

Schnell-Ladehubs für E-LKWs in der Schweiz

08.11.2023



Projektteam

Silvan Rosser
Michele Chamberlin
Peter de Haan

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

8. November 2023

Auftraggeber:

BKW Smart Mobility



Mitinitianten:

Importeure
DAF Trucks (Schweiz) AG
Daimler Buses Schweiz AG
Daimler Truck Schweiz AG
Iveco (Schweiz) AG
MAN Truck & Bus Schweiz AG
Renault Trucks (Schweiz) AG
Scania Schweiz AG
Volvo Group (Schweiz) AG

Logistiker
Dreier AG
Galliker Transport AG
Sieber Transport AG

Bundesämter
Bundesamt für Energie (BFE)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Verbände
ASTAG Schweizerischer Nutzfahrzeugverband
auto-schweiz VEREINIGUNG SCHWEIZER AUTOMOBIL-IMPORTEURE
Swiss eMobility

Milence
Commercial Vehicle Charging Europe B.V.
Ein Joint Venture zwischen Daimler Trucks, der TRATON GROUP und der
Volvo Group.

Zusammenfassung

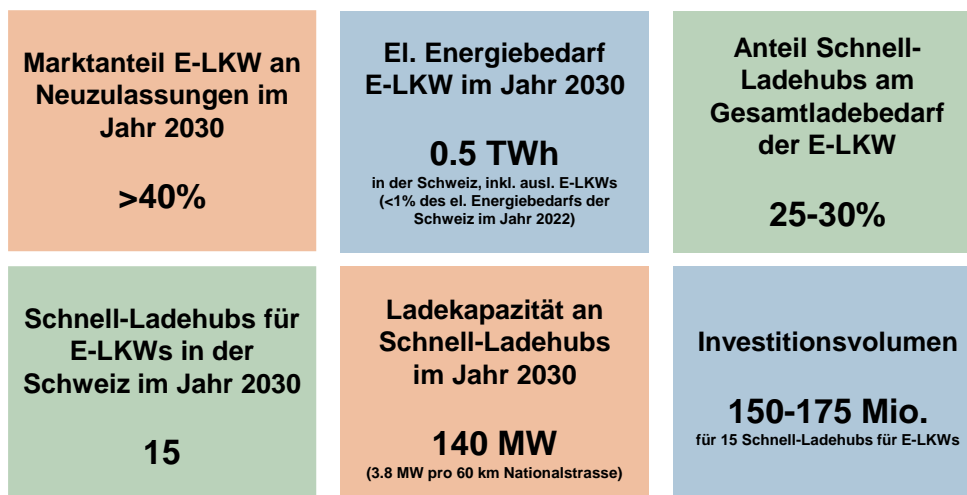
- Die Bedeutung des Strassengüterverkehrs nimmt in den kommenden Jahren und Jahrzehnten gemäss den schweizerischen Verkehrsperspektiven 2050 des Bundes weiter zu. Mit einer Zunahme des Transitverkehrs ist jedoch nicht zu rechnen («Alpenschutzartikel» der Schweizer Bundesverfassung).
- Im Jahr 2030 wird mehr als die Hälfte der neuzugelassenen schweren Nutzfahrzeuge emissionsfrei sein.
- Es besteht ein breiter Konsens, dass der grösste Teil der LKW in Zukunft batterie-elektrisch unterwegs sein wird.
- Schweizweit liegt der Ladebedarf der E-LKWs¹ im Jahr 2030 bei rund 490 GWh. Zehn Jahre später liegt er rund viermal höher bei rund 2'000 GWh. Bezogen auf den elektrischen Energiebedarf in der Schweiz im Jahr 2022² machen die E-LKWs im Jahr 2030 weniger als 1%, im Jahr 2040 3.5% aus. Eine 100%-Elektrifizierung der schweren Nutzfahrzeuge sowie der leichten Nutzfahrzeuge zwischen 3.4 und 3.5 Tonnen würde den elektrischen Energiebedarf der Schweiz um 7% erhöhen.
- E-LKW laden primär im Depot während der Nacht (oder ausserhalb der Einsatzzeiten). Für die allermeisten Tageseinsätze reichen Depot-Ladungen über Nacht aus.
- Auf den Werkhöfen/in den Depots der Transportunternehmungen wird bereits heute erste Ladeinfrastruktur für die E-LKWs aufgebaut. Die Logistikbranche in der Schweiz ist sehr divers bezüglich Einsatzbereiche, Grösse etc. Eine rasche Skalierung ist aber mengen- und leistungsmässig nicht in allen Fällen möglich und finanzierbar.
- Als Ergänzung und für Tageseinsätze, die über die Tagesreichweite gehen, braucht es zusätzliche Ladeinfrastruktur an Logistik Hubs und an Schnell-Ladehubs. Für eine vollständige Defossilisierung braucht es einen Mix an Ladeoptionen. Die Logistiker brauchen ein klares Signal, dass die Schnell-Ladeinfrastruktur zeitgerecht und koordiniert bereitstehen wird, um auf E-LKW umsteigen zu können.
- Im Jahr 2030 liegt der modellierte Ladebedarf an Schnell-Ladehubs in der Schweiz bei über 130 GWh, davon entfallen knapp 60% auf der Nachfrage auf inländischen E-LKWs sowie je ca. 20% auf ausländische Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz sowie auf E-LKWs im Transitverkehr.
- Der modellierte Bedarf ergibt für die Schweiz eine erforderliche Ladeinfrastrukturkapazität an Schnell-Ladehubs von total 140 MW oder von 3.8 MW pro 60 km Nationalstrasse bis 2030.

1 E-LKW = schwere Nutzfahrzeuge, also Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper ab 3.5 Tonnen sowie leichte Nutzfahrzeuge in der Kategorie 3.4 bis 3.5 Tonnen Gesamtgewicht

2 Bundesamt für Energie (2023a)

- Der Ladebedarf an Schnell-Ladehubs wird zum Grossteil von den Fahrzeugen in der Gewichtskategorie über 32 Tonnen generiert. Sie machen rund 70% des Gesamtladebedarfs an Schnell-Ladehubs aus.
- In der Schweiz werden bis im Jahr 2030 125 Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 1'000 kW sowie zusätzliche 55 Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 350/400 kW benötigt, um den Ladebedarf an Schnell-Ladehubs zu decken. Damit werden auch die EU-Vorgaben für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur sowie Wasserstofftankstellen entlang des Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-T) gemäss AFIR klar erfüllt.
- Die Schnell-Ladehubs werden modular aufgebaut: Die Anzahl Ladepunkte wird mit steigender Nachfrage schrittweise erhöht.
- Zwei der neun Schwerverkehrszentren eignen sich grundsätzlich als Standorte für Schnell-Ladehubs. Zwei weitere Zentren könnten für sehr kleine Ladehubs geeignet sein. Ein Schwerverkehrszentrum in Planung wäre ebenfalls als Standort für einen Schnell-Ladehub geeignet.
- Die Gesamtinvestitionskosten für die erste Ausbautappe von 15 Schnell-Ladehubs für E-LKWs im Jahr 2030 in der Schweiz belaufen sich auf geschätzt 150 bis 175 Mio. Franken.
- Ohne Schnell-Ladehubs ist die Defossilisierung des schweren Strassen-güterverkehrs erst zu einem späteren Zeitpunkt und nur mit Mehrkosten möglich. Der Aufbau des Ladenetzes muss dabei rasch, koordiniert und flächendeckend erfolgen.

Die wichtigsten Kennzahlen



Inhaltsverzeichnis

1.	Herausforderungen bei der Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs	6
2.	Ausgangslage und Ziele der Studie	8
3.	Methodik	9
4.	Zukünftige Entwicklung des Strassengüterverkehrs und Vorgaben der EU	12
5.	Szenarien zum Markthochlauf emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge in der Schweiz	15
6.	Wie laden E-LKWs – wie hoch ist der Bedarf für Schnell-Ladehubs in der Schweiz?	18
7.	Wo braucht die Schweiz Schnell-Ladehubs für E-LKWs und wie können sie umgesetzt werden?	25
8.	Schlussfolgerungen	30

Anhang

A1	Annahmen zur Modellierung	32
A2	Technische Spezifikationen	35
A3	Ladeverhalten der E-LKWs an Schnell-Ladehubs	36
A4	Ladeaufkommen an Schnell-Ladehubs	39
A5	Literaturverzeichnis	40

1. Herausforderungen bei der Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs

Die vollständige Defossilisierung des Strassenverkehrs ist einer der Eckpfeiler, um das Ziel von Netto-Null Treibhausgasemissionen bis 2050 zu erreichen. Der Strassengüterverkehr nimmt in den kommenden Jahrzehnten aufgrund des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums allerdings weiter zu. Um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, ist ein kompletter Umstieg auf lokal emissionsfreie Fahrzeuge (batterie-elektrisch, Wasserstoff-Brennstoffzellen, erneuerbare/synthetische Treibstoffe) erforderlich. Das Kredo heisst «Technologieneutralität». Fahrzeughersteller und Logistiker können selbst entscheiden, mit welchen Antriebstechnologien sie die Emissionsreduktion erreichen wollen. Gemäss aktuellen Umfragen besteht ein breiter Konsens, dass der grösste Teil der schweren Nutzfahrzeuge in Zukunft batterie-elektrisch (E-LKW³) unterwegs sein wird (gemäss Kapitel 5).

Die Zahl der emissionsfreien Lastwagen nimmt in der Schweiz stetig zu. Haupttreiber dafür sind die Einführung von CO₂-Emissionsvorschriften für schwere Nutzfahrzeuge, die technologische Entwicklung und die Forderung nach emissionsfreien Transport- und Lieferketten.

Für schwere Nutzfahrzeuge (Lastwagen) sind in der EU seit 2019 CO₂-Emissionsvorschriften in Kraft⁴. Konkret sollen die CO₂-Emissionen der schweren Fahrzeuge ab 2025 um 15 Prozent sowie ab 2030 um 30 Prozent gegenüber den durchschnittlichen Emissionen der Neuwagenflotte 2019/2020 reduziert werden. Die EU-Kommission hat ihren Mitgliedstaaten im Februar 2022 eine Stärkung der Massnahme vorgeschlagen: Ab 2030 sollen gemäss Vorschlag der EU-Kommission die Emissionen der neuen Lastwagen gegenüber 2019 um 45 Prozent sinken, ab 2035 um 65 Prozent und ab 2040 um 90 Prozent. Die erwähnten Werte sind noch im parlamentarischen Prozess^{5 6}.

In der Schweiz sollen entsprechende Vorschriften im Rahmen der Revision des CO₂-Gesetzes eingeführt werden. Unabhängig davon ist die Schweiz als Fahrzeugimporteur indirekt stark von den CO₂-Emissionsvorschriften der EU für schwere Nutzfahrzeuge betroffen.

Parallel zum Absatz von emissionsfreien Fahrzeugen bedarf es jedoch auch des Aufbaus einer bedarfsgerechten und flächendeckenden öffentlichen Lade- sowie Wasserstofftankstellen-Infrastruktur.

Auf den Werkhöfen/ in den Depots der Transportunternehmungen wird bereits heute erste Ladeinfrastruktur für die E-LKWs aufgebaut. Die Logistikbranche in der Schweiz ist sehr divers bezüglich Einsatzbereiche, Grösse etc. Die Ausgangslage zur Umstellung ihrer Flotte auf alternative Antriebe

3 E-LKW = schwere Nutzfahrzeuge, also Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper ab 3.5 Tonnen sowie leichte Nutzfahrzeuge von 3.4 bis 3.5 Tonnen Gesamtgewicht

4 EU (2019)

5 Bundesamt für Energie (2023b)

6 EU (2023c)

und die Errichtung einer Ladeinfrastruktur in ihren Depots ist entsprechend individuell. Eine rasche Skalierung ist aber mengen- und leistungsmässig nicht in allen Fällen möglich und finanzierbar.

Für eine rasche und vollständige Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs und zur Einhaltung der CO₂-Emissionsvorschriften braucht es einen Mix an Ladeoptionen in Depots, an Logistikhubs und an Schnell-Ladehubs entlang des Nationalstrassennetzes.

Die rasche Realisierung eines flächendeckenden Schnell-Ladenetzes für schwere Nutzfahrzeuge in der Schweiz bedarf einer Koordination und eines gemeinsamen Anpackens der relevanten Akteure. Zu hoch sind die Anforderungen bezüglich Flächenbedarf, Leistungsbedarf (Anschlusspunkte ans Stromnetz), Investitionssummen und zu gross die Auswirkungen einer nicht vollständigen oder sehr teuren Elektrifizierung des schweren Güterverkehrs, als dass ein verzögerter oder unkoordinierter Aufbau der Ladeinfrastruktur für Lastwagen akzeptiert würde.

2. Ausgangslage und Ziele der Studie

BKW Smart Mobility möchte gemeinsam mit den Importeuren (DAF Trucks (Schweiz) AG, Daimler Buses Schweiz AG, Daimler Truck Schweiz AG, Iveco (Schweiz) AG, MAN Truck & Bus Schweiz AG, Renault Trucks (Schweiz) AG, Scania Schweiz AG, Volvo Group (Schweiz) AG), den Logistikern (Dreier AG, Galliker Transport AG, Sieber Transport AG), den Bundesämtern (Bundesamt für Energie BFE, Bundesamt für Strassen ASTRA), den Verbänden (ASTAG Schweizerischer Nutzfahrzeugverband, auto-schweiz VEREINIGUNG SCHWEIZER AUTOMOBIL-IMPORTEURE, Swiss eMobility) und Milence die Elektrifizierung des schweren Strassengüterverkehrs vorantreiben.

Die vorliegende Studie bildet dafür die gemeinsame, konsolidierte Planungsgrundlage für die Realisierung des Schellladenetzes für E-LKW entlang der Nationalstrassen in der Schweiz.

Primär werden in der Studie die folgenden Fragen beantwortet:

- Wie viele E-LKWs gibt es in der Schweiz in welchem Jahr?
- Wie hoch ist der elektrische Energiebedarf – wo und wie laden E-LKWs?
- Wie viele Schnell-Ladehubs braucht es in der Schweiz bis wann?
- Wie sollen die Schnell-Ladehubs geographisch verteilt sein?
- Wieviel Leistung ist pro Schnell-Ladehub erforderlich und wieviel kostet die Realisierung?

3. Methodik

Breit abgestützter Dialogprozess

Die oben genannten Importeure, Logistiker, Bundesämter, Verbände und Milence wurden bei der Erarbeitung der Studie im Rahmen eines Dialogprozesses (in Form von Workshops) und in Form von Umfragen und Interviews eng eingebunden. Die Zwischenergebnisse wurden zudem kritisch begutachtet und laufend überarbeitet. Die wichtigsten Elemente dabei waren:

- Drei Workshops mit der gesamten Begleitgruppe zur Besprechung wichtiger Annahmen und Ergebnisse.
- Zwei Umfragen bei Importeuren zu erwarteten Anteilen alternativen Antrieben bei Neuzulassungen (durch auto-schweiz) und technischen Merkmalen der Fahrzeuge sowie zu den Auswirkungen eines fehlenden Schnell-Ladenetzes in der Schweiz.
- Umfrage bei Logistikern zur Elektrifizierung ihrer Fahrzeugflotte, Tageseinsätzen, zukünftigem Ladeverhalten, sowie zu den Auswirkungen eines fehlenden Schnell-Ladenetzes in der Schweiz.
- Interviews mit Verbänden und Bundesämtern
- Arbeitssitzungen mit BKW Smart Mobility und Milence für konsolidierte Annahmen zu technischen Merkmalen der Schnell-Ladehubs.

Als wichtiges Instrument dienten zudem die umfangreichen Modelle von EBP. Die getroffenen Annahmen, hinterlegten Szenarien und Ergebnisse der Studie sind entsprechend breit abgestützt. Über 25 Personen aus 18 verschiedenen Organisationen waren bei der Erarbeitung involviert.

Systemgrenze und Datenquellen

Die Studie umfasst schwere Nutzfahrzeuge (SNF), also Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper ab 3.5 Tonnen sowie leichte Nutzfahrzeuge (LNF) von 3.4 bis 3.5 Tonnen Gesamtgewicht (gemäss Tabelle 7 im Anhang A1).

Die Studie stützt sich auf die insgesamt zurückgelegten Fahrzeugkilometer der schweren Nutzfahrzeuge (gemäss definierter Abgrenzung oben) auf Schweizer Boden, also die territoriale Gesamtfahrleistung. In- und ausgehende Verkehrsströme von ausländischen Lastwagen, sowie der Transitverkehr werden in der Studie berücksichtigt. Dazu stützt sich die Studie auf die Gütertransportstatistik (GTS) sowie auf detaillierte Zahlen der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA).

Gemäss GTS macht der Transitverkehr lediglich 6% der Gesamtfahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge in der Schweiz aus. 94% der durch in- und ausländischen Lastwagen in der Schweiz zurückgelegten Fahrleistung haben Start- und/ oder Endpunkt in der Schweiz.

Fahrleistung der Lastwagen in der Schweiz [Fahrzeugkilometer]

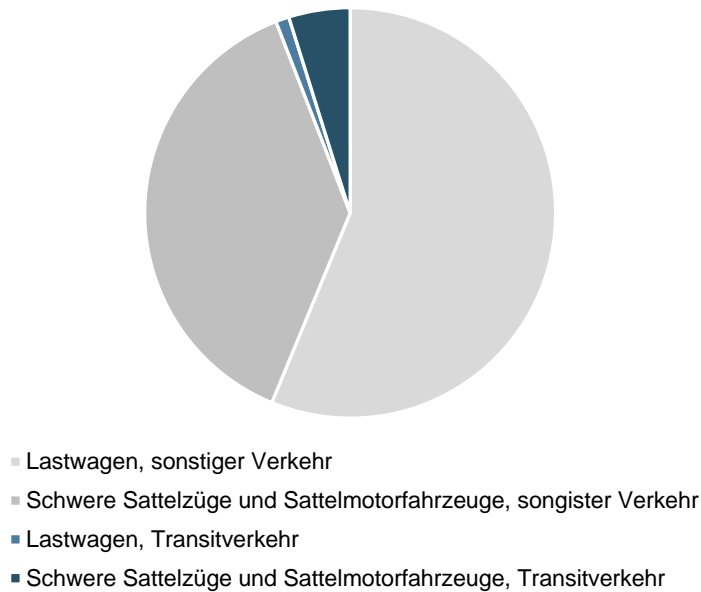


Abbildung 1 Bedeutung des Transitverkehrs bei Lastwagen und schweren Sattelzügen und Sattelmotorfahrzeugen. [GTS-E24](#), Stand November 2022.

Die Auswertung der LSVA der letzten 10 Jahre (2013–2022) zeigt, dass die Gesamtfahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge in der Schweiz klar durch die sehr schweren Fahrzeuge über 32 Tonnen Gesamtzugsgewicht dominiert wird. Sie machen 52% der Gesamtfahrleistung aus. In dieser Kategorie ist auch der Anteil der ausländischen Fahrzeuge an der Fahrleistung mit 36% am höchsten. In allen anderen Gewichtskategorien machen die ausländischen Fahrzeuge lediglich 3–13% der Fahrleistung aus.

Schwere Nutzfahrzeuge je Kategorie (Gesamtzugsgewicht)	Anteil an Gesamtfahrleistung	davon durch ausländische Fahrzeuge
3.501–12 Tonnen	8%	13% von 8%
12.001–18 Tonnen	16%	5% von 16%
18.001–26 Tonnen	12%	6% von 12%
26.001–32 Tonnen	17%	3% von 17%
>32 Tonnen	52%	36% von 52%

Tabelle 1: Anteil der Kategorien an der Gesamtfahrleistung, sowie Anteil davon durch ausländische Fahrzeuge in der Schweiz. Auswertung LSVA der letzten 10 Jahre (2013-2022).

Modelle und Annahmen

Die Bedeutung des Strassengüterverkehrs nimmt in den kommenden Jahren und Jahrzehnten gemäss den schweizerischen Verkehrsperspektiven 2050 des Bundes weiter zu. Mit einer Zunahme des Transitverkehrs ist nicht zu rechnen («Alpenschutzartikel» der Schweizer Bundesverfassung).

Die vorliegende Studie stützt sich für die zukünftige Entwicklung des Strassengüterverkehrs auf das Basisszenario der Verkehrsperspektiven 2050⁷.

Die zukünftigen Fahrzeugbestände der in dieser Studie betrachteten Nutzfahrzeuge werden ausgehend von den tatsächlichen Beständen⁸ und den erwarteten Neuzulassungen auf Ebene Schweiz bis 2050 detailliert modelliert, segmentiert in sechs Fahrzeuggewichtsklassen und sechs Antriebstechnologien. Für die Simulation der jährlichen Neuzulassungen und der Entwicklung des Fahrzeugbestandes bis 2050 wurde das Modell von EBP angewandt. Es basiert auf aktuellen Zahlen zu den Neuzulassungen und zu den Lebensdauern von Nutzfahrzeugen.

Der elektrische Energiebedarf wird anhand der jahresspezifischen Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes und spezifischen Energieverbräuchen in Abhängigkeit der Erstinverkehrssetzung modelliert.

Das zukünftige Ladeverhalten der Nutzfahrzeuge ist abhängig von der Batteriekapazität, den Tageseinsätzen sowie der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur insbesondere in Depots, an Logistikhubs. Da sich die genannten Faktoren insbesondere zwischen den sechs differenzierten Gewichtskategorien unterscheiden, wurde für jede Gewichtskategorie ein spezifisches Ladeverhalten beschrieben. Die Informationen zu den geleisteten Tageseinsätzen je Gewichtskategorie stammen aus historischen LSVA-Zahlen⁹. Die Annahmen zum zukünftigen Ladeverhalten basieren auf einer im Rahmen der Studie durchgeführten Umfrage bei Logistikunternehmen und wurden im Rahmen verschiedener Workshops mit der Begleitgruppe diskutiert und gemeinsam verabschiedet.

Um den Ladebedarf je Ladebedürfnis räumlich differenziert zu modellieren, werden die Verkehrsbelastungen des Güterverkehrsmodell sowie die Standorte der Logistikunternehmen berücksichtigt. Die Modellierung erfolgt auf Ebene der rund 8'000 Verkehrszonen der Schweiz und wird auf Arbeitsmarkt-grossregionen aggregiert. Die Studie fokussiert auf das Laden an Schnell-Ladehubs entlang der Nationalstrassen der Schweiz. Wie viele Ladepunkte benötigt werden, um den Ladebedarf zu decken, hängt vom Bedarf und der angenommenen Auslastung der Ladepunkte (energy based Utilisation Rate) in Zukunft ab. Die «energy based Utilisation Rate» gibt an, wieviel Ladeenergie pro Tag, respektive pro Jahr über einen Ladepunkt abgegeben wird (im Verhältnis zur maximal möglichen Energieabgabe an diesem Ladepunkt). Die Auslastung der Ladepunkte ist je Ladeoption unterschiedlich. Es werden die Ladeoptionen HPC (350/400 kW) und MWC (1'000 kW) differenziert. Die Annahmen zur zukünftigen Auslastung der Ladepunkte je Ladeoption wurde mit der Begleitgruppe abgestimmt.

7 ARE (2022a)

8 ASTRA (2023a)

9 Eckmann (2021)

4. Zukünftige Entwicklung des Strassengüterverkehrs und Vorgaben der EU

In den nächsten 30 Jahren wird die Transportleistung zunehmen, hauptsächlich weil Bevölkerung und Wirtschaft wachsen und daher mehr Waren und Güter verbraucht werden¹⁰. Die in der Schweiz zurückgelegten Fahrzeugkilometer der schweren Nutzfahrzeuge (territoriale Gesamtfahrleistung) nimmt gemäss Verkehrsperspektive 2050 im Szenario «Basis» bis 2030 um 14% und bis 2040 um 27% gegenüber 2022 zu.

Die zunehmende Verkehrsleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird gemäss Umfragen bei Logistikern nicht primär mit längeren Tageseinsätzen, also einer höheren Fahrleistung pro Fahrzeug erreicht, sondern mit zusätzlichen Fahrzeugen. Der Bestand der schweren Nutzfahrzeuge in der Schweiz wächst entsprechend bis 2030 um 5%, bis 2040 um rund 7%.

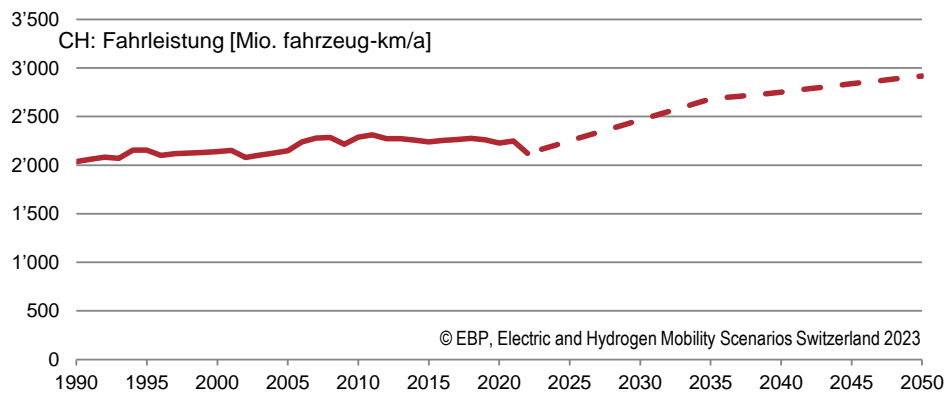


Abbildung 2 Entwicklung der in der Schweiz zurückgelegten Fahrzeugkilometer (territoriale Gesamtfahrleistung) der schweren Nutzfahrzeuge (ohne LNF 3.4–3.5 Tonnen) zwischen 1990 bis 2022 und zukünftiges Szenario «Basis» bis 2050 gemäss Verkehrsperspektive 2050¹¹.

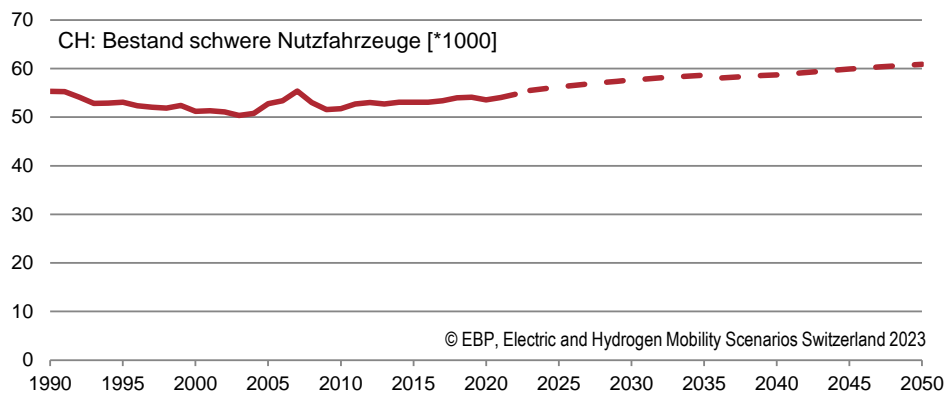


Abbildung 3 Entwicklung der in der Schweiz immatrikulierten schweren Nutzfahrzeuge (ohne LNF 3.4–3.5 Tonnen) zwischen 1990 bis 2022 und zukünftige Modellierung des Bestandes bis 2050.

10 ARE (2022b)

11 ARE (2022a)

Tageseinsätze der schweren Nutzfahrzeuge in der Schweiz

Die Logistikbranche in der Schweiz ist sehr divers bezüglich Einsatzbereiche und daher auch bezüglich typischer Tageseinsätze. Eine detaillierte Auswertung der Tageseinsätze von Lastwagen in der Schweiz anhand historischer Daten der LSVA¹² zeigt auf, dass Lastwagen bis 12 Tonnen in der Regel Tageseinsätze von weniger als 100 km absolvieren, allerdings ist die Verteilung durch eine positive Schiefe geprägt. Sprich der Mittelwert ist höher als der Median, da es doch immer wieder Tageseinsätze mit hohen Fahrleistungen von über 150 km gibt. Die Verteilung sieht bei den Gewichtskategorien bis 26 Tonnen ähnlich aus, allerdings mit durchschnittlich höheren Tageseinsätzen (häufiger über 100 km) als bei den Lastwagen bis 12 Tonnen.

Lastwagen über 26 Tonnen und insbesondere Lastwagen über 32 Tonnen zeigen eine ganz andere Verteilung der Tagesdistanzen. Es gibt eine breite Verteilung der Tageseinsätze, wobei die Tagesdistanzen in der Regel deutlich über jenen der tieferen Gewichtsklassen liegen. Bei den über 32 Tonnen kommen Tagesdistanzen bis 300 km häufig vor. Tagesdistanzen über 400 km sind in allen Gewichtskategorien sehr selten.

Die Auswertung der jährlichen LSVA-Zahlen je Gewichtskategorie im Rahmen dieser Studie kommt auf die folgenden durchschnittlichen Tageseinsätze (Annahme 255 Tageseinsätze pro Jahr), welche konsistent sind mit der oben ausgeführten Auswertung¹³:

- Schwere Nutzfahrzeuge 3.501–12 Tonnen: 75 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 12.001–18 Tonnen: 110 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 18.001–26 Tonnen: 110 km
- Schwere Nutzfahrzeuge über 26 Tonnen: 205 km

Vorgaben der EU für das übergeordnete TEN-T-Strassennetz

Mit der AFIR-Richtlinie (Alternative Fuels Infrastructure Regulation; EU 2023a) hat die EU Mindestvorgaben für die Bereitstellung von Infrastruktur für alternative Energieträger eingeführt. Die Richtlinie ist für die EU-Mitgliedstaaten bindend. Nach EU (2023b) wird die AFIR-Richtlinie im Herbst 2023 publiziert und 30 Tage später Rechtskraft erlangen. Mit der AFIR-Richtlinie legt die EU eine wichtige Grundlage für die Defossilisierung des Transportsektors, u.a. des schweren Strassengüterverkehrs in Europa.

Als Nicht-EU-Mitglied kann sich die Schweiz aufgrund ihrer zentralen Lage in Europa und ihrer Einbindung in die europäischen Logistiknetze der AFIR-Richtlinie nicht entziehen. An dieser Stelle gehen wir nur auf jene Vorgaben ein, welche den schweren Strassengüterverkehr betreffen (Artikel 4 von EU 2023a).

12 Eckmann (2021)

13 Eckmann (2021)

Die Mindestvorgaben differenzieren zwischen dem Kernnetz der TEN-T («core» Transeuropean Transport Network) und dem erweiterten Netz («comprehensive» TEN-T). Erste Ziele müssen bereits Ende 2025 erreicht werden, Mindestvorgaben für weitere Ausbaustufen gibt es per Ende 2027 und per Ende 2030. Unter anderem müssen bereits Ende 2027 entlang von 50% des TEN-T-Kernnetzes alle 60 km total 2.8 MW Ladeleistung für E-LKW vorhanden sein, davon 2 x 350 kW; im erweiterten TEN-T-Netz 1.4 MW, davon 1 x 130 kW (EU 2023a, Art. 4.1.a). Ende 2030 gilt bereits die Mindestanforderung, dass entlang 100% des TEN-T für E-LKW mindestens alle 60 km eine Schnell-Ladehub vorhanden ist mit einer totalen Ladeleistung von 3.6 MW, davon mind. 2 x 350 kW.

5. Szenarien zum Markthochlauf emissionsfreier schwerer Nutzfahrzeuge in der Schweiz

In den ersten drei Quartalen 2023 wurden 144 schwere Nutzfahrzeug über 16 Tonnen mit batterieelektrischem Antrieb neu zugelassen, was einer Zunahme gegenüber dem Vorjahr um 92% entspricht. Mit deutlichem Abstand folgen der Erdgasantrieb (25 Fahrzeuge) und der Wasserstoffantrieb (3 Fahrzeuge).

Im Rahmen der Studie wurde bei den Fahrzeugherstellern eine Umfrage zu den zukünftigen Marktanteilen alternativer Antriebe bei den Neuzulassungen schwerer Nutzfahrzeuge in der Schweiz durchgeführt. Die Umfrage deckt mehr als 95% des Marktvolumens der Schweiz ab und ist entsprechend belastbar. Die wichtigsten Erkenntnisse waren:

- Alle Fahrzeughersteller erwarten bis 2025 ein starkes Wachstum bei den Neuzulassungen batterie-elektrischer Lastwagen (16% Marktanteil der batterie-elektrischen Fahrzeuge 2025)
- Alle Fahrzeughersteller erwarten bis 2030 ein starkes Wachstum bei den Neuzulassungen batterie-elektrischer Lastwagen (43% Marktanteil der batterie-elektrischen Fahrzeuge 2030)
- Fast alle Fahrzeughersteller erwarten im Jahr 2030 auch relevante Marktanteile von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen (10% Marktanteil der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge 2030)
- Bei drei von acht Fahrzeughersteller liegt der Marktanteil der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen im Jahr 2030 über 10%.
- Ein von acht Fahrzeughersteller erwartet im Jahr 2030 höhere Marktanteile bei Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen als bei batterie-elektrischen Fahrzeugen.

Auf Basis der Rückmeldungen wurde ein konsistentes Szenario zur Entwicklung der Marktanteile alternativer Antriebe erarbeitet (Abbildung 4). Es wird erwartet, dass der batterie-elektrische Antrieb bei den schweren Nutzfahrzeugen im Jahr 2025 16% Marktanteil erreicht. Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge werden hingegen bis 2025 nur in sehr kleinen Stückzahlen abgesetzt.

Im Jahr 2030 wird bei den batterie-elektrischen Fahrzeugen (BEV) bereits ein Marktanteil von 43% erwartet und auch die Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV) könnten dann Marktanteile von 10% der Neuzulassungen erreichen. Gemeinsam erreichen die Zero-Emission-Vehicles (ZEV), also BEV und FCEV, im Jahr 2030 so Marktanteile von 53%.

Der Marktanteil der ZEV steigt bis im Jahr 2040 auf 90%. Im dargestellten Szenario steigt der Anteil der BEV bis im Jahr 2040 auf über 70%, während FCEV langfristig einen Marktanteil zwischen 15% und 20% erreichen.

© EBP, Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2023

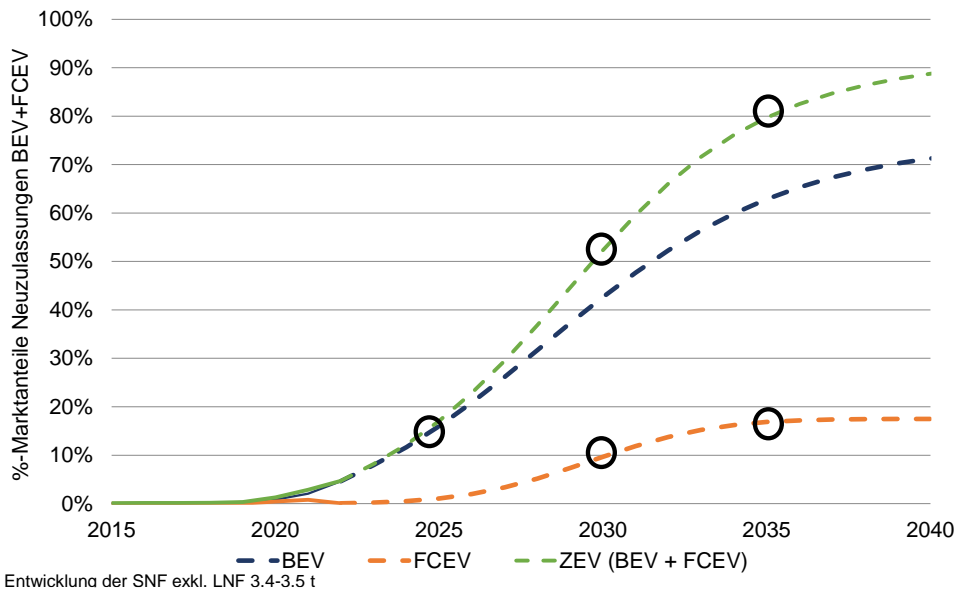


Abbildung 4 Marktanteile alternativer Antriebstechnologien an den Neuzulassungen der schweren Nutzfahrzeuge exkl. LNF 3.4–3.5 Tonnen. BEV = batterie-elektrisch; FCEV = Wasserstoff-Brennstoffzellen; ZEV = Zero-Emission-Vehicles (BEV und FCEV).

9'000 E-LKWs bis 2030 in der Schweiz

Die Umwälzung der alternativen Antriebstechnologien in den Fahrzeugbestand ist rund 5 Jahre zeitversetzt (Abbildung 5). Im Jahr 2030 werden 9'000 batterie-elektrische schwere Nutzfahrzeuge (E-LKWs, ohne LNF 3.4 bis 3.5 Tonnen) erwartet. Sie machen dann 15% des Fahrzeugbestandes aus. Die jährlichen Wachstumsraten sind steil. Bereits vor 2035 dürfte sich der Bestand der E-LKWs gegenüber 2030 verdoppeln. Bis im Jahr 2040 werden rund 29'000 in der Schweiz immatrikulierte E-LKWs erwartet. Sie machen dann 50% des Fahrzeugbestandes aus.

© EBP, Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2023

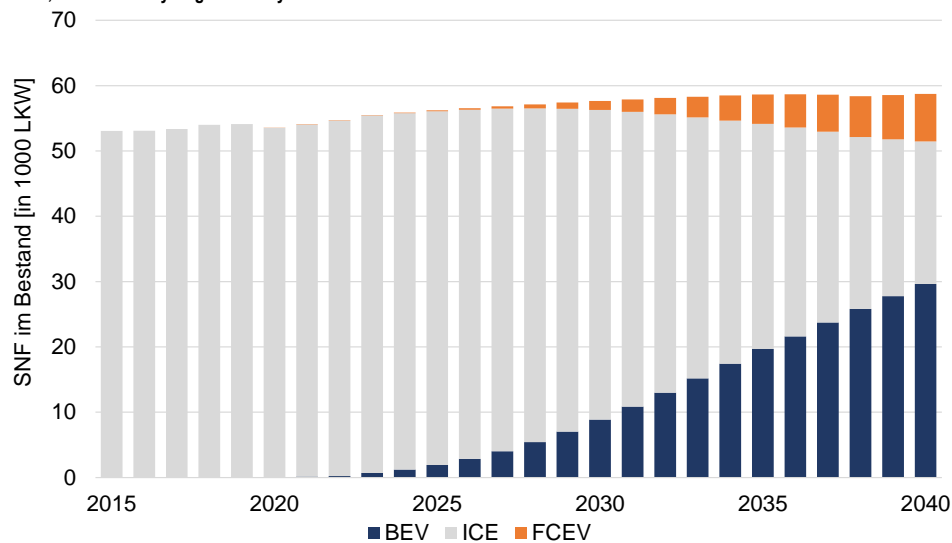


Abbildung 5 Entwicklung der in der Schweiz immatrikulierten schweren Nutzfahrzeuge (ohne LNF 3.4–3.5 Tonnen) nach Antriebstechnologie zwischen 2015 bis 2022 und zukünftige Modellierung des Bestandes bis 2040. BEV = batterie-elektrisch; FCEV = Wasserstoff-Brennstoffzellen; ICE = Verbrennungsmotor (Internal-combustion engine), primär Diesel.

Mehr Reichweite und Fähigkeit fürs Megawatt Charging

Die betrachteten Nutzfahrzeuge dieser Studie werden anhand von sechs verschiedenen Fahrzeugtypen und je vier Antriebstechnologien modelliert. Sie unterscheiden sich bezüglich Gesamtgewichts, Gesamtzuggewichts, Fahrleistung, spezifischen Energiebedarf. Die batterie-elektrischen Fahrzeuge unterscheiden sich weiter bezüglich der maximalen Aufnahmeleistung, Batteriekapazität und des spezifischen, elektrischen Energiebedarfs. Die detaillierten Annahmen und Spezifika der Fahrzeuge sind im Anhang A2 aufgeführt und basieren auf Angaben und Rückmeldungen der Fahrzeughersteller.

2'000 GWh Ladebedarf der E-LKW im Jahr 2040

Die Elektrifizierung der schweren Nutzfahrzeuge sowie der leichten Nutzfahrzeuge zwischen 3.4 und 3.5 Tonnen (E-LKWs) erfolgt rasch (Abbildung 6). Schweizweit liegt der Ladebedarf der E-LKWs im Jahr 2030 bei rund 490 GWh. Zehn Jahre später liegt er rund viermal höher bei rund 2'000 GWh. Gemäss Szenario machen die inländischen Fahrzeuge mit knapp 80%-Anteil den Grossteil des Ladebedarfs aus. Die ausländischen Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz machen rund 15% des Ladebedarfs aus. Der Transitverkehr ist lediglich für rund 6% des Ladebedarfs der E-LKW verantwortlich.

Bezogen auf den elektrischen Energiebedarf in der Schweiz im Jahr 2022¹⁴ machen die E-LKWs im Jahr 2030 weniger als 1%, im Jahr 2040 3.5% aus. Eine 100%-Elektrifizierung der schweren Nutzfahrzeuge sowie der leichten Nutzfahrzeuge zwischen 3.4 und 3.5 Tonnen würde den elektrischen Energiebedarf der Schweiz um 7% erhöhen.

© EBP, Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2023

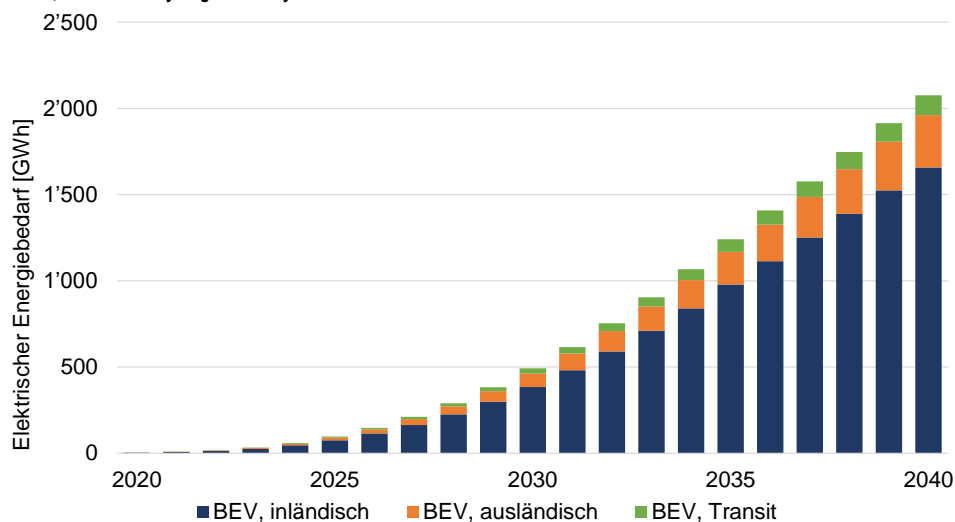


Abbildung 6 Entwicklung des elektrischen Energiebedarfs (Ladebedarfs) der schweren Nutzfahrzeuge inkl. LNF 3.4 bis 3.5 Tonnen von 2020 bis 2040, aufgeteilt nach inländischen und ausländischen Fahrzeugen sowie den Transitverkehr. BEV = batterie-elektrische Fahrzeuge.

14 Bundesamt für Energie (2023a)

6. Wie laden E-LKWs – wie hoch ist der Bedarf für Schnell-Ladehubs in der Schweiz?

Es können drei Ladebedürfnisse¹⁵ der E-LKWs differenziert werden, an denen der Ladebedarf gedeckt wird (Abbildung 7). Beim Ladebedürfnis «Schnell-Ladehub Charging» werden zwei Ladeoptionen unterschieden: High Power Charging (HPC) mit bis zu 400 kW Ladeleistung und Megawatt Charging (MWC) mit bis zu 1'000 kW Ladeleistung.

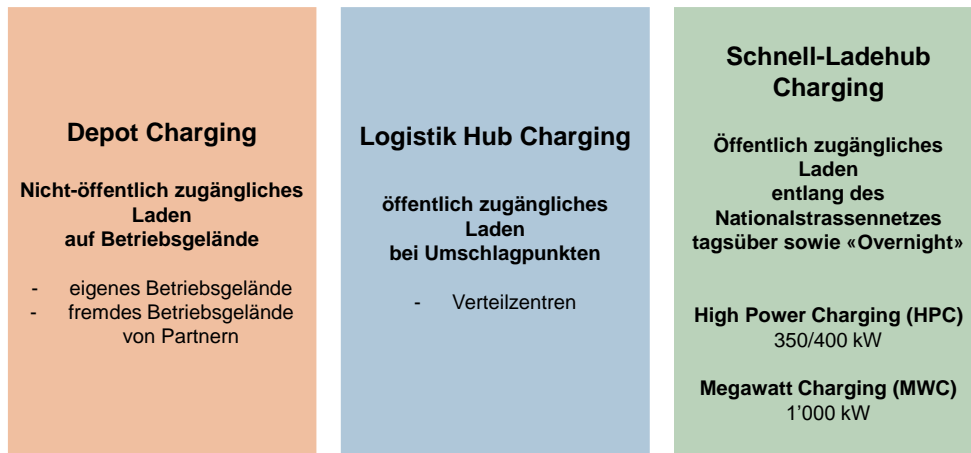


Abbildung 7 Die drei Ladebedürfnisse der E-LKWs.

Das zukünftige Ladeverhalten der E-LKWs wurde differenziert nach Gewichtskategorie im Dialogprozess mit der Begleitgruppe (siehe Kapitel 3) erarbeitet. Aus heutiger Sicht sind vor allem drei Faktoren entscheidend, um den Bedarf für Schnell-Ladehubs in der Schweiz abzuschätzen:

1. Anteile der Tageseinsätze mit unzureichender Reichweite

Der Grossteil der Tageseinsätze der schweren Nutzfahrzeuge ist ohne Nachladung tagsüber zu leisten. Insbesondere in den Gewichtskategorien über 32 Tonnen gibt es aber vermehrt Tageseinsätze, welche über der Batteriereichweite liegt und daher Nachladungen an Logistik Hubs oder an Schnell-Ladehubs notwendig sind (Abbildung 8). Mit der zunehmenden Reichweite bis im Jahr 2040 wird der Anteil der Tageseinsätze mit unzureichender Reichweite immer kleiner.

2. Anteil der E-LKW, die nicht oder nur unzureichend im Depot nachladen können

Gemäss einer durchgeführten Umfrage bei Logistikern (siehe Kapitel 3) ist die Elektrifizierung ihrer Flotte ohne Schnell-Ladehubs nur mit relevanten Mehrkosten möglich (40% der Rückmeldungen). Eine noch raschere Skalierung der Ladeinfrastruktur in den Depots ist mengen- und leistungsmässig nicht in allen Fällen möglich und finanzierbar. In diesen Fällen sind die Logistiker auf öffentlich zugängliche Schnell-Ladehubs angewiesen.

15 Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur (2023)

3. Rolle der gesetzlichen 45 min.-Pausen für das Ladeverhalten

Die gesetzlichen 45 min.-Pausen eignen sich für Nachladungen. Für das Laden der E-LKWs soll keine zusätzliche Stehzeit eingeplant/aufgewendet werden. Angesichts der hohen Ladeleistungen können, während der gesetzlichen Pausen, hohe Energiemengen in dieser Zeit nachgeladen werden, dies gilt es bei der Planung der Tageseinsätze und des Ladens zu berücksichtigen.

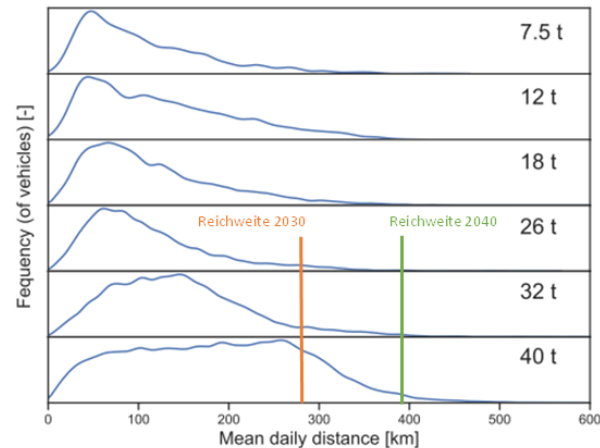


Figure 2.13: Distribution of averaged daily distance traveled by weight segment.

Abbildung 8 Auswertung der Tageseinsätze von Lastwagen in der Schweiz anhand historischer Daten der LSVA¹⁶ und erwartete Reichweiten der Fahrzeuge über 26 Tonnen im Jahr 2030 und 2040.

Acht Prämissen zum zukünftigen Ladeverhalten der E-LKWS

Auf Basis der drei oben aufgeführten Faktoren wurden gemeinsam mit der Begleitgruppe die acht Prämissen für das zukünftige Ladeverhalten der E-LKWs abgeleitet:

1. E-LKW laden primär im Depot während der Nacht (oder ausserhalb der Einsatzzeiten)
2. Für die allermeisten Tageseinsätze reichen Depot-Ladungen über Nacht aus
3. Nicht alle E-LKW können im Depot laden oder es ist nur eine unzureichende Nachladung möglich. Eine 100%-Elektrifizierung der Standplätze in Depots ist mit langen Vorlaufzeit (Netzkapazitäten) und hohen Kosten verbunden.
4. Als Ergänzung und für Tageseinsätze, die über die Tagesreichweite gehen, braucht es zusätzliche Ladeinfrastruktur an Logistik Hubs und an Schnell-Ladehubs. Für eine vollständige Defossilisierung braucht es einen Mix an Ladeoptionen.

16 Eckmann (2021)

5. Aufgrund der längeren Tageseinsätze und der hohen Aufnahmeleistung werden insbesondere E-LKW in den Gewichtskategorien über 26 Tonnen an Schnell-Ladehubs laden, dabei laden sie rund 25% des Gesamtladebedarfs an Schnell-Ladehubs.
6. Die Mehrheit der Ladevorgänge an Schnell-Ladehubs wird während der gesetzlichen 45 min.-Pausen erfolgen. Die reine Ladezeit dürfte dabei rund 35 Min. betragen.
7. Das Laden an Schnell-Ladehubs dient der umfangreichen Nachladung der Batterien (50 bis 60% der Batteriekapazität während 35 min.) und gilt nicht als blosser Notfalllösung bei unzureichender Reichweite. Das Laden an Schnell-Ladehubs ist Teil der Ladestrategie der E-LKWs und wird entsprechend von den Logistikern geplant.
8. Sogenanntes «Top-up Charging», also kurzes Nachladen während max. 15 min., ist die Ausnahme.

Aus den acht Prämissen wurden entsprechende Annahmen zum zukünftigen Ladeverhalten gemeinsam mit der Begleitgruppe festgelegt. Dabei wurde für inländische Fahrzeuge (Tabelle 2), ausländische Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz und Transitverkehr (Annahmen in Anhang A3 aufgeführt) unterschiedliche Annahmen getroffen. Ausländische Fahrzeuge und insbesondere Fahrzeuge im Transitverkehr laden einen grösseren Anteil an Schnell-Ladehubs als inländische E-LKWs, da sie grössere Distanzen zurücklegen. E-LKWs bis 26 Tonnen laden an HPC mit Ladeleistungen bis 400 kW. E-LKWs über 26 Tonnen laden an MWC mit Ladeleistungen bis 1'000 kW¹⁷.

17 E-LKW über 26 Tonnen werden je nach Bedarf auch mit geringerer Ladeleistung laden.

Name	Reichweite	Bedeutung Schnell-Ladehubs	% Schnell-Ladehubs an der gesamten Lademenge pro Jahr*	Ladeoption und Ladeleistung	Lademenge pro Ladevorgang in kWh im Jahr 2030**	Lademenge pro Ladevorgang in kWh im Jahr 2040**
Lieferwagen 3.401–3.5 t					50	60
Lastwagen 3.501–12 t	Reichweite reicht für die meisten Tageseinsätze	Seltenes Nachladen, bei langen Einsätzen oder als Ergänzung.	10%	HPC 350/ 400 kW	60	70
Lastwagen 12.001–18 t					145	165
Lastwagen 18.001–26 t					145	165
Lastwagen 26.001–32 t	Reichweite reicht nicht für alle Tageseinsätze	regelmässiges Nachladen, falls Tageseinsatz zu lang.	25%	MWC 1'000 kW	250	280
Lastwagen >32 t					290	350

Tabelle 2 Annahmen zum zukünftigen Ladeverhalten der E-LKWs im Jahr 2030 und 2040.
 *Prozentwerte gelten für inländische E-LKW; abweichende Annahmen für ausländische Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz und Transitverkehr (siehe Anhang A3).
 **Durchschnittswerte inkl. Übernachten mit reduzierter Leistung.

Mehr als 130 GWh Ladebedarf an Schnell-Ladehubs im Jahr 2030

Im Jahr 2030 liegt der modellierte Ladebedarf an Schnell-Ladehubs in der Schweiz bei über 130 GWh, davon entfallen knapp 60% auf der Nachfrage auf inländischen E-LKWs sowie je ca. 20% auf ausländische Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz sowie auf E-LKWs im Transitverkehr. Zwischen 2030 und 2040 dürfte sich der Ladebedarf an Schnell-Ladehubs gemäss Modellierung vervierfachen und 540 GWh betragen. Die inländischen E-LKWs machen dann weiterhin knapp 60% der Nachfrage aus.

Der Ladebedarf an Schnell-Ladehubs wird zum Grossteil von den Fahrzeugen in der Gewichtskategorie über 32 Tonnen nachgefragt. Sie machen rund 70% des Gesamtladebedarfs an Schnell-Ladehubs aus. Zusammen mit der Gewichtskategorie der über 26 Tonnen fragen sie sogar 85% des Gesamtladebedarfs an Schnell-Ladehubs nach (siehe Anhang A3).

© EBP, Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2023

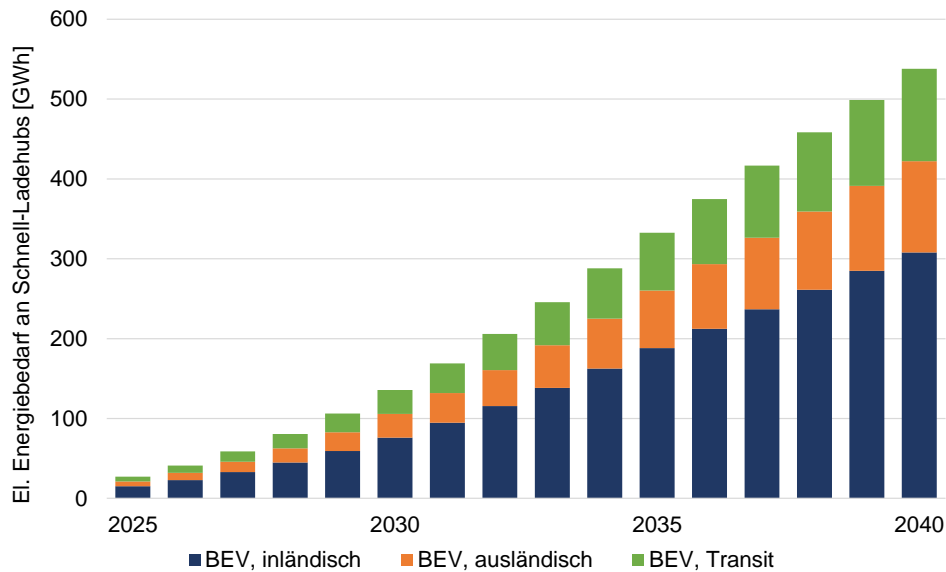


Abbildung 9 Modellierter Ladebedarf der E-LKWs an Schnell-Ladehubs in der Schweiz 2025 bis 2040 differenziert nach inländischen, ausländischen Fahrzeugen mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz sowie Fahrzeuge im Transitverkehr.

Keinen Bedarf für ein zusätzliches Night Charging System in der Schweiz

Das Übernachten (Night Charging System) von schweren Nutzfahrzeugen findet während der Nacht (22 Uhr bis 5 Uhr) und am Sonntag statt und erfolgt mit einer reduzierten Leistung von ca. 100 kW je Ladepunkt. Während in Deutschland und in anderen europäischen Ländern eine separate Ladeinfrastruktur mit Übernachtladepunkten geplant wird¹⁸, geht die vorliegende Studie davon aus, dass in der Schweiz keine zusätzliche Ladeinfrastruktur für das Übernachten benötigt wird. In der Schweiz kann die geplante Ladeinfrastruktur an Schnell-Ladehubs, während dem Nacht- und Sonntagsfahrverbot entsprechend genutzt werden. Die Nutzung der Schnell-Ladeinfrastruktur, die auch tagsüber genutzt wird, ist effizient und erhöht die Ausnutzung der Ladepunkte. Das Laden während dem Nacht- und Sonntagsfahrverbot ist aufgrund der längerer Stand-/Ladezeiten mit einer reduzierten Leistung möglich (ein Ladevorgang pro Nacht).

18 Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2022)

180 Ladepunkte an Schnell-Ladehubs bis 2030 in der Schweiz benötigt

In der Schweiz werden bis im Jahr 2030 125 MWC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 1'000 kW sowie zusätzliche 55 HPC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von 350/400 kW benötigt, um den Ladebedarf an Schnell-Ladehubs zu decken. Bis im Jahr 2040 steigt der Bedarf auf rund 370 MWC-Ladepunkte sowie zusätzlich 210 HPC-Ladepunkte (Abbildung 10).

Gemäss Prämissen 6 zum zukünftigen Ladeverhalten wird die Mehrheit der Ladevorgänge an Schnell-Ladehubs während der gesetzlichen 45 min.-Pausen erfolgen. Die reine Ladezeit dürfte dabei rund 35 Min. betragen. Pro Ladepunkt werden im Jahr 2030 10 bis 14 Ladevorgänge pro Arbeitstag (zwischen 7 und 22 Uhr) sowie einzelne Ladevorgänge in der Nacht und an Sonntagen erwartet. Mehr Ladevorgänge pro Ladepunkt sind nicht realistisch, da die gesetzlichen Pausenzeiten bei zahlreichen Logistikern zu etwa der gleichen Zeit am Tag anfallen und damit auch potentielle Zeiten fürs Laden. In Kombination mit den Annahmen zum zukünftigen Ladeverhalten der E-LKWs (Tabelle 2) wird erwartet, dass pro MWC-Ladepunkt im Jahr 2030 rund 950 MWh/Jahr elektrische Energie geliefert wird (310 MWh pro HPC-Ladepunkt). Dies entspricht einer Auslastungsrate (energy based Utilisation Rate) von rund 11% im Jahr 2030. Die Schnell-Ladehubbetreiber zielen eine energy based Utilisation Rate von 15% an, welche sie gemäss Annahmen im Jahr 2040 in etwa erreichen könnten. Die Annahmen zum Ladeaufkommen an Schnell-Ladehubs sind in Anhang A4 aufgeführt.

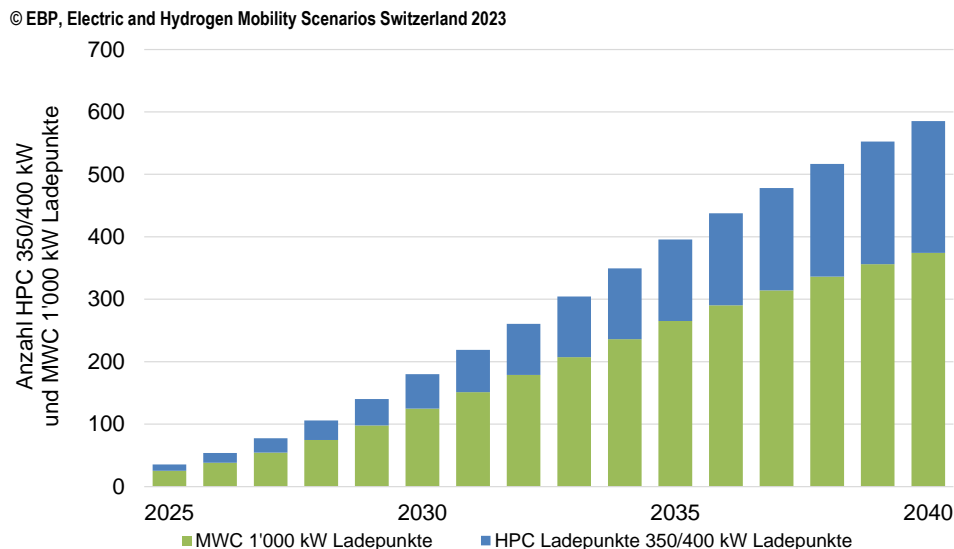


Abbildung 10 Modellierter Bedarf der benötigten Anzahl Ladepunkte an Schnell-Ladehubs für E-LKWs in der Schweiz von 2025 bis 2040, differenziert nach MWC- und HPC-Ladepunkte.

Über 140 MW Ladeinfrastrukturkapazität in der Schweiz bis 2030 und Vergleich mit den Vorschlägen der EU-Kommission

In der Schweiz werden bis im Jahr 2030 über 140 MW installierte Leistung an Ladeinfrastruktur für E-LKWs an Schnell-Ladehubs benötigt. Die benötigte Leistung verdreifacht sich bis im Jahr 2040 auf knapp 450 MW. Zum Vergleich: das Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance weist eine Leistung von 900 MW auf.

Gemäss ICCT (2022) unterschätzt die EU (2023a) die erforderliche Ladeleistung für E-LKWs an Schnell-Ladehubs im Jahr 2030. Der modellierte Bedarf im Rahmen dieser Studie ergibt für die Schweiz eine erforderliche Ladeinfrastrukturleistung an Schnell-Ladehubs von 3.8 MW pro 60 km Nationalstrasse bis 2030 und erfüllt damit auch Anforderungen über AFIR hinaus.

Ladeinfrastruktur an Schnell-Ladehubs in der Schweiz	2030	2040
Total installierte Ladeinfrastrukturleistung in MW	144	448
Ladeinfrastrukturleistung in MW pro 60 km Nationalstrasse	3.8	11.9

Tabelle 3: Kenngrössen der Ladeinfrastruktur an Schnell-Ladehubs entlang der Nationalstrasse in der Schweiz im Jahr 2030 und 2040.

Weitreichende Konsequenzen, falls Schnell-Ladehubs fehlen

Entsteht bis im Jahr 2030 kein koordinierter Aufbau von Schnell-Ladehubs in der Schweiz, so sind die Konsequenzen gemäss einer aktuellen Umfrage im Rahmen dieser Studie bei Fahrzeughersteller und Logistiker weitreichend:

- **Elektrifizierung der Flotte erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich:**
45% der Rückmeldungen
- **Elektrifizierung der Flotte nur mit Mehrkosten möglich (mehr Fahrzeuge oder teure Ladeinfrastruktur im Depot notwendig):** *40% der Rückmeldungen*
- **Elektrifizierung der Flotte ohne Schnell-Ladehubs nicht möglich:**
15% der Rückmeldungen

7. Wo braucht die Schweiz Schnell-Ladehubs für E-LKWs und wie können sie umgesetzt werden?

Die Standortanforderungen an Schnell-Ladehubs sind hinsichtlich Flächenbedarf und Energiebedarf sehr hoch. Aus Sicht der Ladenetzbetreiber ist es wünschenswert, möglichst grosse, konzentrierte Schnell-Ladehubs zu realisieren. Die EU (2023a) andererseits fordert mindestens alle 100 km Schnell-Ladehubs für E-LKWs bis 2030.

Die vorliegende Studie schlägt 15 Gebiete vor, in denen Schnell-Ladehubs für E-LKWs bis 2030 realisiert werden sollen, um eine rasche und vollständige Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs zu ermöglichen (Tabelle 4 und Abbildung 11).

Die Auswertung zeigt, dass nicht alle Standorte gleich gross dimensioniert werden müssen. Es gibt Gebiete mit hohem (●●●○) und sehr hohem Bedarf (●●●●), wo grössere Schnell-Ladehubs geplant werden sollen, und Gebiete mit mittlerem (●●○○) Bedarf, wo weniger Ladepunkte pro Schnell-Ladehub ausreichend sind. Gebiete mit tiefem Bedarf (●○○○) benötigen nur wenige Ladepunkte und sind aus Betreibersicht weniger interessant. Sie dienen insbesondere dazu, ein flächendeckendes Ladenetz zu realisieren mit maximal 100 km Distanz zwischen den Ladehubs (gemäss Vorgabe AFIR).

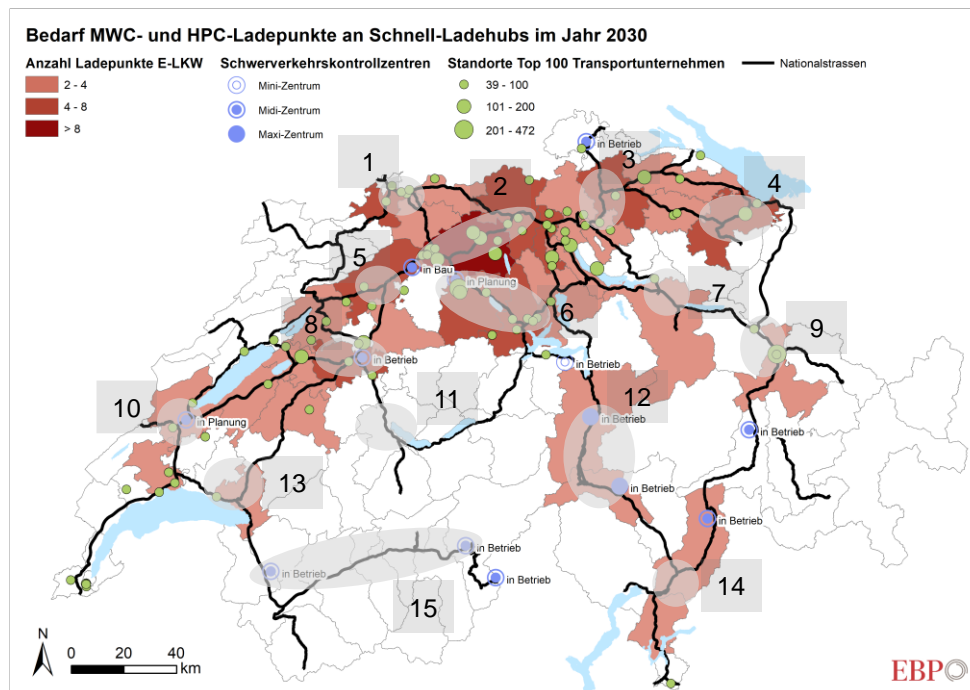


Abbildung 11 15 Gebiete, in denen bis im Jahr 2030 Schnell-Ladehubs für E-LKWs realisiert werden sollen.

Nr.	Gebiet	Kapazitätsbedarf Schnell-Ladehubs
1	Basel; Einzugsgebiet A2/3 und A18.	●●○○
2	Oftringen – Aarau; Einzugsgebiet A1 und A2.	●●●●
3	Winterthur; Einzugsgebiet A1, A4 und A7	●●●○
4	St. Gallen – Rorschach; Einzugsgebiet A1	●●○○
5	Solothurn – Luterbach; Einzugsgebiet A1 und A5	●●●○
6	Rotkreuz – Neunkirch LU – Horw; Einzugsgebiet A2 und A14	●●●○
7	Reichenburg – Niederurnen; Einzugsgebiet A3 und A15	●●○○
8	Bern; Einzugsgebiet A1, A6 und A12	●●●○
9	Sargans – Landquart; Einzugsgebiet A3 und A13	●○○○
10	Yverdon – Chavornay; Einzugsgebiet A1, A5 und A9	●●○○
11	Thun – Spiez; Einzugsgebiet A6 und A8	●○○○
12	Ripshausen – Giornico; Einzugsgebiet A2	●●○○
13	Chexbres – Montreux – Châtel-Saint-Denis; Einzugsgebiet A1 und A9	●●○○
14	Bellinzona; Einzugsgebiet A2 und A13.	●●○○
15	Saint-Maurice – Gondo; Einzugsgebiet A9	●○○○

Tabelle 4: 15 Gebiete, in denen bis im Jahr 2030 Schnell-Ladehubs für E-LKWs realisiert werden sollen.

Standortkonzept und Anforderungen an Fläche und Leistung

- Die Schnell-Ladehubs werden modular aufgebaut: Anzahl Ladepunkte werden mit steigender Nachfrage schrittweise erweitert.
- An den Schnell-Ladehubs werden verschiedene Ladeoptionen MWC (1'000 kW) und HPC (350/400 kW) Ladepunkte für die verschiedenen Bedürfnisse angeboten.
- Die Schnell-Ladehubs haben einen direkten Vollanschluss an die Nationalstrasse (von beiden Fahrtrichtungen anfahrbar) oder liegen max. 5 Min. Fahrzeit zum nächsten Vollanschluss.
- An den Schnell-Ladehubs stehen Toiletten, Verpflegungsmöglichkeiten, Aufenthaltsräume etc. zur Verfügung.
- Die Flächenanforderung pro HPC- oder MWC-Ladepunkt beträgt bis zu 600 m² (Toiletten, Restaurant, Aufenthaltsräume inbegriffen).
- Je Schnell-Ladehubs wird eine Mindestzahl von 8-10 Ladepunkte angestrebt. Die Mindestanforderung für einen Standort liegt damit bei 6'000 m².

- Die grössten Standorte (siehe Tabelle 4) können im Jahr 2040 bis zu 60 Ladepunkte anbieten. Entsprechend sind Standorte mit bis zu 35'000 m² gefragt.
- Schnell-Ladehubs mit 12 MWC- und HPC-Ladepunkten benötigen bis zu 8 MW Leistung (Gleichzeitigkeitsfaktor 0.8).
- Mit zunehmender Anzahl Ladepunkten sorgt eine Pufferbatterie dafür, dass weniger Anschlussleistung benötigt wird.
- Schnell-Ladehubs mit 40 MWC- und HPC-Ladepunkten benötigen langfristig (2040) bis zu 24 MW Leistung (Gleichzeitigkeitsfaktor 0.8).

Schnell-Ladehubs bei den Schwerverkehrszentren?

Die Anforderungen an Standorte für Schnell-Ladehubs sind hoch. Im Rahmen dieser Studie wurde abgeklärt, ob sich die Schwerverkehrskontrollzentren als Standorte für Schnell-Ladehubs eignen. Das ASTRA hat zusammen mit den Verantwortlichen der Schwerverkehrskontrollzentren erste Abklärungen dazu getroffen. In der Schweiz sind im Jahr 2023 neun Schwerverkehrskontrollzentren in Betrieb. Sie liegen an den wichtigen Nord-Süd- und West-Ost-Achsen, aber auch an anderen Autobahnabschnitten mit viel Schwerverkehr¹⁹. Ein weiteres Kontrollzentrum in Oensingen SO befindet sich im Bau. Drei weitere Kontrollzentren befinden sich in der Planungsphase.

Die Abklärungen haben ergeben, dass sich mit Ripshausen UR und Giornico TI zwei Kontrollzentren für Schnell-Ladehubs grundsätzlich eignen. Sie bieten genügend Platz und haben teilweise schon weiterführende Angebote (Toiletten, Restaurant, Aufenthaltsräume). Das Schwerverkehrszentrum Giornico TI hat bereits zwei HPC-Ladepunkte (350 kW) in Betrieb genommen. Eine Erweiterung ist möglich. Die beiden Standorte eignen sich, um den Bedarf im identifizierte Gebiet 12 zu befriedigen (gemäss Tabelle 4).

Zwei weitere Kontrollzentren St. Maurice VS und Simplon VS wären für sehr kleine Schnell-Ladehubs grundsätzlich geeignet. Die beiden Standorte eignen sich, um den tiefen Bedarf im identifizierte Gebiet 15 zu befriedigen (gemäss Tabelle 4).

Das Schwerverkehrszentrum Neuenkirch LU soll ca. 2030 in Betriebe gehen und rund 50'000 m² gross sein. Der Standort eignet sich grundsätzlich, um den hohen Ladebedarf im identifizierte Gebiet 6 zu befriedigen (gemäss Tabelle 4). Entsprechend gilt es die Anforderungen für den Schnell-Ladehub in die Planung miteinzubeziehen.

Die weiteren Kontrollzentren eignen sich aufgrund des beschränkten Platzbedarfs oder anderen Gründen nicht als Standorte für Schnell-Ladehubs.

19 ASTRA (2023b)

Schnell-Ladehubs auf ASTRA-Restparzellen?

Das ASTRA verfügt schweizweit über sogenannte Restparzellen²⁰, welche für den Bau von Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden können. Gemäss ersten Abklärungen dürften sich aufgrund der hohen Anforderungen an die Grösse nur ganz wenige Flächen, welche sich direkt an der Nationalstrasse befinden, potentiell für Schnell-Ladehubs eignen. Ob geeignete ASTRA-Restparzellen innert 5 min. Fahrzeit zur Nationalstrasse vorhanden sind, lässt sich ohne weitere Abklärung nicht abschliessend beurteilen.

Schnell-Ladehubs bei Rastplätzen oder Raststätten?

Es muss zwischen Raststätten und Rastplätzen unterschieden werden. Raststätten stehen unter kantonaler Hoheit und verfügen in der Regel über eine Tankstelle und ein Restaurant. Rastplätze wiederum sind Eigentum des Bundes und mit Picknicktischen, Toiletten und teilweise mit einem mobilen Imbissstand ausgestattet. Die Schweiz verfügt über knapp 40 Raststätten und über 100 Rastplätzen. Auf den Rastplätzen entsteht in den nächsten Jahren eine Schnellladeinfrastruktur für Personenwagen²¹. Der Platzbedarf für Schnell-Ladehubs für E-LKWs ist zu klein, daher sind Rastplätze ungeeignet.

Eine erste Analyse der rund 40 Raststätten hat ergeben, dass sich rund ein halbes Dutzend der Raststätten grundsätzlich für Schnell-Ladehubs eignen könnten. Es handelt sich um Raststätten mit Vollanschluss und grösseren Abstellplätzen für LKWs. Weitere vertiefte Abklärungen mit den betroffenen Kantonen sind notwendig, um die Machbarkeit von Schnell-Ladehubs auf Raststätten oder angrenzenden Flächen zu klären.

20 ASTRA (2023c)

21 ASTRA (2023d)

Investitionskosten von 150 bis 175 Mio. Franken für 15 Schnell-Ladehubs im Jahr 2030

Für einen Schnell-Ladehub mit 8 MWC-Ladepunkten und 4 HPC-Ladepunkten im Jahr 2030 werden die Investitionskosten (Tabelle 5) und Betriebskosten (Tabelle 6) wie folgt veranschlagt:

Investitionskosten	in tausend CHF
Ladeinfrastruktur	4'000
Bauarbeiten	3'900
Netzkosten	2'500
Pufferbatterie	1'000
Summe ohne Pufferbatterie	10'500
Summe mit Pufferbatterie	11'400

Tabelle 5: Investitionskosten (gemäss Kapitalwertmethode) für einen Schnell-Ladehub mit 12 Ladepunkten (8 MWC- und 4 HPC-Ladepunkte) im Jahr 2030 für den Zeitraum 2024 bis 2045 in der Schweiz.

Betriebskosten	in tausend CHF
Betriebskosten	1'500
Betriebskosten Pufferbatterie	500
Pacht/ Miete	3'700
Netznutzung und Energietarife ²²	30'000-36'000
Leistungstarif ²³ ohne Pufferbatterie	7'100
Leistungstarif mit Pufferbatterie	5'100

Tabelle 6: Betriebskosten (gemäss Kapitalwertmethode) für einen Schnell-Ladehub mit 12 Ladepunkten (8 MWC- und 4 HPC-Ladepunkte) im Jahr 2030 für den Zeitraum 2024 bis 2045 in der Schweiz.

Bis im Jahr 2030 werden 15 Schnell-Ladehubs in der Schweiz benötigt (einige kleiner, einiger grösser als 12 Ladepunkte).

Die Gesamtinvestitionskosten für die erste Ausbautetappe von 15 Schnell-Ladehubs für E-LKWs im Jahr 2030 in der Schweiz belaufen sich demnach auf geschätzt 150 bis 175 Mio. Franken. Die Gesamtkosten (inkl. Energietarife) belaufen sich auf rund 43 bis 48 Rp. pro geladene kWh²⁴.

Zwischen 2030 und 2040 stehen je nach Ausbaukonzept zusätzliche Gesamtinvestitionen von 200 bis 300 Mio. Franken an.

²² Netztarife BKW 2023 inkl. Abgaben; Energietarif 5-10 Rp./kWh

²³ Netztarife BKW 2023

²⁴ entspricht nicht per se dem am Schnell-Ladehub angebotene Ladetarif

8. Schlussfolgerungen

— **Technologieoffenheit:** Um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, ist ein kompletter Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge (batterie-elektrisch, Wasserstoff-Brennstoffzellen, erneuerbare/ synthetische Treibstoffe) erforderlich. Fahrzeughersteller und Logistiker können selbst entscheiden, auf welche Antriebstechnologie sie umstellen. Gemäss aktuellen Umfragen besteht ein breiter Konsens, dass der grösste Teil der schweren Nutzfahrzeuge in Zukunft batterie-elektrisch (E-LKW) unterwegs sein wird.

— **Diverse Transportbranche:** Die Logistikbranche in der Schweiz ist sehr divers bezüglich Einsatzbereiche, Grösse etc. Die Ausgangslage zur Umstellung ihrer Flotte auf alternative Antriebe und die Errichtung einer Ladeinfrastruktur in ihren Depots ist entsprechend individuell.

Aufgrund der Rückmeldungen und Erfahrungen ist klar, dass eine rasche Skalierung der Ladeinfrastruktur in Depots und Werkhöfen mengen- und leistungsmässig nicht in allen Fällen möglich und finanzierbar ist.

Die Logistiker brauchen ein klares Signal, dass die Schnell-Ladehubs zeitgerecht und koordiniert bereitstehen wird.

— **Schnell-Ladehubs als Teil der Lösung:** Schnell-Ladehubs decken nur einen Teil (25-30%) des Gesamtladebedarfs der E-LKW.

Im Jahr 2030 liegt der modellierte Ladebedarf an Schnell-Ladehubs in der Schweiz bei über 130 GWh, davon entfallen knapp 60% auf der Nachfrage auf inländischen E-LKWs sowie je ca. 20% auf ausländische Fahrzeuge mit Start- oder Ankunftspunkt in der Schweiz sowie auf E-LKWs im Transitverkehr.

Der Ladebedarf an Schnell-Ladehubs wird zum Grossteil von den Fahrzeugen in der Gewichtskategorie über 32 Tonnen nachgefragt. Sie machen rund 70% des Gesamtladebedarfs an Schnell-Ladehubs aus.

Schnell-Ladehubs sind daher essentiell zur Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs – sowohl für inländische wie ausländische Transporteure sowie auch für den Transitverkehr.

— **15 Standorte mit hohen Anforderungen:** Bis im Jahr 2030 sollen 15 Standorte mit Schnell-Ladehubs realisiert werden. Es werden Standorte mit mindestens 6'000 m² Fläche und Netzanschlüssen von 8 MW benötigt. Die Anforderungen an die Grösse der Standorte dürfte dabei die grössere Herausforderung darstellen als die Bereitstellung der erforderlichen Leistung. Die Strombranche ist sich seit Jahrzehnten gewohnt Grossverbraucher erfolgreich ins Stromnetz zu integrieren.

Einige Schwerverkehrskontrollzentren eignen sich für Schnell-Ladehubs. Sie sind aber nur Teil der Lösung und nicht die alleinige Lösung. Ob einzelne ASTRA-Restparzellen oder Raststätten geeignet sind, gilt es detailliert abzuklären. Darüber hinaus werden weitere Standorte benötigt.

- **Kompatibel mit Zielen der EU:** In der Schweiz werden bis im Jahr 2030 über 140 MW installierte Kapazität an Ladeinfrastruktur für E-LKWs an Schnell-Ladehubs benötigt.

Der modellierte Bedarf im Rahmen dieser Studie ergibt für die Schweiz eine erforderliche Ladeinfrastrukturkapazität an Schnell-Ladehubs von 3.8 MW pro 60 km Nationalstrasse bis 2030. Damit wären die EU-Vorgaben gemäss AFIR klar erfüllt.

- **Schnell-Ladehubs als Business Case.** Die Gesamtinvestitionskosten belaufen sich auf über 10 Mio. Franken pro Schnell-Ladehub. An den MWC-Ladepunkten werden aber auch grosse Strommengen pro Jahr geladen (rund 1 GWh pro Ladepunkt). Das Laden an Schnell-Ladehub verspricht ein attraktiver Business Case zu sein. Private Investoren sind bereit die entsprechenden Investitionen zu tätigen und ins Geschäft einzusteigen.
- **Keine rechtzeitige Defossilisierung ohne Schnell-Ladehubs:** Ohne Schnell-Ladehubs ist die Defossilisierung des schweren Strassengüterverkehrs und damit die Einhaltung der CO₂-Emissionsvorschriften erst zu einem späteren Zeitpunkt und nur mit Mehrkosten möglich.

A1 Annahmen zur Modellierung

Name	Kategorien	Anzahl Fahrzeuge per Ende 2022 in der Schweiz
SNF 3.501–12 t	Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug	8'207
SNF 12.001–18 t	Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug	12'586
SNF 18.001–26 t	Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug	10'170
SNF >26 t*	Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper	23'735
Summe SNF	Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper	54'698
LNF 3.4–3.5 t	Lieferwagen 3.4–3.5 t	75'129
Summe LNF 3.4–3.5 t + SNF	Lieferwagen 3.4–3.5 t, Lastwagen, Sattelmotorfahrzeug, Sattelschlepper	129'827

Tabelle 7 Systemgrenze und Kategorisierung der schweren Nutzfahrzeuge ab 3.4 Tonnen in der Schweiz. Bei den SNF basiert die Kategorisierung auf dem Gesamtzugsgewicht, bei den LNF auf dem Gesamtgewicht. Datenquellen: Fahrzeugregister ASTRA²⁵, BFS, Auto-Schweiz
* Bei der Fahrleistung wird eine weitere Differenzierung gemacht 26.001–32 t und >32 t

Der Bestand der schweren Nutzfahrzeuge in der Schweiz steigt leicht an (siehe Kapitel 4). Daher ist auch mit einem moderaten Anstieg der Neuzulassungen pro Jahr zu rechnen. Es wird erwartet, dass im Jahr 2030 rund 4'700 schwere Nutzfahrzeuge (ohne LNF 3.4 bis 3.5 Tonnen) neuzugelassen werden und im Jahr 2040 rund 4'900.

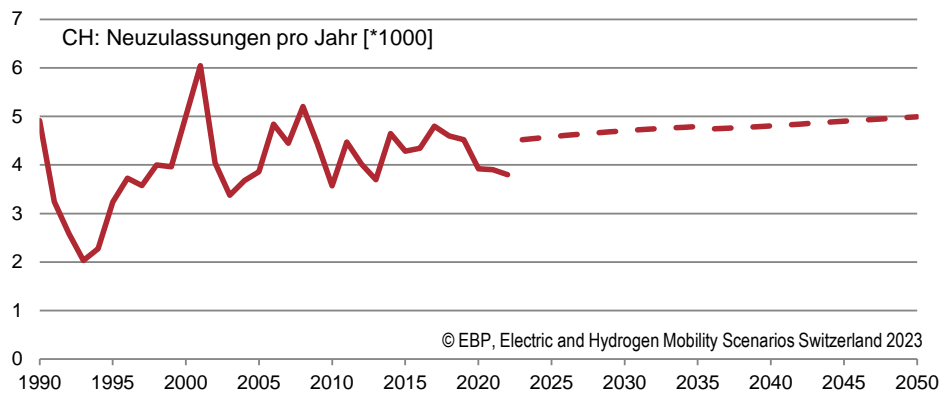


Abbildung 12 Entwicklung der Neuzulassungen der schweren Nutzfahrzeuge ohne LNF 3.4 bis 3.5 Tonnen in der Schweiz zwischen 1990 und 2022 und modellierte Entwicklung bis 2050.

Die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge ist stark abhängig von der Gewichtskategorie (siehe Kapitel 4).

Die spezifische Jahresfahrleistung der in der Schweiz immatrikulierten Fahrzeuge liegt bei:

- Schwere Nutzfahrzeuge 3.501–12 Tonnen: 19'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 12.001–18 Tonnen: 28'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 18.001–26 Tonnen: 28'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge über 26 Tonnen: 53'000 km

Hinzu kommt der Anteil der Fahrleistung, welcher durch ausländische Fahrzeuge zurückgelegt wird (siehe Kapitel 3). Rein rechnerisch (territoriale Gesamtfahrleistung durch in der Schweiz immatrikulierte Fahrzeuge) beträgt die Fahrleistung der Gewichtskategorie:

- Schwere Nutzfahrzeuge 3.501–12 Tonnen: 20'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 12.001–18 Tonnen: 30'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge 18.001–26 Tonnen: 30'000 km
- Schwere Nutzfahrzeuge über 26 Tonnen: 75'000 km

Ein grösserer Unterschied ist nur in der Gewichtskategorie über 26 Tonnen auszumachen, da dort der Anteil der ausländischen Lastwagen auch ausgeprägt ist (siehe Kapitel 3).

Rein rechnerisch liegt die durchschnittliche Fahrleistung pro Lastwagen (gemittelt über alle Gewichtskategorien) bei rund 40'000 km. Es wird angenommen, dass sie bis 2040 leicht zunimmt (Abbildung 13).

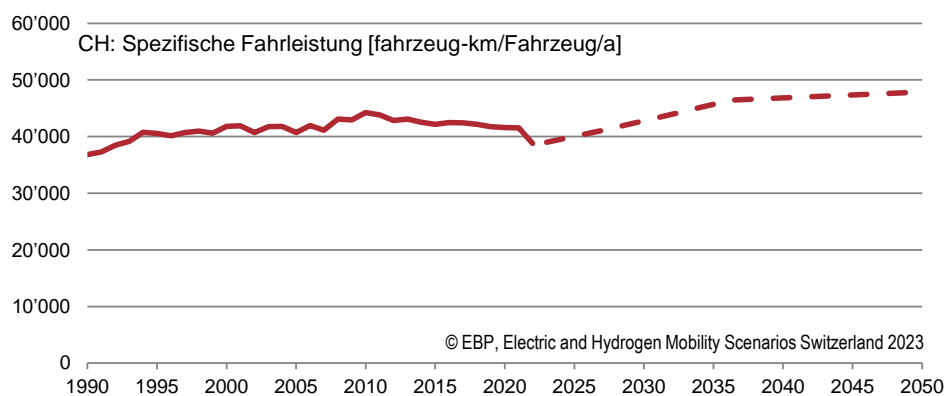


Abbildung 13 Entwicklung der spezifischen Fahrleistung pro Fahrzeug (rein rechnerisch) der schweren Nutzfahrzeuge ohne LNF 3.4-3.5 Tonnen in der Schweiz zwischen 1990 und 2022 und modellierte Entwicklung bis 2050.

A2 Technische Spezifikationen

Bei allen Gewichtskategorien gehen wir von einer weiteren Effizienzsteigerung und damit einhergehend mit einem sinkenden spezifischen, elektrischen Energiebedarf aus. Es wird angenommen, dass der spezifische, elektrische Energiebedarf neuzugelassener Fahrzeuge im Jahr 2035 rund 7% tiefer liegt gegenüber 2023.

Die durchschnittliche Reichweite der schweren Nutzfahrzeuge über 12 Tonnen liegt im Jahr 2030 gemäss Einschätzungen der Hersteller bei rund 250 bis 300 km. Die Fahrzeuge unter 12 Tonnen haben im Mittel eine Reichweite von 170 km. Die durchschnittliche Batteriekapazität der schweren Nutzfahrzeuge nimmt stetig zu. Zwischen 2030 und 2040 wird mit einer Steigerung der Batteriekapazität von 10 bis 20%, bei schweren Nutzfahrzeugen in der Kategorie über 32 Tonnen sogar bis 40%, gerechnet. In Kombination mit der Effizienzsteigerung ist mit einer deutlichen Erhöhung der Reichweite zu rechnen. Zwischen 2030 und 2040 steigt die Reichweite bei allen Gewichtskategorien um 20 bis 25%, bei schweren Nutzfahrzeugen in der Kategorie über 32 Tonnen sogar um über 40%. Die Fahrzeuge unter 12 Tonnen erreichen im Jahr 2040 im Durchschnitt Reichweiten von 200 km und jene über 12 Tonnen rund 350 km. Die schweren Nutzfahrzeuge über 32 Tonnen dürften im Jahr 2040 eine durchschnittliche Reichweite von rund 400 km aufweisen.

Die Mehrheit der heute verfügbaren E-LKWs können Ladeleistungen von maximal 100 bis 150 kW, in den Gewichtskategorien über 26 Tonnen bis 270 kW aufnehmen. Gemäss Herstellerangaben wird erwartet, dass E-LKWs künftig deutlich höhere Ladeleistungen aufnehmen können. In den Gewichtskategorien über 26 Tonnen werden die Fahrzeuge mit Ladeleistungen bis 1'000 kW laden können. Die durchschnittlich erzielte Ladeleistung (Flotten- und Ladeinfrastrukturdurchschnitt) liegt allerdings tiefer, da nicht alle Fahrzeuge so hohe Ladeleistungen aufnehmen können und die Fahrzeugumwälzung einige Jahre dauert. In den Gewichtskategorien 12 bis 18 Tonnen wird erwartet, dass sich Ladeleistungen bis 350 kW durchsetzen. Bei Fahrzeugen unter 12 Tonnen rechnen die Hersteller auch langfristig mit Ladeleistungen von maximal 150 kW.

Name	Spezifischer, elektrischer Energiebedarf in kWh/100 km 2023 (2035)	Batteriegrösse in kWh 2035	Ladeleistung 2023: Aufnahmeleistung in kW	Ladeleistung 2035: Aufnahmeleistung in kW
Lieferwagen 3.4–3.5 t	43 (40)	100 (80– 200)	100	150
Lastwagen 3.501–12 t	85 (79)	220 (100– 400)	100	150
Lastwagen 12.001–18 t	100 (93)	400 (150– 800)	150	350
Lastwagen 18.001–26 t	110 (103)	550 (350– 800)	150	350
Lastwagen 26.001–32 t	125 (117)	600 (200–1'000)	270	600
Lastwagen >32 t	130 (121)	700 (200–1'000)	270	1'000

Tabelle 8: Technische Spezifikationen der E-LKWs.

A3 Ladeverhalten der E-LKWs an Schnell-Ladehubs

Flottendurchschnittswerte für das Jahr 2030

Name	Ladeoption und Ladeleistung	Durchschnittliche Batterieg-rösse (Flotten-durchschnitt)	Durchschnittlich erzielte Ladeleistung (Flotten- und Ladeinfrastruktur-durchschnitt)	Durchschnittliche Ladezeit in min.	Lademenge pro Ladevorgang in kWh
Lieferwagen 3.4–3.5 t	HPC 350/400 kW	100	90	35 min.	50
Lastwagen 3.501–12 t	HPC 350/400 kW	200	110	35 min.	60
Lastwagen 12.001–18 t	HPC 350/400 kW	350	250	35 min.	145
Lastwagen 18.001–26 t	HPC 350/400 kW	450	250	35 min.	145
Lastwagen 26.001–32 t	MWC 1'000 kW	500	435	35 min.	250
Lastwagen >32 t	MWC 1'000 kW	500	500	35 min.	290

Tabelle 9 Annahmen zum Ladeverhalten der E-LKWs im Jahr 2030. Flottendurchschnitt für das Jahr 2030.

Durchschnittswerte für das Jahr 2040

Name	Ladeoption und Ladeleistung	Durchschnittliche Batterieg-rösse (Flotten-durchschnitt)	Durchschnittlich erzielte Ladeleistung (Flotten- und Ladeinfrastruktur-durchschnitt)	Durchschnittliche Ladezeit in min.	Lademenge pro Ladevorgang in kWh
Lieferwagen 3.4–3.5 t	HPC 350/400 kW	120	100	35 min.	60
Lastwagen 3.501–12 t	HPC 350/400 kW	220	120	35 min.	70
Lastwagen 12.001–18 t	HPC 350/400 kW	400	280	35 min.	165
Lastwagen 18.001–26 t	HPC 350/400 kW	550	280	35 min.	165
Lastwagen 26.001–32 t	MWC 1'000 kW	600	480	35 min.	280
Lastwagen >32 t	MWC 1'000 kW	700	600	35 min.	350

Tabelle 10 Annahmen zum Ladeverhalten der E-LKWs im Jahr 2040. Flottendurchschnitt für das Jahr 2040.

Name	% Schnell-Ladehubs an der gesamten Lademenge pro Jahr
Inländische Lieferwagen 3.4-3.5 t	
Inländische Lastwagen 3.501-12 t	
Inländische Lastwagen 12.001-18 t	10%
Inländische Lastwagen 18.001-26 t	
Inländische Lastwagen 26.001-32 t	
Inländische Lastwagen >32 t	25%
Ausländische Lieferwagen 3.4-3.5 t	
Ausländische Lastwagen 3.501-12 t	
Ausländische Lastwagen 12.001-18 t	20%
Ausländische Lastwagen 18.001-26 t	
Ausländische Lastwagen 26.001-32 t	
Ausländische Lastwagen >32 t	40%
Transit Lieferwagen 3.4-3.5 t	
Transit Lastwagen 3.501-12 t	
Transit Lastwagen 12.001-18 t	
Transit Lastwagen 18.001-26 t	100%
Transit Lastwagen 26.001-32 t	
Transit Lastwagen >32 t	

Tabelle 11: Anteil des Gesamtladebedarfs, der an Schnell-Ladehubs geladen wird, bezogen auf die in der Schweiz zurückgelegten Kilometer. Annahmen gelten für das Jahr 2030 und 2040.

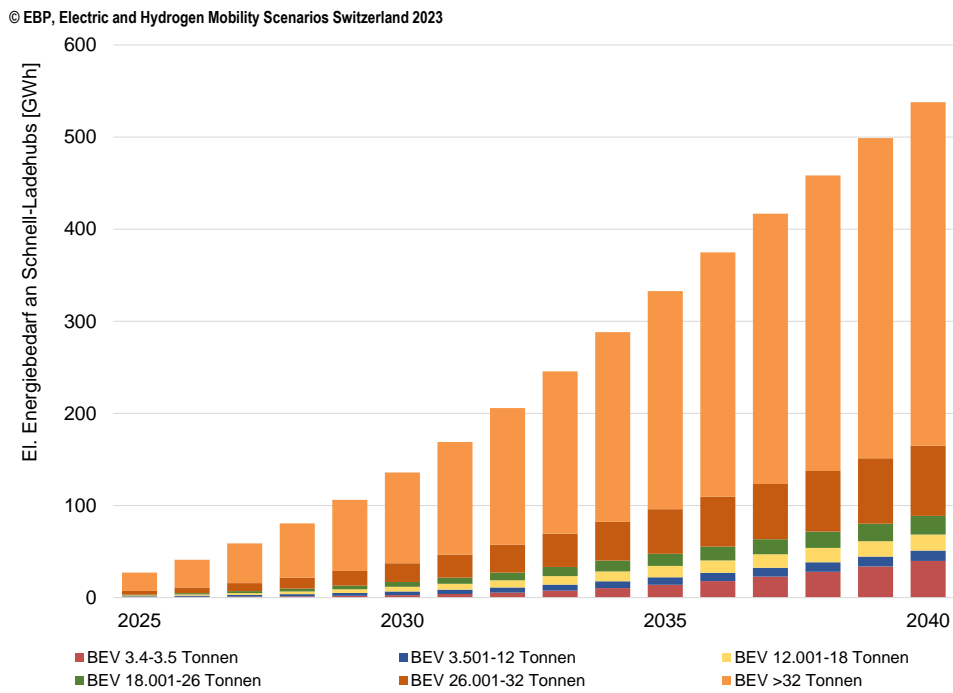


Abbildung 14 Modellierter Ladebedarf der E-LKWs an Schnell-Ladehubs in der Schweiz von 2025 bis 2040, differenziert nach Gewichtskategorien.

A4 Ladeaufkommen an Schnell-Ladehubs

Name	Primäre Nutzergruppe	Anzahl Ladevorgänge pro Tag pro Ladepunkt	Durchschn. Ladezeit in Min.	Utilisation Rate pro Ladepunkt (energy based)	Lademenge pro Jahr pro Ladepunkt
HPC 350/400 kW	LNF 3.401–3.5 t & SNF 3.501–12 t & SNF 12.001–18 t & SNF 18.001–26 t	8–10	35 min.	10%	310 MWh
MWC 1'000 kW	SNF 26.001–32 t & SNF >32 t	8–10	35 min.	11%	950 MWh
HPC 350/400 kW	LNF 3.401–3.5 t & SNF 3.501–12 t & SNF 12.001–18 t & SNF 18.001–26 t	9–11	35 min.	14%	420 MWh
MWC 1'000 kW	SNF 26.001–32 t & SNF >32 t	9–11	35 min.	14%	1'200 MWh

Tabelle 12 Annahmen zur Auslastung (energy based Utilisation Rate) der Ladepunkte an Schnell-Ladehubs in der Schweiz für das Jahr 2030 (oben) und 2040 (unten).

A5 Literaturverzeichnis

- ARE (2022a), Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050, ([Link](#)).
- ARE (2022b), Verkehrsperspektiven 2050 - Entwicklung Güterverkehr, ([Link](#); abgerufen 18.10.2023).
- ASTRA (2023a), Fahrzeugdaten, ([Link](#)).
- ASTRA (2023b), Schwerverkehrskontrollzentren in der Schweiz. [Link](#) (abgerufen am 18.10.2023)
- ASTRA (2023c), ASTRA-Restparzellen. [Link](#) (abgerufen am 18.10.2023)
- ASTRA (2023d), Schaffung eines Schnellladenetzes für Elektroautos entlang der Nationalstrassen. [Link](#) (abgerufen am 18.10.2023)
- Bundesamt für Energie (2023a), Medienmitteilung BFE, 2023. [Link](#) (abgerufen am 18.10.2023).
- Bundesamt für Energie (2023b), Auswirkungen der CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personenwagen, Lieferwagen und leichte Sattelschlepper 2012-2021; Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung nach Art. 10b Absatz 1 des CO₂-Gesetzes. Online abrufbar (Stand 11.10.2023): <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11420>
- Bundesamt für Energie (2023c), Verständnis Ladeinfrastruktur 2050 – wie lädt die Schweiz in Zukunft? ([Download-Link](#))
- Bundesamt für Energie (2023d), Gesamtkosten von Personenwagen (TCO), EBP und Kamber-SE im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), Programm EnergieSchweiz. Zürich, 23. März 2023, 60 Seite ([Download-Link](#), 1 MB).
- Bundesamt für Energie (2022), Auswirkungen einer starken Elektrifizierung und eines massiven Ausbaus der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energie auf die Schweizer Stromverteilnetze. Consentec, EBP und Polynomics im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), ([Download-Link](#)).
- EBP (2023), Electric and Hydrogen Mobility Scenarios, ([Link](#)).
- Eckmann, Andreas (2021), Technology competition for the low-carbon transport transition in Switzerland, Masterarbeit, ETH, 2021
- EU (2023a), AFIR Alternative Fuel Infrastructure Regulation ([Download-Link](#)). Publikation im EU-Amtsblatt vorgesehen im Herbst 2023, Inkrafttreten 30 Tage nach Publikation.
- EU (2023b), Medienmitteilung zum Beschluss des EU-Rates über die AFIR Alternative Fuel Infrastructure Regulation ([Download-Link](#))
- EU (2023c), Questions and Answers: Revision of the CO₂ emission standards for Heavy-Duty Vehicles ([Link](#))
- EU (2019), Verordnung (EU) 2019/1242 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 zur Festlegung von CO₂-Emissionsnormen

für neue schwere Nutzfahrzeuge und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 595/2009 und (EU) 2018/956 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Richtlinie 96/53/EG des Rates, ABl. L 198 vom 25.7.2019, S. 202. Online abrufbar (Stand 11.10.2023): <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1242/oj>.

ICCT (2022), Eine Bewertung des EU-Gesetzesvorschlags zum Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR).

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2022), Einfach laden an Rastanlagen. Auslegung des Netzanschlusses für E-Lkw-Lade-Hubs, ([Download-Link](#)).

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2023), «Ladeszenarien für schwere Nutzfahrzeuge». Online abrufbar (Stand 18.10.2023): [Link](#).