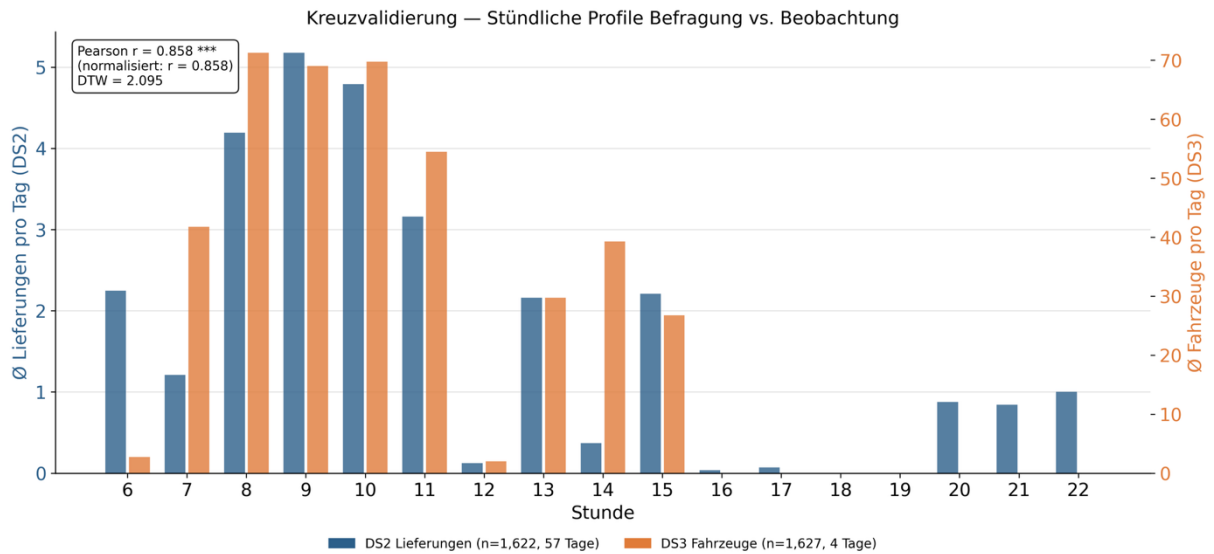


Abbildung 5: Cross-Validierung Umfrage und Verkehrszählung: stündliche Verteilung der gemeldeten Lieferungen (DS2) gegenüber den beobachteten Fahrzeugen (DS3). Pearson-Korrelation 0.858.

Die Simulationsergebnisse sind in ihrer Aussagekraft direkt an die Qualität der Datengrundlage gekoppelt. Mit Beobachtungen an vier Tagen im Winter sind keine Aussagen über Saisonalität möglich, und sowohl die händische Erfassung als auch die Befragung weisen systematische Fehler auf. Für eine vertiefte Variantenstudie ist eine automatisierte und laufende Erhebung wünschenswert. Die vorliegende Datengrundlage ist jedoch ausreichend repräsentativ und valide, um das Potenzial des digitalen Szenario-Planungstools aufzuzeigen und erste fundierte Empfehlungen abzuleiten.



3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Deskriptive Auswertungen

3.1.1. Umfrageresultate

Aus den 28 Antwortenden ergibt sich ein erkennbares Tagesmuster der Lieferungen nach Güterart. Pakete werden mehrheitlich zwischen 9h und 14h geliefert, mit einer erkennbaren Pause zwischen 12h und 13h. Charakteristisch ist ein markanter Anstieg zwischen 8h und 9h, von insgesamt 12 auf 220 Pakete. Zwischen 14h und 15h sinkt die Anzahl gelieferter Pakete kurzfristig von 121 auf 12, bevor sie wieder auf 67 ansteigt. Am Abend zwischen 20h und 22h erfolgt eine zweite signifikante Welle von Paketlieferungen. Gitterwagen und EU-Paletten werden in geringerer Stückzahl geliefert und beginnen bereits ab 6h. Alle gemeldeten EU-Paletten werden vor 12h geliefert (Abbildung 6).

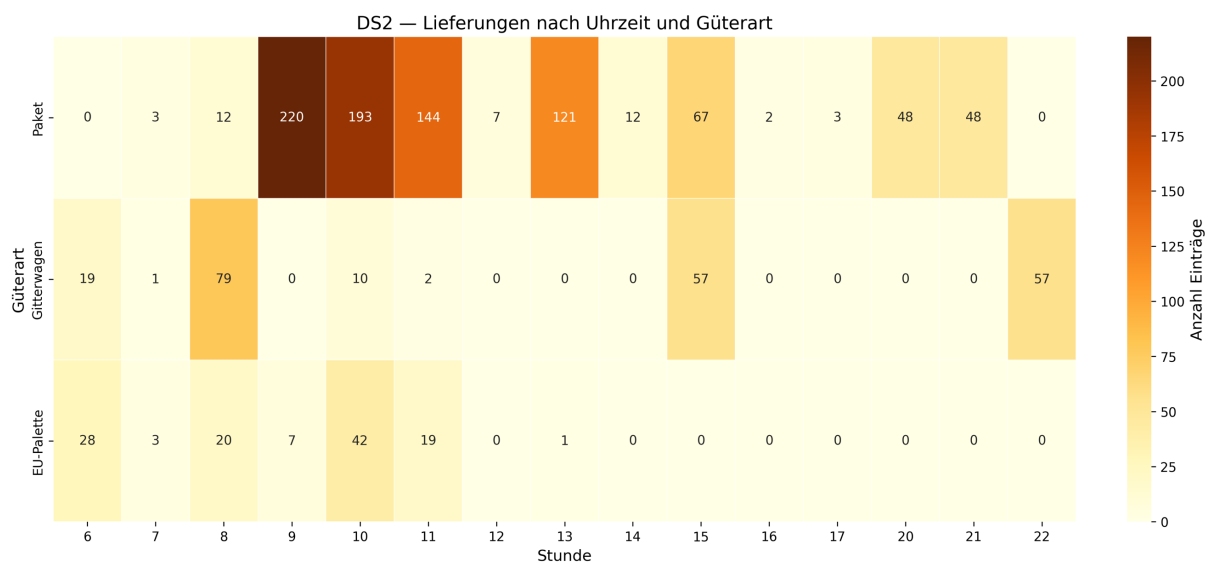


Abbildung 6: Tageskurve der gemeldeten Lieferungen nach Güterart (Pakete, Gitterwagen, EU-Paletten), summiert über alle Rückmeldungen.

Bei der Verteilung nach Logistikunternehmen ist auffällig, dass 38-45% der Lieferungen von DPD und DHL nicht wiederkehrend sind (Abbildung 7). Die Post deckt über 400 Lieferungen ab und ist damit klar dominierend, während DHL als zweitgrösster Anbieter weniger als 100 Lieferungen durchführt. Weitere Logistikunternehmen liegen zwischen 50 und 80 Lieferungen (Abbildung 8). Über den Wochenverlauf ist der Dienstag der intensivste Tag (knapp 40 Lieferungen im Durchschnitt) und damit für Kapazitätsanalysen relevant (Abbildung 9). Die Umfrage liefert Stückzahlen, jedoch keine absoluten Tagesmengen. Eine Hochrechnung wurde wegen der begrenzten Antwortbasis bewusst nicht vorgenommen.

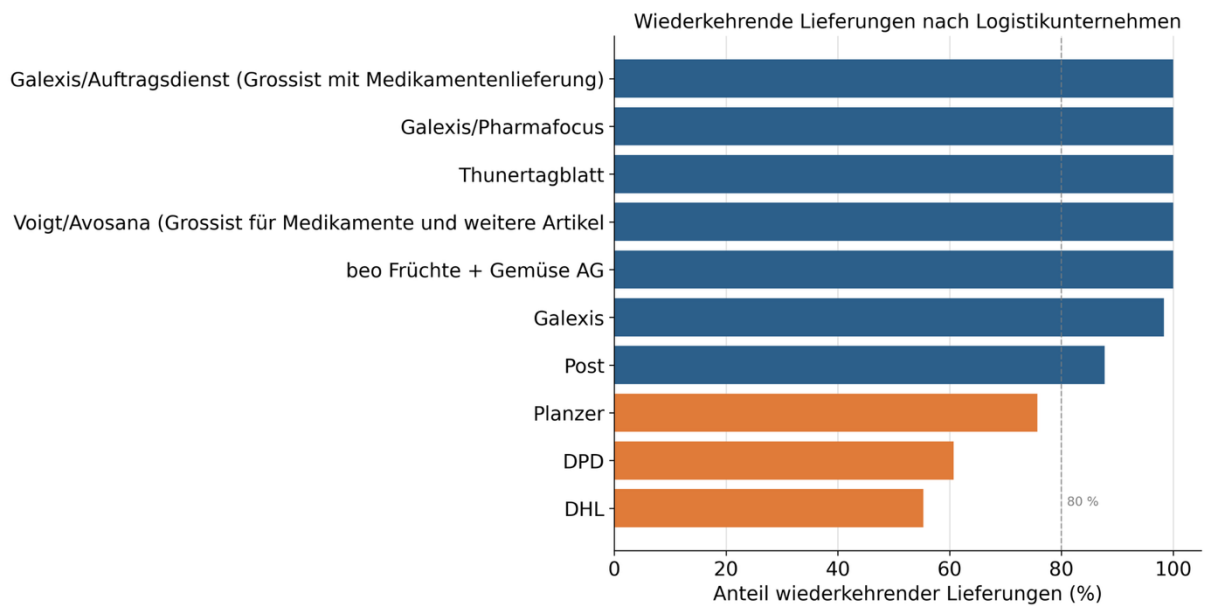


Abbildung 7: Anteil wiederkehrender Lieferungen pro Logistikunternehmen.

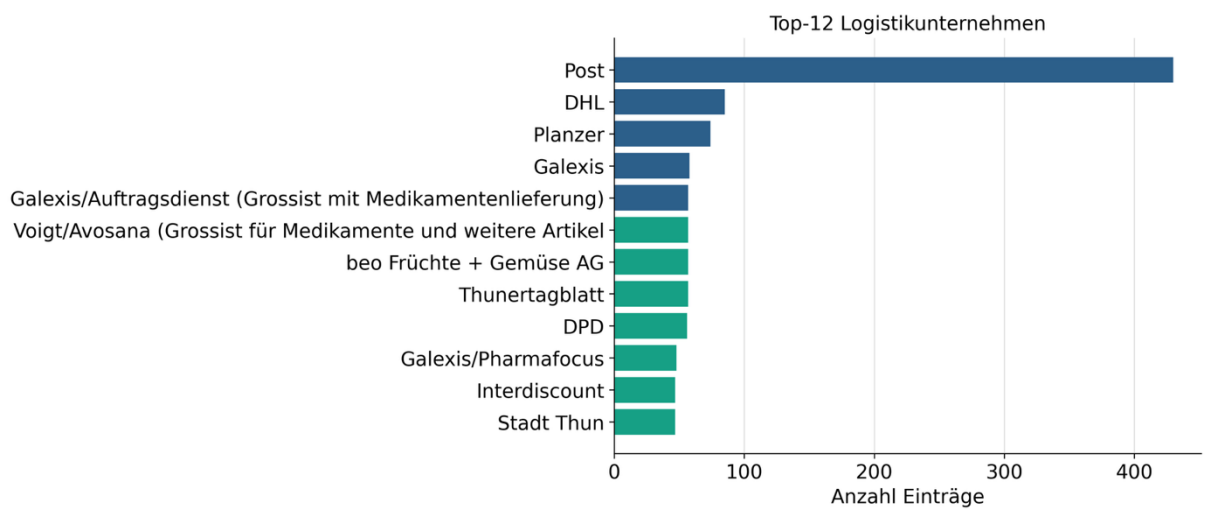


Abbildung 8: Anzahl gemeldeter Lieferungen pro Logistikunternehmen im Erhebungszeitraum 27.11.2025 bis 31.01.2026.

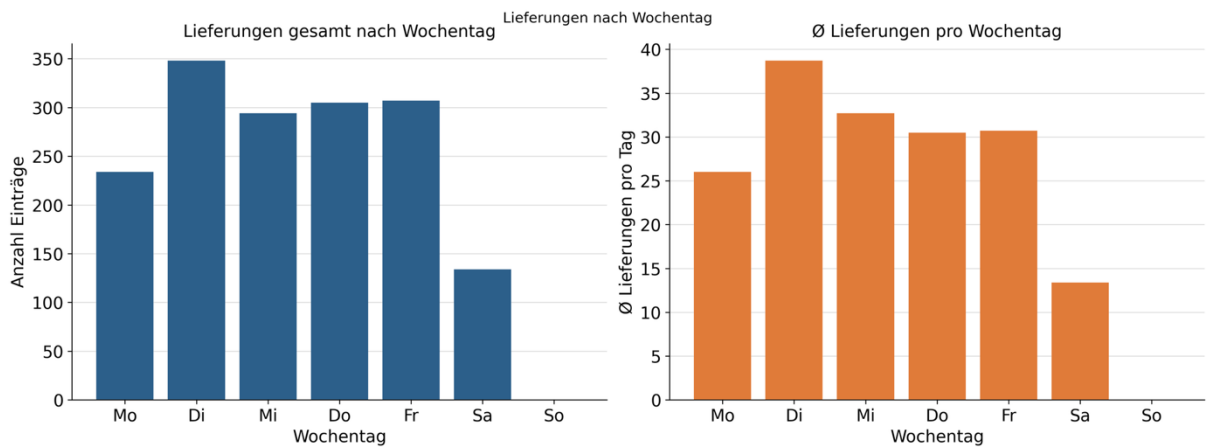


Abbildung 9: Lieferungen nach Wochentag gemäss Umfrage: Gesamtzahl (links) und Durchschnitt pro Tag (rechts).

3.1.2. Beobachtungsergebnisse

Über die vier Messtage und drei Standorte zeigen die Beobachtungen ein konsistentes Tagesmuster. Ab 7h steigt die Anzahl Fahrzeuge an, die Morgenspitze liegt zwischen 8h und 11h, gefolgt von einem leichten Rückgang bis 12h. Am Nachmittag liegt die Anzahl tiefer und die Nachmittagsspitze erreicht ca. 46-64% der Morgenspitze (Abbildung 10). Das Logistik-Verkehrsaufkommen ist im Bälliz 1 am höchsten und in der oberen Hauptgasse am tiefsten (Abbildung 11). Da die Werte die Summe über vier Beobachtungstage darstellen, können tägliche Werte näherungsweise durch Division durch vier approximiert werden. Im Bälliz 1 wurden so durchschnittlich rund 33 Fahrzeuge zwischen 9h und 10h beobachtet.

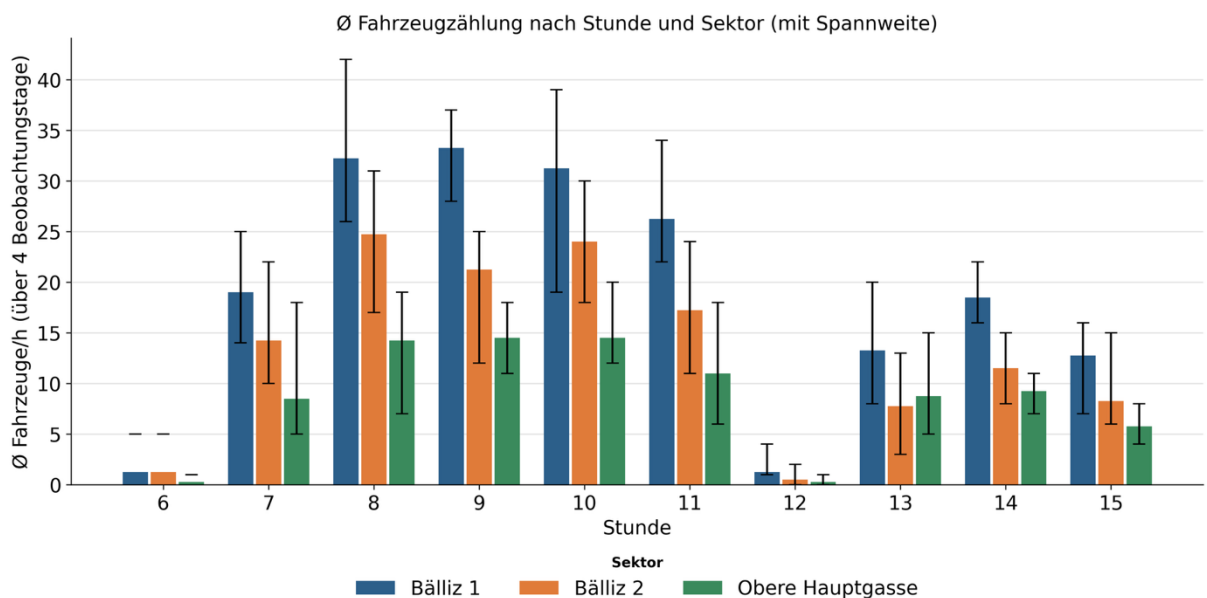


Abbildung 10: Durchschnittliche Fahrzeuge pro Stunde je Sektor (Bälliz 1, Bälliz 2, obere Hauptgasse), gemittelt über die vier Messtage. Fehlerbalken zeigen die Spannweite.

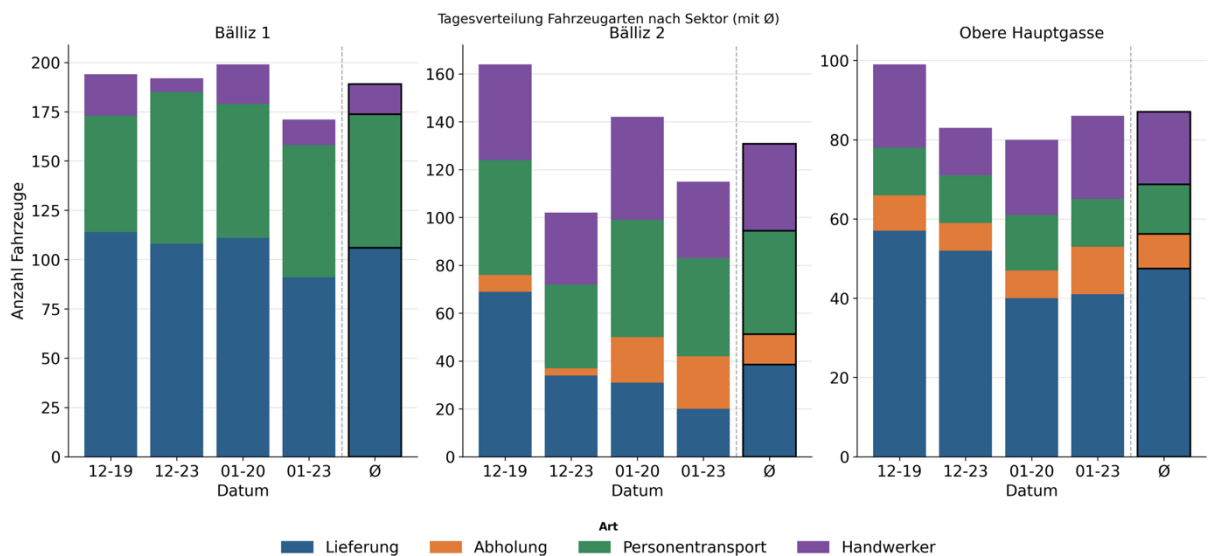


Abbildung 11: Tagesverteilung der Fahrzeuge je Sektor und Messtag, gestapelt nach Fahrtgrund. Bälliz 1 zeigt 170 bis 200 Fahrzeuge pro Tag, Bälliz 2 schwankt zwischen 100 und 165, die obere Hauptgasse liegt zwischen 80 und 100.

Trotz unterschiedlicher Fahrzeugmengen pro Sektor sind die Anteile der Fahrzeugtypen ähnlich. Rund die Hälfte der Fahrzeuge sind Lieferwagen, PKW machen 29-36% aus, die restlichen 20% entfallen auf Lastwagen, Cargo-Bikes und Taxis (Abbildung 12). Die Kombination von Fahrzeuganzahl und Fahrtgrund variiert nach Sektor. Im Bälliz 1 sind rund die Hälfte der Fahrzeuge Lieferungen, ein Drittel sind Taxis (alle Personentransporte), der Rest Handwerker. Im Bälliz 2 sind ca. ein Drittel Lieferungen, zwischen 8h und 9h sowie am Nachmittag erreichen Personenfahrten (Taxi) mehr als ein Drittel. In der Hauptgasse liefern rund die Hälfte der Fahrzeuge Waren, wobei ab 14h der Anteil Personentransporte auf rund einen Drittel ansteigt (Abbildung 13). Bei der Betrachtung der Anzahl parkierten Fahrzeuge folgen alle drei Sektoren demselben Grundrhythmus mit Spitzen zwischen 8:30-11:00 Uhr und am frühen Nachmittag. Bälliz 2 erreicht mit durchschnittlich 11-12 gleichzeitig anwesenden Fahrzeugen den höchsten Peak (Abbildung 14).

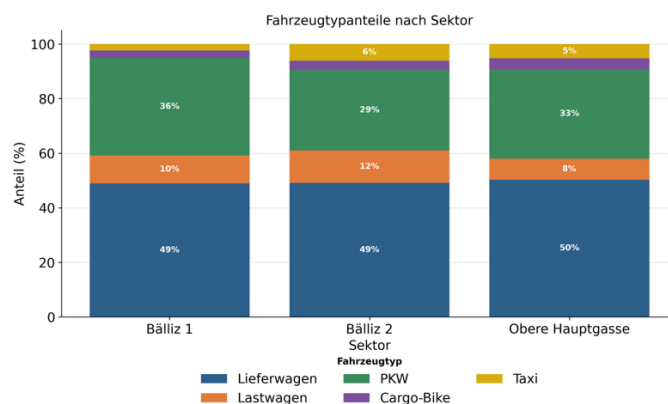


Abbildung 12: Verteilung der Fahrzeugtypen je Sektor. Rund die Hälfte der Fahrzeuge sind Lieferwagen, 29 bis 36 Prozent PKW, der Rest Lastwagen, Cargo-Bikes und Taxis.

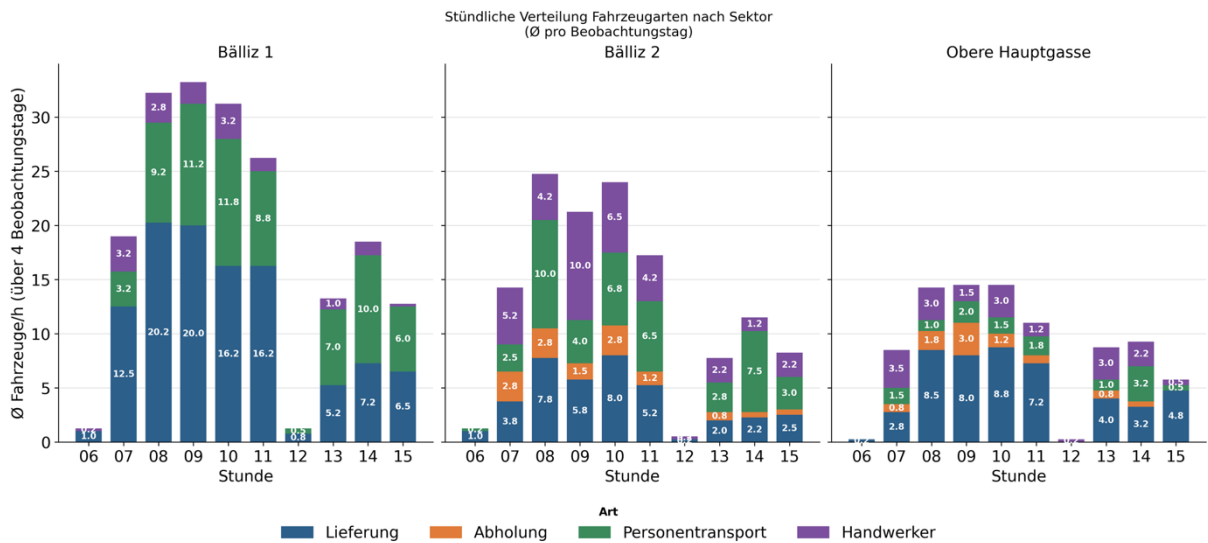


Abbildung 13: Stündliche Fahrzeuge je Sektor, gestapelt nach Fahrtgrund (Lieferung, Abholung, Personentransport, Handwerker), durchschnittlich pro Beobachtungstag.

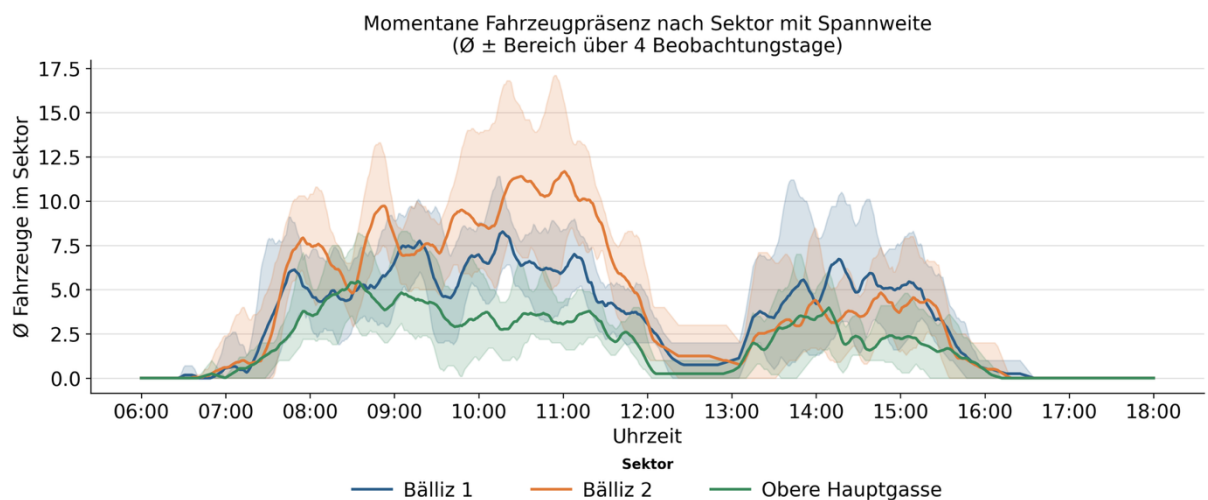


Abbildung 14: Momentane Fahrzeugpräsenz pro Sektor über den Tag, gemittelt über die vier Messtage. Bälliz 2 erreicht 11 bis 12 gleichzeitig anwesende Fahrzeuge, während Bälliz 1 im Schnitt rund 8 Fahrzeuge im Maximum hat und die obere Hauptgasse kommt durchschnittlich knapp über 5 Fahrzeuge. Die breiten Unsicherheitsbänder, besonders bei Bälliz 2 am Vormittag, zeigen jedoch, dass die konkrete Auslastung an einzelnen Tagen stark vom Durchschnitt abweichen kann.

3.2 Szenarienanalyse

Auf Basis des digitalen Abbilds wurden gemeinsam mit den Stakeholdern Szenarien entlang dreier Hauptdimensionen entwickelt und simuliert: Letzte Meile (Hub-Konfiguration und Verteilfahrzeug), Antriebsart (gemischte Flotte vs. vollständig elektrifizierte Flotte) und Lieferzeit (nach Aufkommen als Referenzmodus, getaktete «Skibusse» nur ab Hub oder definierte Lieferfenster mit Zeitbeschränkung). Die zentralen Szenarien sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Letzte-Meile-Optionen Cargobikes setzen dabei zwingend einen Konsolidierungspunkt (Stadttrand-Hub oder Micro-Hub) in der Lieferkette voraus. Detaillierte KPI-Werte aller Szenarien finden sich im Anhang A2.



Tabelle 3: Übersicht der entwickelten Logistik-Szenarien.

Szenario	Beschreibung	Dimension
Ausgangslage (heute)	Ist-Zustand: alle Quellen liefern direkt zur Endadresse in der Innenstadt; gemischte Flotte (Diesel/Elektrisch), keine Lieferfenster, Lieferzeit nach Aufkommen.	Referenz
Stadtrand-Hub	Klassischer Stadtrand-Hub als zentraler Umschlagpunkt am Stadtrand; konsolidierte, emissionsarme letzte Meile ins Stadtzentrum.	Letzte Meile
1 Micro-Hub	Ein zentraler City-Hub für externe Lieferungen mit Feinverteilung in die Innenstadt; kürzere Auslieferungstouren ab Hub. Der Stadtrand-Hub bleibt als vorgelagerter Konsolidierungspunkt erhalten.	Letzte Meile
2 Micro-Hubs	Multi-Hub-Ansatz: zwei räumlich verteilte City-Hubs in der Innenstadt für eine feinmaschigere Bündelung und bessere Abdeckung der Liefergebiete (ergänzt um den vorgelagerten Stadtrand-Hub).	Letzte Meile
Paketbox (Variante 1: nur externe Lieferanten)	Drittanbieter-Pakete werden an eine Paketbox in der Innenstadt geliefert; die Paketbox dient als Endadresse, die letzte Meile durch den Lieferanten entfällt und die Abholung erfolgt durch die Empfänger:innen.	Letzte Meile
Paketbox (Variante 2: alle ausser Gafner & Taxi)	Erweiterte Paketbox-Variante: alle Lieferanten ausser Gafner und Taxi liefern an die Paketbox als Endadresse; die letzte Meile durch den Lieferanten entfällt für sämtliche eingeschlossenen Anbieter, die Abholung erfolgt durch die Empfänger:innen.	Letzte Meile
Cargobikes	Feinverteilung externer Lieferungen ab Micro-Hub ausschliesslich mit Cargobikes. Setzt zwingend einen Konsolidierungspunkt (Stadtrand-Hub oder Micro-Hub) voraus, an dem die Sendungen vor der letzten Meile umgeladen werden.	Letzte Meile / Antrieb
Elektroflotte	Vollständige Elektrifizierung der heutigen Logistikfahrzeuge; sonst unveränderter Lieferprozess.	Antrieb
Lieferfenster	Zufahrts- und Lieferzeitbeschränkungen mit definierten Zeitfenstern für Anlieferungen. Anwendbar auf die gesamte Flotte (kein Hub erforderlich); die Anzahl Touren bleibt gleich, sie werden lediglich in die definierten Zeitfenster verschoben.	Lieferzeit
«Skibusse»	Bündelung der Drittanbieter-Pakete über einen Micro-Hub mit zeitlich konzentrierten Touren (einmal pro Stunde). Getaktete Auslieferung ist nur ab Hub möglich, d.h. dieses Szenario setzt einen Hub-Konsolidierungspunkt voraus.	Lieferzeit / Letzte Meile

Für die Auswertung wurden konsistente KPIs definiert: Anzahl Logistikfahrzeuge in der Innenstadt, CO₂-Emissionen lokal und global, Anzahl Pakete, eingesetzte Lieferfahrzeuge, Paket-Lieferzeit, Anzahl Umladungen und totale Fahrkosten. Die Resultate werden jeweils gegenüber der Ausgangslage (Basis heute) verglichen, die angegebenen Unsicherheiten widerspiegeln die Streuung über die Simulationsläufe. Tabelle 4 fasst die wichtigsten KPI-Veränderungen der zentralen Szenarien gegenüber der Basis (heute) zusammen.

Tabelle 4: KPI-Veränderung der zentralen Szenarien gegenüber der Ausgangslage heute.

Szenario	Verkehr	CO ₂ Fahrten	CO ₂ Lifecycle	Hauptwirkung
Ausgangslage	Referenz	Referenz	Referenz	-



Ausgangslage mit Lieferfenster	-1±0.8%	-1±1.2%	-1±1.1%	Verlagerung
Ausgangslage mit Elektrifizierung	+1±0.8%	-100±0.0%	-55±0.5%	Selbstabholung
1 Micro-Hub mit Cargo Bikes	-41±0.5%	-37±0.8%	-37±0.7%	Emissionsfreie Feinverteilung
1 Micro-Hub mit Skibussen	-30±0.6%	-37±0.8%	-33±0.8%	Antriebswechsel
2 Micro-Hubs mit Lieferwagen	-34±0.6%	-37±0.8%	-35±0.8%	Konzentration
Paketbox für Drittanbieter	-41±0.5%	-37±0.8%	-38±0.7%	Bündelung

3.2.1. Erkenntnisse zur Lebensqualität in der Innenstadt

Die Bündelung der Feinverteilung führt zu einer signifikanten Verlagerung des motorisierten Logistikverkehrs aus der Innenstadt (Abbildung 15). Die Lieferung von Paketen von Drittanbieterinnen über zwei Micro-Hubs reduziert das Logistik-Verkehrsaufkommen in der Innenstadt um rund 34% ($\pm 1\%$). Die Variante Paketbox erreicht eine vergleichbare Reduktion von rund 41% ($\pm 1\%$), weil die Feinverteilung in die Innenstadt komplett entfällt und die Empfänger:innen die Pakete an der Paketbox abholen. Die entsprechende Reduktion der lokalen CO₂-Emissionen liegt in derselben Grössenordnung: -37% ($\pm 1\%$) bei zwei Micro-Hubs und Paketbox.

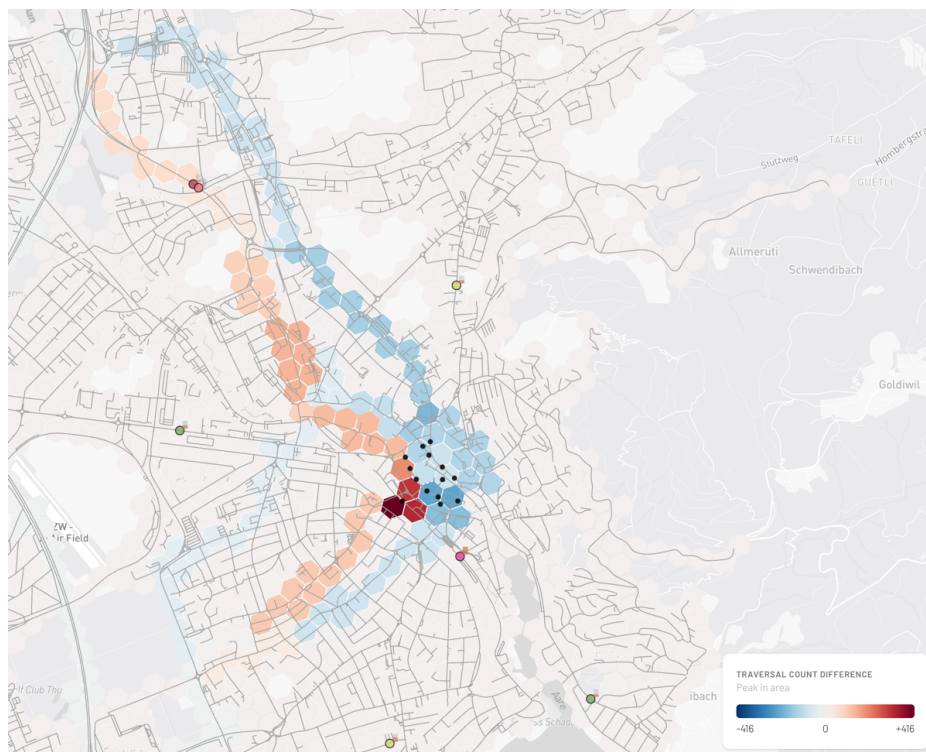


Abbildung 15: Räumliche Verteilung der Fahrzeugdichte in der Thuner Innenstadt mit einer «Paketbox» im Vergleich zur Ausgangslage. Deutlich zu erkennen ist die Verkehrsreduktion in der Innenstadt (Blau) während die Paketbox eine höhere lokale Verkehrsdichte mit sich führt (Rot).



Die beiden Massnahmen unterscheiden sich in ihrem operativen Profil und eröffnen so unterschiedliche Gestaltungsspielräume (Abbildung 16). Micro-Hubs bringen eine zusätzliche Konsolidierungsstufe zwischen den Zubringerflotte und Feinverteilung mit sich. Dies schafft Raum für neue Kooperationsformen zwischen den Anbieterinnen und für eine gezielte Steuerung der letzten Meile, prägt aber auch Lieferzeit und Koordinationsaufwand. Eine Paketbox-Lösung integriert die Empfänger:innen aktiv in die Lieferkette (sie holen ihre Sendungen selbst ab) und entlastet die Innenstadt direkt. Ihre Wirkung hängt von Akzeptanz, Standortdichte und Servicequalität ab. Detailliertere Simulationen und eine breitere Datenbasis erlauben eine differenzierte Bewertung dieser Aspekte.

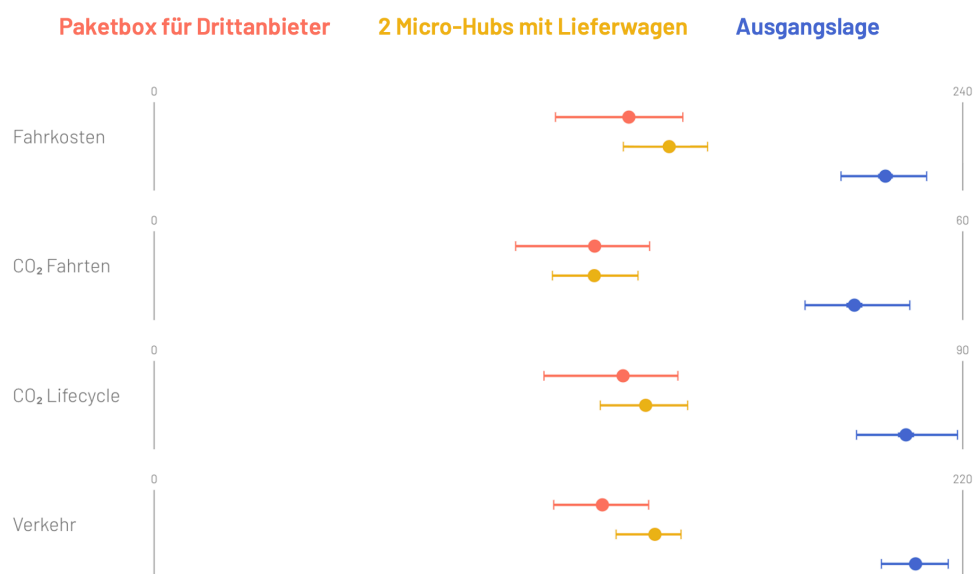


Abbildung 16: Übersicht der Kennzahlen für die Innenstadtregion der Szenarien «2 Micro-Hubs» und «Paketbox» mit der Ausgangslage.

3.2.2. Erkenntnisse zur zeitlichen Nutzung

Die zeitliche Strukturierung von Lieferungen hat unterschiedliche Wirkungen. Reine Lieferfenster führen nicht zu einer Reduktion der Anzahl Fahrzeuge ($0\% \pm 0\%$). Die Lieferungen werden lediglich auf wenige Zeitfenster konzentriert, die Anzahl Touren bleibt unverändert. Das Konzept der «Skibusse», gebündelte stündliche Touren der Drittanbieter-Pakete über einen Micro-Hub, reduziert das Logistik-Verkehrsaufkommen dagegen um rund 30% ($\pm 1\%$), weil mehrere Sendungen pro Stunde zusammengefasst werden und die Anzahl Fahrten sinkt. Damit zeigt die Auswertung klar, dass nicht die Lieferzeit als solche, sondern die Bündelung der entscheidende Hebel ist.

Beide Ansätze gestalten die zeitliche Nutzung der Innenstadt aktiv. Das Skibus-Modell bündelt Drittanbieter-Pakete am Micro-Hub und fasst sie in einen getakteten Tour-Rhythmus zusammen. Dies schafft planbare Lieferzeiten und ermöglicht eine engere Koordination zwischen den Logistikern, prägt aber auch die Umladeprozesse am Hub und die Wartezeit pro Sendung. Lieferfenster wiederum verändern die Anzahl Touren nicht, können jedoch zu definierten Zeiten Ruhe in die Innenstadt bringen und so die Aufenthaltsqualität für Empfänger:innen und Anwohnende erhöhen. Detailliertere Simulationen und eine breitere Datenbasis erlauben eine differenzierte Bewertung dieser Aspekte. Abbildung 17 zeigt die verschiedenen KPIs im Vergleich.

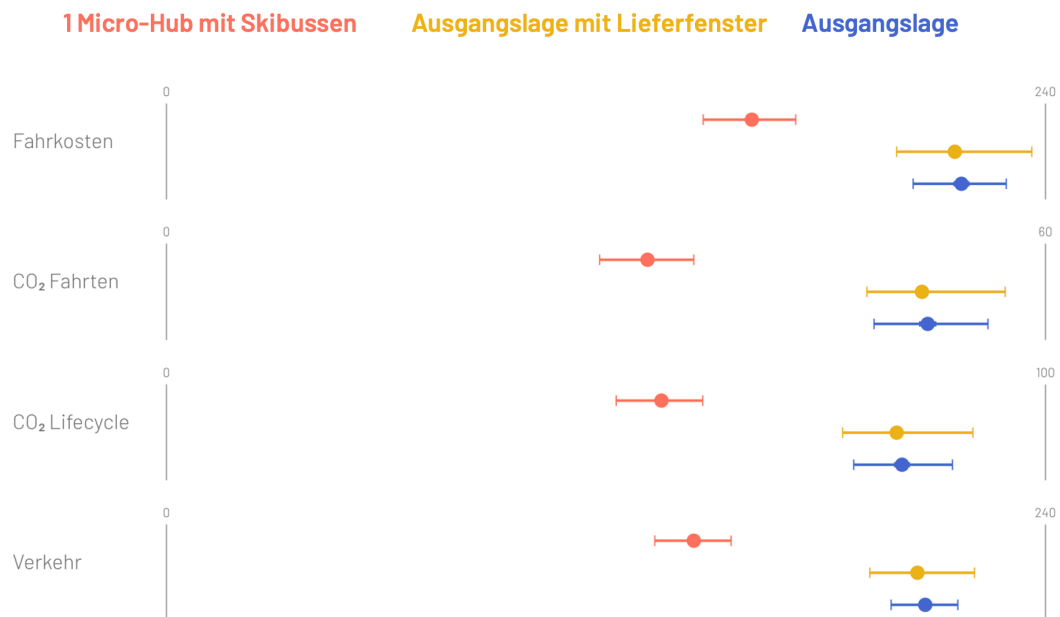


Abbildung 17: Übersicht der Kennzahlen für die Innenstadtregion der Szenarien «Lieferfenster» und «Skibusse» im Vergleich zur Ausgangslage.

3.2.3. Erkenntnisse zur Nachhaltigkeit

Bezüglich Nachhaltigkeit zeigt sich erwartungsgemäss, dass die vollständige Elektrifizierung der heutigen Logistikfahrzeuge mit -55% ($\pm 1\%$) den grössten globalen CO₂-Hebel über den gesamten Lebenszyklus darstellt. Sie ändert aber nichts an der Anzahl Fahrzeuge in der Innenstadt. Lebensqualität und Aufenthaltsqualität verbessern sich nur durch Verlagerungsmassnahmen. Die Feinverteilung externer Lieferungen über einen Micro-Hub und mit Cargo-Bikes reduziert die CO₂-Belastung um rund 37% ($\pm 1\%$) bei gleichzeitiger Reduktion der motorisierten Logistikverkehrs in der Innenstadt. Verlagerungs- und Antriebsmassnahmen sind damit komplementär. Erst ihre Kombination ergibt das volle Potenzial.

Beide Ansätze verfolgen den Nachhaltigkeitshebel auf komplementären Wegen. Eine Voll-Elektrifizierung der bestehenden Flotte ermöglicht den grössten globalen CO₂-Effekt und kann mit dem Aufbau von Ladeinfrastruktur und angepassten Betriebsabläufen schrittweise umgesetzt werden. Cargo-Bikes bieten eine emissionsfreie Feinverteilung im Stadtkern und passen besonders gut zu Sendungen mit überschaubarer Reichweite und Nutzlast. Ihr Einsatz wird durch Wetter- und Topographiebedingungen sowie durch die Tourstruktur ab Hub geprägt. Detailliertere Simulationen und eine breitere Datenbasis erlauben eine differenzierte Bewertung dieser Aspekte, insbesondere der Zusammenhänge zwischen Fahrzeugmix, Kapazität, Routenlänge und Lieferqualität. Abbildung 18 zeigt die lokale Auslieferung per Cargo-Bikes.

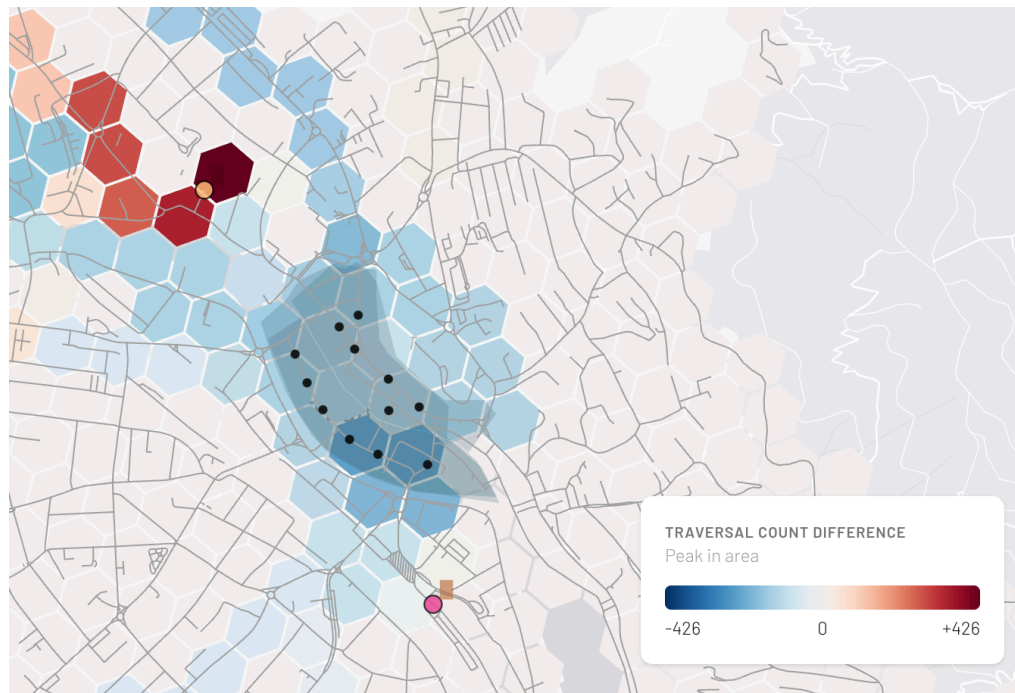


Abbildung 18: Veränderung des motorisierten Logistikverkehrs bei einem Micro-Hub mit Cargo-Bikes im Vergleich zur aktuellen Ausgangslage, die Entlastung der Innenstadt ist deutlich zu sehen (Blau).

3.3 Diskussion und methodische Einordnung

Die Resultate liefern für die Stadt Thun eine erste konsistente, datenbasierte Entscheidungsgrundlage und bestätigen die bereits in vorgängigen Arbeiten formulierte Hypothese, dass eine Kombination aus Hub-Logik, alternativen Verteilfahrzeugen und Antriebswechsel substanzielle Verbesserungen für Lebensqualität und Klimabilanz der Innenstadt ermöglicht. Aus politischer Sicht ist zentral, dass die Szenarien wirtschaftlich tragfähig sein müssen. Dieser Aspekt wurde im Pilotprojekt bewusst nicht vertieft.

Die methodische Stärke des Pilots liegt in der Integration unterschiedlicher Datenquellen und ihrer Cross-Validierung (Pearson 0.858), im agentenbasierten Simulationsansatz mit direkter Vergleichbarkeit auf einer einheitlichen Modellgrundlage und in der engen, iterativen Stakeholder-Einbindung über drei Workshops. Gleichzeitig wurden mehrere Grenzen sichtbar, die für eine vertiefte Variantenstudie zu adressieren sind:

- Datenverfügbarkeit und -qualität: Viele Annahmen (z.B. CO₂-Emissionen) beruhen auf verfügbaren Statistiken und nicht auf direkten Messwerten. Die Beantwortungsquote der Umfrage von 21% erlaubt eine Annäherung an den Tagesverlauf, aber keine Hochrechnung auf absolute Mengen.
- Stichprobe der Beobachtungen: Die händische Erhebung an vier Tagen im Winter liefert eine zeitliche Stichprobe ohne Daten ausserhalb der Beobachtungszeiten. Saisonalität und Sonderereignisse sind nicht abgebildet.
- Modellierungsgranularität: Die Abschlussdiskussion hat gezeigt, dass eine spezifischere Variantenstudie unter anderem eine detailliertere Modellierung der Güter erfordert (z.B. Kühlkette, eilige Transporte). Am einfachsten liesse sich dem mit einer gezielten Nacherhebung bei den Logistikpartnern (Güterart, Volumen, Zeitkritikalität je Sendung) und einer entsprechenden Erweiterung des synthetischen Nachfragemodells um Güterklassen begegnen. Die bestehende Erhebungs-App und die Datenstrukturen des Abbilds sind dafür direkt wiederverwendbar.
- Perimeter: Mit der Eingrenzung auf die Stadt Thun und die Datenerhebung ausschliesslich für die Thuner Innenstadt wurden überregionale Einflüsse wie Verkehrsströme aus dem Umland



nicht berücksichtigt. Die Routenoptimierung erfolgte ausserdem strikt nach Fahrzeit ohne spezifische Lieferkonzepte von Logistikunternehmen zu berücksichtigen.

- KPI-Set: Personalkosten und betriebswirtschaftliche Vollkostenrechnung sind nicht enthalten. Standortbezogene Detailfragen (baurechtliche Machbarkeit, Flächenverfügbarkeit) wurden bewusst ausgeklammert.
- Organisatorische Integration: Die Einbindung des Simulationstools in bestehende Verwaltungsabläufe und politische Entscheidungsprozesse ist noch nicht definiert.

Trotz dieser Grenzen sind die Daten ausreichend repräsentativ und valide, um das Potenzial eines digitalen Szenario-Planungstools aufzuzeigen und erste Empfehlungen zu geben. Der Pilot liefert erste Erfahrungen und zeigt das Potenzial eines digitalen Abbildes für die Entwicklung und den Vergleich von langfristigen Szenarien.

3.4 Einbettung in den Planungsprozess der Stadt Thun

Der Planungsprozess der Stadt Thun umfasst grundsätzlich drei Ebenen, in welche die ThunLogIQ-Resultate eingebettet sind. Auf strategischer Ebene bildet das Gesamtverkehrskonzept (GVK) Stadt Thun 2035 den Rahmen und definiert die verkehrspolitischen Ziele. Parallel dazu stimmt das Agglomerationsprogramm Siedlung und Verkehr regional ab. In der Konzeptphase werden im Betriebs- und Gestaltungskonzept (BGK) für spezifische Gebiete (z.B. Innenstadt, Wohnquartiere) Varianten entwickelt, um die Koexistenz aller Verkehrsteilnehmenden und die Aufenthaltsqualität zu optimieren. Nach einem BGK folgen die Projektierungs- und Umsetzungsphase (Vorprojekt, Bauprojektierung, Ausschreibung & Vergabe, Realisierung, Monitoring & Kontrolle), in Thun oft als etappierte Umsetzung. ThunLogIQ liefert insbesondere im Übergang von der strategischen Ebene zur Konzeptphase wertvolle Entscheidungsgrundlagen. Konkret fliessen die Erkenntnisse auf zwei Wegen ein: Die Szenarienvergleiche dienen als Input für die Variantenentwicklung in zukünftigen BGK (etwa zur Priorisierung von Micro-Hub-Standorten, Paketbox-Angeboten und Lieferfenstern), und die KPI-Auswertungen unterlegen die Massnahmenbewertung im GVK 2035 und im Agglomerationsprogramm mit quantitativen Kennzahlen. Das digitale Abbild kann dabei in der Konzeptphase wiederholt eingesetzt werden, um neue Varianten vor einer Projektierungsentscheid zu prüfen.



4 Schlussfolgerungen und Ausblick

ThunLogIQ zeigt, dass ein agentenbasiertes digitales Abbild der Stadtlogistik, aufgebaut auf einer Kombination aus Gewerbe-Befragung, händischer Verkehrszählung und Logistikpartnerdaten, eine valide Grundlage für die strategische Planung der Innenstadtlogistik bilden kann. Mit dem vorliegenden Pilotprojekt wurde ein digitales Abbild der Thuner Innenstadt erzeugt, das schrittweise weiterentwickelt werden kann und der Stadt Thun erlaubt, komplexe Zusammenhänge darzustellen, zu analysieren und fundierte Entscheidungen zu treffen. Die zentralen Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen sind in den folgenden fünf Abschnitten zusammengefasst, jeweils mit der Empfehlung und ihrer quantitativen Begründung, einem konkreten Vorgehen und den jeweiligen Grenzen. Der Lösungsraum wurde im Pilotprojekt bewusst eingeschränkt: Die Szenarien sind exemplarische Varianten und keine systematische Prüfung aller möglichen Ausgestaltungen (so wurden beispielsweise nicht mehrere Lieferfenster-Konzepte miteinander verglichen).

4.1 Feinverteilung bündeln: Micro-Hubs und Paketboxen

Empfehlung: Es wird empfohlen, Lieferungen in den Innenstadtpereimeter lokal zu verdichten und die Feinverteilung gezielt über bestehende Hubs, zusätzliche Micro-Hubs und Paketboxen zu bündeln. Die Simulationen zeigen, dass sich dadurch der motorisierte Logistikverkehr in der Thuner Innenstadt um rund einen Drittel reduzieren lässt (-41% bei einem Micro-Hub mit Cargo-bikes oder alternativ bei einer Paketbox für Drittanbieter-Pakete). Auch ein Ausbau auf zwei Micro-Hubs wurde untersucht (-34%). Aufgrund der zusätzlichen Investitionen und des geringen Mehrnutzens wird diese Variante aktuell nicht zur Weiterverfolgung empfohlen. Die direkten CO₂-Emissionen sinken in vergleichbarer Grössenordnung (rund -37%). Die Verlagerung ist damit wirksam und leistet einen bedeutenden Beitrag zur Entlastung des städtischen Verkehrs und zum Klimaschutz.

Konkretes Vorgehen: Für Micro-Hubs wurden im digitalen Abbild drei Standorte geprüft: der Güterbahnhof, der aktuelle STI-Standort und das Grabengut. In den Simulationen unterscheiden sich die drei Standorte nur geringfügig. Der Güterbahnhof bietet jedoch aufgrund seiner Lage, der bestehenden Infrastruktur und Nutzung sowie der weniger eingeschränkten Verkehrsführung im Umfeld die besten Voraussetzungen, während die Verkehrsführung beim STI-Standort und beim Grabengut bereits heute eingeschränkt ist. Es wird deshalb empfohlen, am Güterbahnhof die Machbarkeit vertieft zu prüfen, im Sinne einer Verträglichkeits- und Machbarkeitsstudie (baurechtlich, betrieblich, politisch), und parallel die Rollen und Zuständigkeiten zwischen Stadtverwaltung, Logistikunternehmen und Gewerbe für den Betrieb eines Hub-Systems zu klären. Den Logistikpartnern wird empfohlen, Bereitschaft für gemeinsame Pilotbetriebe mit Hub-Logik, gebündelter Feinverteilung und Cargo-Bike-Einsatz zu zeigen, auch in Kooperationsmodellen zwischen mehreren Anbietern.

Limitierungen: Die Resultate sind relative Veränderungen gegenüber der Ausgangslage und beruhen auf einer zeitlich begrenzten Datenerhebung (vier Beobachtungstage im Winter, Beantwortungsrate der Umfrage 21%). Betriebswirtschaftliche Vollkosten inkl. Personal, baurechtliche Machbarkeit und konkrete Flächenverfügbarkeit waren bewusst nicht Teil des Pilotprojekts. Die Wirkung der Paketbox hängt zudem von Akzeptanz, Standortdichte und Servicequalität ab, da die Empfänger:innen die Abholung übernehmen.

4.2 Zeitliche Zufahrtsbeschränkungen: Lieferzeitfenster und getaktete Touren

Empfehlung: In Kombination mit der Bündelung wird empfohlen, Lieferzeitfenster einzuführen. Sie reduzieren den Logistikverkehr kaum, ermöglichen aber bei gleichbleibender Lieferkapazität weitgehend lieferverkehrsfree Hauptbesuchszeiten. Ergänzt um ein getaktetes «Skibus»-Konzept (stündlich gebündelte Touren der Drittanbieter-Pakete ab Micro-Hub) sinkt das Logistik-Verkehrsaufkommen um rund 30%. Entscheidender Hebel ist dabei nicht die Lieferzeit als solche, sondern die Bündelung.



Konkretes Vorgehen: Die Zeitfenster sind gemeinsam mit Gewerbe und Logistikpartnern festzulegen und auf das bestehende Zufahrtsregime abzustimmen. Das Fahrtenkontingent des «Skibus» ist vertieft zu prüfen, einschliesslich der Frage, ob und in welchem Umfang Fahrten während der Besucherzeiten erlaubt sein sollen. Ein zeitlich befristeter Pilotversuch im Messperimeter (Bälliz, Obere und Untere Hauptgasse) würde erlauben, Akzeptanz und betriebliche Auswirkungen vor einer flächigen Einführung zu testen.

Limitierungen: Das «Skibus»-Konzept setzt einen Hub-Konsolidierungspunkt voraus und führt zu regelmässigen Fahrten auch während der Besucherzeiten. Auswirkungen auf Lieferzeiten, Kosten und Akzeptanz der Logistikanbieter wurden nicht vertieft untersucht. Motorisierter Individualverkehr und ÖV sind im Modell nicht als individuelle Agenten abgebildet. Beide Ansätze sind deshalb sorgfältig aufeinander abzustimmen, um eine wirksame Verkehrsberuhigung zu erreichen.

4.3 Antriebswechsel: Elektrifizierung der Logistikflotte

Empfehlung: Es wird angeraten, die vollständige Umstellung auf elektrische Antriebe zu unterstützen, da dadurch die direkten und indirekten CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus in den untersuchten Szenarien um rund 55% reduziert werden konnten. Die direkten Emissionen aus dem Fahrbetrieb entfallen vollständig. Die Massnahme hat keinen Einfluss auf das Logistik-Verkehrsaufkommen. Verlagerungs- und Antriebsmassnahmen sind komplementär. Es wird deshalb ausdrücklich empfohlen, die Elektrifizierung mit der Bündelung und den Lieferzeitfenstern zu kombinieren, da sie so ihre grösste Wirkung entfaltet.

Konkretes Vorgehen: Die Elektrifizierung kann schrittweise umgesetzt werden, beginnend mit dem Aufbau von Ladeinfrastruktur und angepassten Betriebsabläufen bei den Logistikpartnern. Für die Feinverteilung ab Hub bieten Cargo-Bikes eine emissionsfreie Ergänzung (rund -37% CO₂-Emissionen bei gleichzeitiger Reduktion der motorisierten Innenstadtfahrten). Anreize wie Privilegien im Zufahrtsregime für emissionsfreie Fahrzeuge, die frühzeitig mit dem Kanton Bern abzustimmen sind, sowie eine Abstimmung mit Kanton können die Umstellung beschleunigen.

Limitierungen: Die CO₂-Kennwerte beruhen auf generalisierten Fahrzeugklassen und verfügbaren Statistiken (Mobitool, Anhang A4), nicht auf direkten Messwerten. Investitions- und Betriebskosten der Elektrifizierung inkl. Ladeinfrastruktur wurden nicht modelliert. Der Einsatz von Cargo-Bikes wird in der Realität durch Wetter, Topographie sowie die Tourstruktur ab Hub geprägt. Diese Einflüsse sind in der Simulation nicht abgebildet.

4.4 Datengrundlage gezielt ausbauen

Empfehlung: Es wird geraten, die verfügbare Datengrundlage gezielt auszubauen, da die Aussagekraft der Simulation unmittelbar von deren Qualität abhängt. Die bestehende Basis (Befragung mit Beantwortungsrate 21%, über 1620 Beobachtungen an vier Wintertagen, Partnerdaten, Cross-Validierung mit Pearson-Korrelation 0.858) genügt für eine erste Potenzialabschätzung, ist für vertiefte Variantenstudien jedoch noch unzureichend.

Konkretes Vorgehen: Empfohlen wird eine kontinuierliche, automatisierte Erhebung von Lieferaufkommen und Fahrzeugbewegungen über das ganze Jahr (Saisonalitäten, Wochentage, Sonderereignisse), idealerweise als Open-Data-Baustein. Die Logistikpartner sollten regelmässig anonymisierte Tour- und Mengendaten für die Modellpflege bereitstellen, ergänzt um eine detailliertere Güter-Klassifikation (Kühlkette, eilige Sendungen, Volumen vs. Stück). Die im Projekt entwickelte Erhebungs-App ist dafür direkt wiederverwendbar. Ergänzend können offene Quellen (OpenStreetMap, ARE-Zählungen, Verkehrsmodelle) und synthetische Nachfragemodelle genutzt werden. Die Erhebung sollte dabei den generellen Gütertransport erfassen: Güter werden nicht nur von Logistikfirmen, sondern auch privat transportiert, und alle tragen zum Verkehr bei.

Limitierungen: Auch eine erweiterte Datengrundlage bildet das System nie vollständig ab. Systematische Fehler von Befragungen und händischen Zählungen lassen sich reduzieren, aber nicht eliminieren. Absolute Aussagen (z.B. genaue Fahrzeugzahlen oder CO₂-Mengen) bleiben von Annahmen abhängig



und erfordern zusätzlich eine detailliertere Modellierung der Güter- und Fahrzeugklassen sowie Zukunftsprognosen zur Nachfrage.

4.5 Digitale Abbilder als Entscheidungsinstrument verankern

Empfehlung: Es ist zweckmässig, datenbasierte digitale Abbilder konsequent als Entscheidungsinstrument einzusetzen, um Stadtlogistik-Konzepte strukturiert und vergleichbar zu bewerten, bevor vertiefte Planungs- oder Bauprojekte gestartet werden. Besonderes Gewicht sollte auf der iterativen Einbindung der relevanten Stakeholder liegen. Im Pilotprojekt waren drei Workshops und drei Abstimmungstermine mit der Stadt Thun zentral, um tragfähige Szenarien zu entwickeln und die Ergebnisse breit abzustützen.

Konkretes Vorgehen: Das digitale Abbild sollte in den bestehenden Planungsprozessen der Stadt Thun verankert werden (GVK 2035, Agglomerationsprogramm), insbesondere im Übergang von der strategischen Ebene zur Konzeptphase, und auf weitere Felder (ÖV, Standortplanung, Wachstumsszenarien) erweitert werden. Für die Übertragung der Methodik auf weitere Schweizer Städte mittlerer Grösse liegt mit Erhebungs-App, modularen Systemelementen und KPI-Set ein wiederverwendbarer Baukasten vor.

Limitierungen: Jedes Szenario verändert operative Abläufe und Rollen entlang der Lieferkette. Eine differenzierte Bewertung dieser Wechselwirkungen entlang von Kosten, Lieferzeit, Akzeptanz und Auslastung war nicht Teil des Pilotprojekts und sollte als Entscheidungsgrundlage gezielt nachgeholt werden. Auch die organisatorische Integration des Tools in Verwaltungsabläufe und politische Entscheidungsprozesse ist noch nicht definiert.

4.6 Ausblick und Skalierung

ThunLogIQ ist als erste Kachel eines schrittweise wachsenden digitalen Abbilds von Stadt und Region zu verstehen. Die Stadt Thun sammelt bereits in mehreren Bereichen Erfahrungen mit digitalen Abbildern und plant, diese künftig systematisch in Planungs- und Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen. Was in ThunLogIQ für die Gesamtlogistik aufgebaut wurde, soll auf weitere Felder wie ÖV, Standortplanung und Wachstumsszenarien übertragen werden, weitere Bausteine wie Energie und Raumplanung kommen schrittweise dazu.

Für Folgeprojekte zeichnen sich drei Stossrichtungen ab: räumlich erweitern (Übertragung der Methodik auf weitere Schweizer Städte mittlerer Grösse wie Winterthur, Schaffhausen, Chur oder Solothurn), inhaltlich vertiefen (Folgeprojekte greifen die Erkenntnisse aus ThunLogIQ auf und schärfen sie mit detaillierterer Modellierung der Güter, breiterer Datenbasis und konkreten Standortprüfungen weiter) sowie ein digitales Gesamtbild aufbauen (Schritt für Schritt entsteht ein integriertes Abbild von Stadt und Region, ThunLogIQ ist eine Kachel davon und weitere können dazu kommen). Damit unterstützt ThunLogIQ die Roadmap Elektromobilität 2025, die nationale Umsetzung der Netto-Null-Ziele 2050 sowie die UN-Nachhaltigkeitsziele SDG 11 und SDG 13.



5 Nationale und internationale Zusammenarbeit

Das Projekt wurde in einem öffentlich-privaten Konsortium von Schweizer Partnern durchgeführt: Smart Regio Thunersee (Gesamtprojektleitung), Flock Labs AG (Technologie), Stadt Thun (Anforderungen), Universität Bern (wissenschaftliche Validierung) sowie die Logistikpartner Die Schweizerische Post AG und Gafner AG und der Gewerbeverband ThunCity Genossenschaft. Erweiterte Stakeholder waren das kantonale Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination, das Amt für Umwelt und Energie sowie die Wyss Academy for Nature.

Methodisch und inhaltlich ordnet sich das Projekt in die Schweizer Forschungs- und Innovationslandschaft ein und orientiert sich an folgenden Vorhaben: ZHAW-Innosuisse-Flagship «Smart Urban Multi-hub Concept», SNF-NFP 71 «Smart urban freight logistics», Planzer-LOXO-Pilotprojekt in Bern (autonome Mikro-Hubs) und EPFL Blue City Project (Urban Digital Twin Lausanne). Es bestehen keine formellen Projektpartnerschaften mit diesen Vorhaben. Sie dienen der inhaltlichen Einordnung des Projekts und dem Abgleich der Erkenntnisse (vgl. Kapitel 1.1). Ein Fachvortrag wurde am 13. November 2025 beim kantonalen Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination gehalten, weitere sind in Abklärung.



6 Publikationen und andere Kommunikation

Folgende Publikationen, Vorträge und Kommunikationsformate sind aus dem Projekt entstanden bzw. geplant:

- Schlussbericht ThunLogIQ (vorliegendes Dokument), 2026, öffentliche Publikation voraussichtlich Ende Juni 2026 über ARAMIS (www.aramis.admin.ch).
- Fachvortrag «ThunLogIQ - Smarte und nachhaltige Stadtlogistik», Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination (AöV) Kanton Bern, 13. November 2025.
- Abschlusspräsentation mit den Projektpartnern und erweiterten Stakeholdern, Thun, 20. Mai 2026.
- BEA CityLab Auftritt, Bern, 24. April bis 3. Mai 2026. Eigener Stand mit vierteiligem Poster-Set zur Innenstadtlogistik der Stadt Thun. Podiumsdiskussion am 28. April 2026 mit Urs Gafner (Gafner AG), Andrea de Meuron (Stadt Thun), Fabrice Marggi (Uni Bern), Mark van Wijk (Smart Regio Thunersee) und Erik Nygren (Flock Labs).
- LinkedIn-Kommunikation der Smart Regio Thunersee und Flock Labs AG zu Projektfortschritt und Zwischenergebnissen.
- Website - www.thunlogiq.ch
- Publikation der Use-Case Beschreibung, einer Zusammenfassung der Resultate und eines How-To-Dokuments für die Anwendung in anderen Regionen auf der Website

Open-Access-Strategie: Das Projekt folgt dem Prinzip «Open by Design». Alle methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse sowie nicht-proprietäre Daten werden unter offenen Lizenzen veröffentlicht. Die entwickelten Logistikmodelle stehen über den Flock Shepherd interessierten Städten zur Verfügung, sofern diese keine proprietären Daten oder Informationen der Logistikpartner beinhalten.



7 Literaturverzeichnis

- Smart Regio Thunersee, «Vision Energieregion Thunersee», www.smartregiothunersee.ch/projekte-visionenergieregion.
- Stadt Thun, Gesamtverkehrskonzept (GVK) Stadt Thun 2035, www.thun.ch/grundlagenplaene.
- Stadt Thun, Aktionsplan Klimastrategie.
- SNF NFP 71 «Smart urban freight logistics» (abgeschlossen), nfp-energie.ch/de/projects/949/.
- Planzer-LOXO Pilotprojekt Bern (autonome mobile Mikro-Hubs), loxo.planzer-paket.ch/en/project/.
- EPFL Blue City Project (Urban Digital Twin Lausanne), www.epfl.ch/schools/enac/blue-city-project/.
- Barcelona Mikro-Hub-Standort-Optimierung, etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-024-00669-7.
- Bremen ULaaDS-Projekt (Lastenrad-Substitution), civitas.eu/projects/ulaads.
- Niederlande - 15 operative Null-Emissions-Zonen für Stadtgüterverkehr, zagdaily.com/places/the-netherlands-launches-zero-emission-zones-for-urban-freight/.
- BFE, Energieforschungskonzept 2025-2028.
- Schweizerischer Bundesrat, Strategie Nachhaltige Entwicklung 2030.
- BFE, Roadmap Elektromobilität 2025.



8 Anhang

8.1 A1 Systemelemente im Detail

Die folgenden Tabellen dokumentieren die im digitalen Abbild ThunLogIQ abgebildeten Systemelemente pro Thema (Strassennetz, Flotte, Lieferungen, Verkehr, Messwerte) mit Annahmen, Ausschluss und Datenquellen. Sie wurden im Vertiefungsworkshop vom 09.09.2025 gemeinsam mit den Stakeholdern konsolidiert.

8.1.1. A1.1 Strassennetz

Tabelle A1: Systemelemente - Strassennetz.

Aspekt	Inhalt
Elemente	Strassen in der Innenstadt; Umfahrungsmöglichkeiten; Geschwindigkeitsbegrenzungen; Einbahnstrassen; Zulassung für Fahrzeuge (Gewicht, Dienstleistungsart); Strassensperrungen (Baustellen, Märit); Abstell- und Parkplätze (dauerhaft, temporär).
Daten	Strassennetz von OpenStreetMap (OSM); Verkehrsauslastung für Hauptverkehrszeiten; Verkehrszählungen und Prognosen (ARE).
Annahmen	Verkehr beeinflusst die expliziten Fahrten der Logistikfahrzeuge durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit; Einbahnstrassen werden als gegeben erachtet und können nicht verändert werden; Strassenreinigung, Müllabfuhr und Recycling fahren nach Plan und beeinflussen Logistikfahrten durch Verminderung der Fahrgeschwindigkeit.
Ausschluss	Individualverkehr wird durch Verkehrsaufkommen abgebildet. Öffentlicher Verkehr wird durch Verkehrsaufkommen abgebildet.

8.1.2. A1.2 Flotte

Tabelle A2: Systemelemente - Flotte.

Aspekt	Inhalt
Elemente	Fahrzeugart (3-Rad, Lieferwagen, Lastwagen, Cargobike); Kapazität (Gewicht und Volumen); Maximalgeschwindigkeit; Zulassungen und Sonderregelungen; Antrieb (Diesel, elektrisch, Muskelkraft); Flotte je Anbieterin sofern bekannt; Routen nach Fahrplan oder Lieferorten.
Daten	Fahrzeugspezifikationen; Drittanbieter gemäss Umfrage bei Empfängerinnen oder Zählung.
Annahmen	Fahrzeuge, die nicht von einem Standort in Thun liefern, kommen proportional zum heutigen Aufkommen über die abgebildeten Zufahrtsstrassen; Fahrzeugtypen werden in repräsentative Fahrzeugarten zusammengefasst.
Ausschluss	Es werden nur Fahrzeuge abgebildet, welche direkt an die Empfängerinnen liefern oder zwischen Hubs transportieren (z.B. ohne Migros und Coop).



8.1.3. A1.3 Lieferungen

Tabelle A3: Systemelemente - Lieferungen.

Aspekt	Inhalt
Elemente	Konkrete Lieferadressen (z.B. Geschäfte, Restaurants) zusammengefasst in Liefergruppen; Liefergebiete gemäss Lieferantin; Lieferaufkommen inkl. Güterart und Lieferfenster bzw. Lieferzeit; Zeitdauer für Ausladen und Übergeben (Fahrzeug bis Empfängerin); Micro-Hubs, Paketboxen u.ä. an verschiedenen Standorten mit definierter Umschlagzeit und Kapazität.
Daten	OpenStreetMap (OSM); Lieferdaten von Projektpartnerinnen und aus Umfrage; Güterspezifikationen.
Annahmen	Lieferfahrzeuge blockieren sich gegenseitig nicht und können bei derselben Empfängerin gleichzeitig ausladen.
Ausschluss	Entsorgung wird nicht explizit abgebildet. Nicht-strassengebundene Liefermethoden (Boot, Drohne) werden nicht berücksichtigt.

8.1.4. A1.4 Verkehr

Tabelle A4: Systemelemente - Verkehr.

Aspekt	Inhalt
Elemente	Verkehrsaufkommen (MIV, ÖV), Geschwindigkeit auf Strassenabschnitten, Strassenreinigung, Müllabfuhr und Recycling als zeitgesteuerte Bewegungen.
Daten	Verkehrszustand auf dem Strassennetz von Transcality (laufend); gesamtes Strassennetz der Stadt Thun.

8.1.5. A1.5 Messwerte und Auswertung

Tabelle A5: Systemelemente - Messwerte (KPIs).

Aspekt	Inhalt
Kennzahlen	Auslastung der Fahrzeuge (Gewicht, Volumen, Anzahl), Paketboxen und Hubs; Anzahl Fahrten pro Anbieterin und Ziel; Anzahl Fahrzeuge pro Strecke (Auslastungsverlauf über Tag und Woche sowie Summen); durchschnittliche Dauer der Auslieferung pro Warentyp und Ziel; Kosten pro Lieferung (Fahrzeug und Güter) in Stunden.
Analysen	Auswirkungen verschiedener Hub-Standorte inkl. bestehender Lager; Auswirkung auf Empfängerinnen bezüglich Lieferzeiten und Liefermengen; Auswirkung verschiedener Antriebsformen (z.B. nur noch elektrisch) auf Kennzahlen; Vergleich verschiedener Flottenzusammensetzungen und Lieferintervalle.
Daten	Auswertungen auf Grund von Simulationen (generierten Daten). Keine zusätzlichen Datenquellen über die thematischen hinaus.
Auswertungen	Kennzahlen werden für die Ist-Situation (wo es die Datenlage erlaubt) ausgewertet oder auf Grund synthetischer Daten geschätzt. Zukünftige Szenarien werden mittels Simulationen anhand der Kennzahlen ausgewertet und können untereinander sowie gegenüber der Ist-Situation verglichen werden.



8.2 A2 Vollständige KPI-Tabelle für alle Szenarien

Die folgende Tabelle A6 zeigt die Übersicht aller KPI-Werte der ausgewählten Szenarien. KPIs umfassen Verkehrsauswirkungen (Anzahl Fahrzeuge in der Innenstadt, eingesetzte Lieferfahrzeuge), Nachhaltigkeit (lokale und globale CO₂-Emissionen, Energieverbrauch), Logistikleistung (Anzahl Pakete, Paket-Lieferzeit, Anzahl Umladungen, Auslastung Hub) sowie Kosten (totale Fahrtkosten als Indikator). Die Werte werden als prozentuale Veränderung gegenüber der Ausgangslage (heute) angegeben, Unsicherheiten ergeben sich aus dem Standardfehler aus den mehrfachen Simulationsläufen.

Tabelle A6: KPI-Veränderung der für die Vergleiche selektierten Szenarien für die Innenstadt (letzte Meile).

Szenario	Verkehr	CO ₂ Fahrten	CO ₂ Lifecycle	Lieferzeit	Fahrtkosten
Ausgangslage	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz	Referenz
Ausgangslage mit Lieferfenster	-1±0.8%	-1±1.2%	-1±1.1%	+500±10.3%	-1±1.0%
Ausgangslage mit Elektrifizierung	+1±0.8%	-100±0.0%	-55±0.5%	0±1.8%	-4±1.0%
1 Micro-Hub mit Cargo Bikes	-41±0.5%	-37±0.8%	-37±0.7%	+1±1.7%	-32±0.7%
1 Micro-Hub mit Skibussen	-30±0.6%	-37±0.8%	-33±0.8%	+170±4.6%	-26±0.8%
2 Micro-Hubs mit Lieferwagen	-34±0.6%	-37±0.8%	-35±0.8%	+470±10.2%	-30±0.8%
Paketbox für Drittanbieter	-41±0.5%	-37±0.8%	-38±0.7%	-34±1.2%	-35±0.7%

8.3 A3 Datenstrukturen Umfrage und Beobachtungen

Die Umfrage lieferte Daten in folgendem Format:

Tabelle A7: Datenstruktur Umfrage (exemplarisch).

ID	Art	Datum	Geschäft	Logistikunternehmen	Uhrzeit	Fahrzeugtyp
5474	Lieferung	31.01.26	Geschäft A	Logistiker	11:00	Lieferwagen
5185	Lieferung	31.01.26	Geschäft B	Post	10:00	Lieferwagen

Die Beobachtungen wurden im folgenden Format erfasst:

Tabelle A8: Datenstruktur Beobachtungen (exemplarisch).

ID	Sektor	Datum	Einfahrt	Ausfahrt	Haltepunkt	Aufenthaltsdauer
2394	Bälliz 1	23.12.25	Bälliz Süd Ein	Bälliz Nord Aus	kein Halt	-
3596	obere Hauptgasse	23.12.25	Gerberngasse ein	obere Hauptgasse aus	obere Hauptgasse	5 min



8.4 A4 Generalisierte Fahrzeuge und Bewertungskennwerte (Mobitool-Auszug)

Die folgende Tabelle dokumentiert die generalisierten Fahrzeugklassen und deren Bewertungskennwerte (CO₂-Emissionen Tank-to-Wheel und Life-Cycle-Assessment, Kosten pro Kilometer), die in der ThunLogIQ-Simulation für die Berechnung der KPIs verwendet wurden. Die Werte stammen aus dem mobitool-Datensatz für die Schweiz. Bei batterieelektrischen Fahrzeugen wurden die LCA-Werte auf Basis des Schweizer Verbrauchermixes (128 g CO₂/kWh, physische Bilanz) ermittelt; der Tank-to-Wheel-Wert ist im Betrieb null.

Tabelle A9: Generalisierte Fahrzeugklassen und Bewertungskennwerte. TtW = Tank-to-Wheel, LCA = Life-Cycle-Assessment.

Replik Vehicle ID	Kategorie	Antrieb	CO ₂ TtW (g/km)	CO ₂ LCA (g/km)	Kosten (CHF/km)	Bemerkung
pw_benzin	Personenwagen Mittelklasse	Benzin	141	241	0.74	-
pw_elektrisch	Personenwagen Mittelklasse	Batterieelektrisch	0	111.5	0.74	Strommix CH Verbrauchermix physisch 128 g/kWh
lieferwagen_diesel	Lieferwagen 3.5 t (Rigid truck, urban)	Diesel	233.9	380.4	0.92	-
lieferwagen_elektrisch	Lieferwagen 3.5 t (Rigid truck, urban)	Batterieelektrisch	0	180.7	0.85	Strommix CH Verbrauchermix physisch 128 g/kWh
lastwagen_26t_diesel	Lastwagen 26 t (Rigid truck 3-Achs, urban) - Proxy für 28 t	Diesel	910.8	1333.4	3.10	-
lastwagen_26t_elektrisch	Lastwagen 26 t (Rigid truck 3-Achs, urban) - Proxy für 28 t	Batterieelektrisch	0	487.3	2.85	Strommix CH Verbrauchermix physisch 128 g/kWh
dreirad_elektrisch	Cargo Bike	Batterieelektrisch	0	12.8	0.20	Strommix CH Verbrauchermix physisch 128 g/kWh
cargo_velo	Cargo Bike	Muskelkraft	0	5.6	0.05	Direkter Betrieb 0, LCA aus Fahrradherstellung