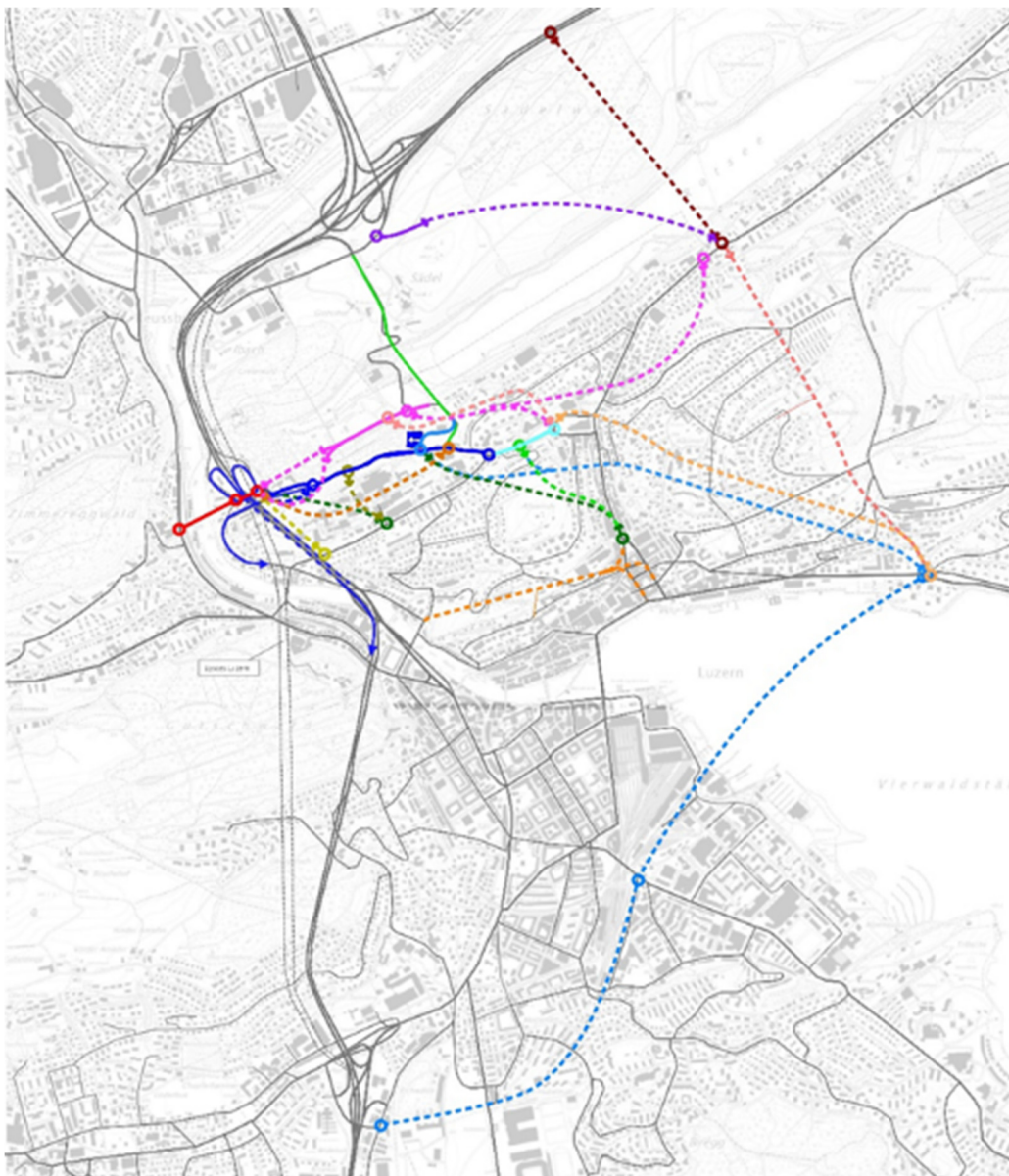


Projekt Spange Nord und Massnahmen für den öV

Zusatzabklärungen

Synthesebericht



Impressum

Oktober 2019 / Revision November 2019*

Auftraggeber

Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern

Projektleitung

Michel J. Simon, S-ce consulting AG

Sachbearbeitung

Der vorliegende Synthesebericht wurde verfasst von

Michel J. Simon

unter Verarbeitung der Inputs und

der fachlichen Abklärungen von

AKP AG, Luzern

Emch+Berger WSB AG, Emmenbrücke

Feddersen & Klostermann, Zürich

Gruner AG, Basel

SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich

* Änderungsverzeichnis Revision November 2019:

Tabelle 33, Seite 96: Nettobarwert Nutzen bei Varianten mit durchgehenden Busspuren und Nutzen-Kosten-Verhältnis bei Spange Nord lang korrigiert

Tabelle 36, Seite 100: Nutzen-Kosten-Verhältnis bei Spange Nord lang korrigiert

Anhang 2, Seite 5, Kapitel 1.8 VQ4: Reduktion öV-Verlustzeiten (modifiziert): Reisezeitgewinn im Text ergänzt und Nutzen (Annuität und Nettobarwert) bei Varianten mit durchgehenden Busspuren in Tabelle korrigiert

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
1 Aufgabe und Vorgehensmethodik	17
1.1 Ausgangslage.....	17
1.2 Zielsetzung der Zusatzabklärungen	17
1.3 Aufgabenstellung.....	19
1.4 Vorgehen	19
1.5 Projektorganisation.....	21
1.6 Stellenwert des Syntheseberichts	21
2 Verkehrsgrundlagen und Analyse der Verkehrssituation	23
2.1 Verwendete Verkehrsgrundlagen.....	23
2.2 Verkehrsmodell.....	23
2.2.1 Vorgehen Modellaktualisierung 2017/2040.....	23
2.2.2 Modellaktualisierung Ist-Zustand 2017	25
2.2.3 Erstellung Prognosezustand 2040	27
2.3 Ergebnis der Verkehrsprognose 2040.....	29
2.4 Analyse der Verkehrssituation.....	31
2.5 Schwachstellen öV	33
3 Zielsystem und Bewertungsmethodik	35
3.1 Allgemeines	35
3.2 Ziele und Zielsystem.....	35
3.2.1 Ziele des Gesamtsystems Bypass Luzern als Grundlage.....	35
3.2.2 Ziele Spange Nord	35
3.2.3 Zielsystem und Indikatoren	37
3.3 Bewertungsmethodik	37
3.3.1 Bewertungsmethodik Phase 1	37
3.3.2 Bewertungsmethodik Phase 3	37
4 Ergebnisse der Phase 1: Variantenfächer und Vorauswahl	41
4.1 Untersuchungssperimeter und Vorgehen	41
4.2 Stossrichtungen für die Variantengliederung	41
4.3 Auswahl Stossrichtungen/Variantenfamilien	41
4.3.1 Festlegung charakteristische Variantenkombinationen.....	41
4.3.2 Grobbewertung der charakteristischen Variantenkombinationen	43
4.3.3 Analyse und Fazit der Grobbewertung.....	43
4.4 Detailbewertung der Varianten Phase 1	47
4.4.1 Übersicht Vergleichswertanalyse	47
4.4.2 Zusammenfassung der Detailbewertung Phase 1	47
4.4.3 Vorauswahl für die Phase 2	49
5 Ergebnisse der Phase 2: Abklärungen zur Machbarkeit	51
5.1 Inhalt und Vorgehen	51
5.1.1 Verkehrstechnische Prüfung.....	51
5.1.2 Bautechnische Machbarkeit und Kosten.....	51
5.2 Variante durchgehende Busspuren (Variante 0+).....	53
5.2.1 Vorbemerkungen.....	53
5.2.2 Verkehrstechnische Machbarkeit	53
5.2.3 Sensitivitätsprüfung	55
5.2.4 Fazit	55

5.3	Basisausbau	57
5.3.1	Vorbemerkungen	57
5.3.2	Verkehrstechnische Beurteilung des Referenzzustandes 2040	57
5.3.3	Verkehrstechnische Machbarkeit Basisausbau	59
5.3.4	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	59
5.3.5	Fazit.....	65
5.4	Variante Fluhmühlebrücke.....	67
5.4.1	Vorbemerkungen	67
5.4.2	Verkehrstechnische Machbarkeit	67
5.4.3	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	69
5.4.4	Fazit.....	69
5.5	Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (VP _{optimiert})	71
5.5.1	Vorbemerkungen	71
5.5.2	Verkehrstechnische Machbarkeit	71
5.5.3	Sensitivitätsanalyse: Verzicht auf durchgehende Busspuren	73
5.5.4	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	73
5.5.5	Fazit.....	73
5.6	Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke	75
5.6.1	Vorbemerkungen	75
5.6.2	Verkehrstechnische Machbarkeit	75
5.6.3	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	75
5.6.4	Fazit.....	75
5.7	Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg.....	77
5.7.1	Vorabklärungen	77
5.7.2	Verkehrstechnische Machbarkeit	77
5.7.3	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	79
5.7.4	Fazit.....	83
5.8	Variante Spange Nord lang	85
5.8.1	Vorbemerkungen	85
5.8.2	Variante Mitte	85
5.8.3	Verkehrstechnische Machbarkeit der Variante Spange Nord lang.....	87
5.8.4	Bautechnische Machbarkeit und Kosten	89
5.8.5	Fazit.....	91
5.9	Zusammenfassung der Ergebnisse der Machbarkeitsabklärungen	93
6	Ergebnisse der Phase 3: Variantenbewertung	95
6.1	Vorbemerkungen	95
6.2	Kosten-Nutzen-Analyse	95
6.3	Kosten-Wirksamkeits-Analyse.....	97
6.4	Sensitivitätsanalyse Verkehrsnachfrage	101
6.5	Sensitivitätsanalyse Gewichtungen	103
6.6	Zusammenstellung der Ergebnisse	105
7	Gesamtbeurteilung und Empfehlungen	107
7.1	Vergleich zwischen Basisausbau und Variante Fluhmühlebrücke.....	107
7.2	Wirkung der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz	109
7.3	Effekte des Verzichts auf die Fluhmühlebrücke bei einer Spange Nord kurz	109
7.4	Empfehlungen.....	111
	Abkürzungsverzeichnis	113
	Quellenverzeichnis.....	115

Anhänge 117**Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Titelbild: Übersicht Variantenfelder der ZMB Phase 1.....	1
Abb. 2: Bisher geplantes «Vorprojekt optimiert» der Spange Nord mit Gesamtsystem Bypass (Quelle: www.bypasslu.ch).....	16
Abb. 3: Ablauf der Zusatzabklärungen (ZA) als Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB).....	18
Abb. 4: Projektorganisation	20
Abb. 5: Modellgebiet KVM-LU	22
Abb. 6: Inputdaten kantonales Verkehrsmodell (KVM)	22
Abb. 7: Zusammenhang Ist-Nachfrage und nachfrage- bzw. angebotsorientierte Nachfrage.....	24
Abb. 8: Vorgehen nachfrageorientierte Prognose.....	26
Abb. 9: Raum-, Achsen- und Zentrenstruktur	26
Abb. 10: Teilgebiet (rot) für Auswertung der lokalen Nachfragewirkung.....	28
Abb. 11: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für den Hirschengraben.....	30
Abb. 12: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für den Rosenberg (Friedentalstrasse)	30
Abb. 13: Verkehrsentwicklung auf der Seebrücke 2008-2018 [1].....	30
Abb. 14: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für die Seebrücke	30
Abb. 15: Bedeutung der Schwachstellen öV	32
Abb. 16: Veränderungen durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten öV im Vergleich 2011 bis 2018, ASP	32
Abb. 17: Nachhaltige Entwicklung, Definition [2].....	34
Abb. 18: Untersuchungssperimeter.....	40
Abb. 19: Übersicht Auswahl charakteristische Variantenkombinationen in den Variantenfamilien	40
Abb. 20: Übersicht Variante Spange Mitte (Quelle: [3]) (Ergänzungen in blau: Dreilindentunnel Durchgangsbahnhof Luzern sowie Bypass Luzern).....	44
Abb. 21: Vorauswahl für Phase 2.....	48
Abb. 22: Massgebende Knoten für die Leistungsfähigkeitsberechnungen	50
Abb. 23: Ausdehnung der durchgehenden Busspuren	52
Abb. 24: Strassennetz Referenzzustand 2040 mit den Elementen des Projekts Bypass Luzern (in Farbe)	56
Abb. 25: Massnahmenbereiche (in blau) für den Basisausbau im Referenzzustand 2040	58
Abb. 26: Anpassung Verkehrsregime und Ausbauten am Kasernenplatz, Basisausbau	58
Abb. 27: Einfahrtsrampe Stadtautobahn (Blickrichtung Autobahn).....	60
Abb. 28: Umbau Knoten Kreuzstutz – Knoten mit LSA-Betrieb, Basisausbau	60
Abb. 29: Auszug kantonales Denkmalverzeichnis und Bauinventar Bereich Baselstrasse, https://www.geo.lu.ch/map/kulturdenkmal/ (online: 20.06.2019).....	60
Abb. 30: Schlossberg und Friedentalstrasse im Abschnitt Knoten Sedelstrasse – Schlossberg, Basisausbau (oben: Variante mit Beibehaltung Kreisel Rosenberg; unten: Variante Einbahnregime).....	62
Abb. 31: Massnahmen Basisausbau, Übersicht	64
Abb. 32: Skizze der Variante Fluhmühlebrücke aus Phase 1	66
Abb. 33: Übersicht Variante Fluhmühlebrücke.....	68
Abb. 34: Fluhmühlebrücke mit Anschluss Luzern-Lochhof (blau: Drittprojekt ASTRA, ohne Detailanpassungen).....	68
Abb. 35: Übersicht Variante VP _{optimiert}	70
Abb. 36: Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke» (blau: Drittprojekt ASTRA, ohne Detailanpassungen).....	74

Abb. 37: Lösungsansätze für den Tunnel Rosenberg	76
Abb. 38: Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg (Untervariante «Tunnel Rosenberg Tagbau»).....	78
Abb. 39: Tunnel Rosenberg Tagbau	78
Abb. 40: Tunnel Rosenberg Tagbau mit Gabeltunnel am Knotensystem Schlossberg	80
Abb. 41: Tunnel Rosenberg mit Anschluss Schlossberg Nord	80
Abb. 42: Kreisel Schlossberg	80
Abb. 43: Tunnel Rosenberg bergmännisch (Situation und Längenprofil)	82
Abb. 44: Variante Spange Nord lang.....	84
Abb. 45: Übersicht Variante «Spange Mitte» (Quelle: [3]) (blau: Ergänzung Bypass Luzern und Dreilindentunnel Durchgangsbahnhof Luzern).....	84
Abb. 46: Übersicht Generelles Projekt Nordtangente Luzern 1984 (Quelle: [4])	88
Abb. 47: Vollanschluss Schlossberg gemäss Projekt Nordtangente Luzern 1984 (Quelle [4])	88
Abb. 48: Portalzone Urnerhof, Variante Spange Nord lang	88
Abb. 49: Portalzone Verkehrshaus, Variante Spange Nord lang	90
Abb. 50: Übersicht der Varianten als Ergebnis der Phase 2 ZMB	92
Abb. 51: Übersicht der charakteristischen Varianten für die Bewertung in der Phase 3 ZMB.....	94
Abb. 52: Nutzwertpunkte Gesamtbewertung bei Gleichgewichtung der Oberziele	96
Abb. 53: Kosten-Nutzen-Diagramm und Kostenwirksamkeit bei Gleichgewichtung der Oberziele	98
Abb. 54: Kostenwirksamkeit bei Gleichgewichtung, bzw. starker Gewichtung eines Oberziels	102
Abb. 55: Rangfolge der Varianten, je nach Fokus	104
Abb. 56: Massnahmenübersicht Basisausbau	106
Abb. 57: Belastungsdifferenzen (DTV 2040) durch die Fluhmühlebrücke im Vergleich zum Basisausbau (rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung).....	106
Abb. 58: Verkehrliche Effekte der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (Differenzplot DTV 2040; rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung)	108
Abb. 59: Verkehrliche Effekte der Fluhmühlebrücke (Differenzplot Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke im Vergleich zu ohne, DTV 2040; rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung)	108
Abb. 60: Empfohlene Variante Fluhmühlebrücke als Ergänzung zum Projekt Bypass Luzern (blau: Drittprojekt ASTRA Anschluss Luzern-Lochhof, ohne Detailanpassungen)	110
Abb. 61: Massnahmen im Bereich Rosenberg/Schlossberg (unabhängig vom Projekt Fluhmühlebrücke).....	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Veränderung der Nachfrage durch die vier Prognose-Anpassungsschritte in der ASP und MSP 2040.....	28
Tabelle 2: Wirkungsvergleich im Untersuchungsgebiet	30
Tabelle 3: Zielsystem und Indikatoren für die Phase 1	36
Tabelle 4: Bewertungsskala in der Phase 1	36
Tabelle 5: KNA-Indikatoren für die Phase 3.....	38
Tabelle 6: KWA-Indikatoren für die Phase 3	38
Tabelle 7: Grobbewertung charakteristische Variantenkombinationen.....	42
Tabelle 8: Zusammenfassung Detailbewertung	46
Tabelle 9: Verkehrsqualitätsstufen (gemäss VSS-40 022ff) für den motorisierten Individualverkehr.....	50

Tabelle 10: Verkehrsmengen und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Autobahnanschlüsse Variante 0+	52
Tabelle 11: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Kreisel Kreuzstutz Variante 0+	52
Tabelle 12: Verkehrsnachfrage 2040 im Untersuchungsgebiet für die Variante 0+	54
Tabelle 13: Verkehrsmengen und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Autobahnanschlüsse im Referenzzustand 2040	56
Tabelle 14: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg Referenzzustand 2040 mit bestehender Infrastruktur	56
Tabelle 15: Beurteilung Leistungsfähigkeit beim Anschluss Luzern-Zentrum sowie an den Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Referenzzustand 2040 mit Basisausbau	58
Tabelle 16: Kostenzusammenstellung Basisausbau (CHF)	62
Tabelle 17: Beurteilung Leistungsfähigkeit an den massgebenden Knoten im Prognosezustand 2040 ohne Bypass	62
Tabelle 18: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	66
Tabelle 19: Kostenzusammenstellung Variante Fluhmühlebrücke (CHF)	68
Tabelle 20: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante VP _{optimiert}	70
Tabelle 21: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante VP _{optimiert}	70
Tabelle 22: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren	72
Tabelle 23: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren	72
Tabelle 24: Kostenzusammenstellung Variante VP _{optimiert} (CHF)	72
Tabelle 25: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke	74
Tabelle 26: Kostenzusammenstellung Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke (CHF)	74
Tabelle 27: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren	78
Tabelle 28: Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren	78
Tabelle 29: Kostenzusammenstellung für die Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg, Untervariante Tagbau (CHF)	82
Tabelle 30: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord lang	86
Tabelle 31: Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse, Schlossberg und Verkehrshaus, Variante Spange Nord lang	86
Tabelle 32: Kostenzusammenstellung Variante Spange Nord lang (CHF)	90
Tabelle 33: Gesamtergebnisse der KNA	96
Tabelle 34: Nutzwertpunkte je Oberziel bei Gleichgewichtung	96
Tabelle 35: Verkehrsnachfrage im Untersuchungsgebiet (Stadt Luzern und angrenzende Teilgebiete von Emmen und Kriens) für die einzelnen Varianten	100
Tabelle 36: Ergebnisse der KNA bei reduzierter Verkehrsnachfrage	100
Tabelle 37: Innerstädtische Entlastungen durch die Variante Fluhmühlebrücke (DTV)	106
Tabelle 38: Wirkung der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (DTV)	108

Kurzfassung

Ausgangslage

Die Autobahnen A2 und A14 stossen im Raum Luzern immer mehr an ihre Kapazitätsgrenzen. Durch die Überlagerung der Stadtdurchfahrt mit dem regionalen und lokalen Ziel- und Quellverkehr führt diese Verkehrsbelastung bereits heute zu Überlastungen. Hinzu kommt das künftig prognostizierte Verkehrswachstum. Um einerseits die Kapazität zu erhöhen und andererseits das Stadtzentrum zu entlasten und den öffentlichen Verkehr zu fördern, wurde ab 2003 das Projekt Bypass Luzern initiiert und zu einem Nationalstrassenprojekt «Bypass Luzern» und zu einem Kantonsstrassenprojekt «Spange Nord und Massnahmen für den öffentlichen Verkehr» weiterentwickelt.

Das Gesamtsystem Bypass Luzern ist seit 2006 als Schlüsselmassnahme im Agglomerationsprogramm festgehalten und im Richtplan des Kantons Luzern verankert. Die Spange Nord, welche die Stadt Luzern über den neuen Anschluss Luzern-Lochhof im Norden anbindet, soll das Stadtzentrum vom motorisierten Individualverkehr entlasten und gleichzeitig Raum für den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr schaffen.

Das Projekt zur Spange Nord ist im Bauprogramm für die Kantonsstrasse 2019–2022 als Massnahme 146 «K 31, Luzern Spange Nord und Massnahmen für den öffentlichen Verkehr mit durchgehenden Busspuren im Bereich Kupferhammer (Kriens) bis Luzernerhof als Bestandteil Gesamtverkehrssystem Bypass Luzern, flankierende Massnahmen» enthalten. Es liegt als Vorprojekt vor (Stand 2016).

Der Kantonsrat hat Anfang Mai 2018 einen Kredit über 6,5 Millionen Franken für die weitere Planung des Spange-Nord-Projekts gesprochen. Zugleich hat er weitere Abklärungen gefordert. So sollen im Rahmen des Bauprojekts verschiedene Varianten der Linienführung, eine Untertunnelung im Abschnitt Knoten Sedelstrasse - Schlossberg oder der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke ebenfalls geprüft werden. Das Bauprojekt soll auch die Auswirkungen eines kompletten Verzichts auf die Spange Nord untersuchen, und es soll ein klares Informations- und Kommunikationskonzept geschaffen werden.

Aufgabenstellung und Zielsetzung der Zusatzabklärungen

Die Zusatzabklärungen liefern eine Übersicht über den Zweck, die Lösungserarbeitung und den Nutzen der Spange Nord für den Raum Luzern. Unter anderem wird eine Synthese der bisherigen Arbeiten einschliesslich der diversen Abklärungen zu Alternativen und deren Beurteilung bzw. begründetes Verwerfen erstellt. Hinzu kommt eine einheitliche und detaillierte Darstellung des Nutzens und der Auswirkungen aller Varianten sowie die verstärkte Projektkommunikation mit Einbezug verschiedener Interessensgruppen.

Die Zusatzabklärungen haben zum Ziel, das bestehende Projekt der Spange Nord und der Massnahmen für den öffentlichen Verkehr zu überprüfen und Alternativen dazu zu untersuchen. Dadurch soll auch der Nutzen des Projekts verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden können. Für die Zusatzabklärungen wurde die anerkannte Methode der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) mit drei Phasen gewählt: Phase 1 Variantenvorauswahl, Phase 2 Machbarkeitsabklärungen und Phase 3 Variantenbewertung.

Stellenwert des Berichts

Der vorliegende Bericht fasst die früheren Arbeiten im Rahmen der Erarbeitung des Vorprojekts für die Spange Nord und die zusätzlichen Abklärungen zu Alternativen und deren Beurteilung bzw. begründetes Verwerfen zusammen. Die Synthese ist ein wesentlicher Bestandteil der Zusatzabklärungen und soll einen verständlichen Überblick über Zielsetzung, Lösungserarbeitung und Nutzen des Projektes für Luzern schaffen.

Verkehrsgrundlagen und Analyse der Verkehrssituation

Um zu ermitteln, welche verkehrlichen Wirkungen die Varianten aus der ersten Phase der ZMB haben, wurde auf das Verkehrsmodell, das im Ausführungsprojekt Bypass Luzern 2015/2040 verwendet wurde, zurückgegriffen. Parallel dazu wurde ein aktualisiertes und verfeinertes Modell 2017/2040 aufbereitet, welches in den Phasen 2 und 3 zum Einsatz kam.

Die Summe des Quell-/Zielverkehrs im Untersuchungsraum (Zentrum und nördlicher Teil der Stadt Luzern) verteilt sich auf verschiedene Zufahrtsachsen. Der Quell-/Zielverkehr macht bezogen auf den Untersuchungsraum 41 % aus, währenddem der Durchgangsverkehr einen Anteil von 59 % aufweist.

Zielsystem und Bewertungsmethodik

Aus den Zielsetzungen der Zusatzabklärungen wird ein umfassendes Zielsystem, bestehend aus Teilzielen und deren Indikatoren, erstellt. In der Phase 1 werden die Varianten mit einem vereinfachten Zielsystem anhand einer Vergleichswertanalyse beurteilt. Die Vergleichswertanalyse basiert auf dem Vergleich mit dem Referenzzustand (Zustand 2040 mit Bypass, ohne weitere Massnahmen am Netz). Für die Phase 3 wird ein detailliertes Zielsystem angewendet, das Kriterien für die monetarisierbaren Indikatoren und für die Nutzenfunktionen enthält.

Variantenfächer und Vorauswahl

In der Phase 1 der ZMB wird der Fächer der Varianten nochmals vollständig geöffnet, damit allfällige Alternativlösungen zum Erreichen der Projektziele erfasst werden. Einerseits werden aus den vorhandenen Grundlagen zum Bypass Luzern bzw. den bereits durchgeführten Arbeiten zur Spange Nord die verschiedenen Varianten der Spange Nord zusammengetragen und mit einzelnen neuen Kombinationen ergänzt. Andererseits werden bereits vorhandene, aber auch neue, alternative Ansätze in den Variantenfächer aufgenommen.

Nach einer ersten Grobbewertung wird der Variantenfächer auf die grundsätzlich zielführenden Lösungsansätze eingegrenzt. Aus den verbleibenden Varianten werden in einer Vergleichswertanalyse die erfolgversprechendsten Varianten ermittelt, die in der Phase 2 der ZMB vertieft werden. Dabei ergeben sich 10 Varianten, die wie folgt gruppiert werden können:

- Variante 0+, in der nur die Umsetzung der durchgehenden Busspuren¹ berücksichtigt wird. Diese Variante stellt einen methodischen Eckpfeiler innerhalb des Variantenspektrums dar, welcher die Auswirkungen des Verzichts auf die Spange Nord aufzeigt.
- Varianten mit einer Spange Nord kurz (Anbindung im Bereich Schlossberg oder Spitalstrasse), mit verschiedenen Linienführungen sowie einer Untervariante des Tunnels Rosenberg.
- Varianten mit einer Spange Nord lang (Anbindung im Bereich Schlossberg sowie an die Haldenstrasse).
- Variante Fluhmühlebrücke ohne Spange Nord, aber mit Inbetriebnahme des Anschlusses Luzern-Lochhof.

Für die Varianten mit Spange Nord werden jeweils Untervarianten mit und ohne Fluhmühlebrücke betrachtet. Nicht weiterverfolgt werden die Varianten eines Tunnels unter oder einer Brücke über den Rotsee, eines Musegg隧ns und eines Seetunnels zwischen der Haldenstrasse und Kriens. Diese Varianten sind technisch oder baulich nicht machbar oder erfüllen die Zielsetzungen nicht.

¹ Die Massnahmen für den öV sind gemäss Bauprogramm für die Kantonsstrassen als durchgehenden Busspuren im Bereich Kupferhammer (Kriens) bis Luzernerhof definiert. Der Begriff «Durchgehende Busspuren» im vorliegenden Synthesebericht bezieht sich immer auf diesen Bereich.

Ergebnisse der Machbarkeitsabklärungen

Die Machbarkeitsabklärungen umfassen die verkehrstechnische Prüfung der Leistungsfähigkeit und die bautechnische Machbarkeit inkl. Kostenschätzung für die in der Phase 1 ausgewählten Varianten.

Die verkehrstechnische Prüfung der Variante 0+ zeigt auf, dass die Funktionalität des Verkehrsnetzes im Anschlussbereich Luzern-Zentrum für die Nachfrage 2040 nicht gegeben ist. Die separaten Busspuren und der damit verbundene Spurabbau für den MIV auf der Hauptachse durch die Stadt führen zu einer Verkehrsverlagerung, welche die Verkehrsqualität am bereits kritischen Autobahnanschlussknoten Luzern-Zentrum inkl. Kasernenplatz zusätzlich verschlechtert. Weiter sind der Knoten Kreuzstutz inkl. Spitalstrasse und der Schlossberg einschliesslich Friedentalstrasse bis zur Sedelstrasse überlastet. Die Weiterentwicklung der Variante 0+ hin zu einer funktionsfähigen Lösung ist mit den Verkehrsmengen gemäss Referenzzustand nicht möglich. Auch eine ergänzende Betrachtung mit reduzierter Nachfrage für die Variante 0+ ändert nichts an dieser Einschätzung. Anstelle der Variante 0+ wurden deshalb Massnahmen für einem Basisausbau erarbeitet, mit dem der Referenzzustand 2040 mit Bypass, jedoch ohne Anschluss Lochhof und ohne durchgehende Busspuren, funktionsfähig wird.

Der **Basisausbau** des kantonalen Strassennetzes als Ergänzung zum Bypass Luzern (Referenzzustand) umfasst Ausbauten entlang der Friedentalstrasse zwischen der Einmündung Sedelstrasse und dem Kreisel Rosenberg, am Schlossberg, am Knoten Kreuzstutz, bei der Spitalstrasse und beim Kasernenplatz. Der Kasernenplatz kann leistungsfähig gestaltet werden, jedoch mit ungünstigeren Bedingungen für den öV und den Fussverkehr. Die Autobahneinfahrt Luzern-Zentrum bleibt weiterhin überlastet, wobei die Situation mit den vorgesehenen Massnahmen verbessert werden kann. Der Knoten Kreuzstutz bleibt trotz des Ausbaus und der LSA-Steuerung vollständig ausgelastet. Entlang der Friedentalstrasse bis zum Schlossberg kann mit den Ausbaumassnahmen eine deutliche Verbesserung erreicht werden, welche insbesondere den Busbetrieb stärkt. Die Kosten für den Basisausbau belaufen sich auf rund 85 Mio. Franken.

Die Variante **Fluhmühlebrücke** ermöglicht ein funktionsfähiges Verkehrsnetz. Gegenüber dem Referenzzustand werden durch die Fluhmühlebrücke und den Anschluss Luzern-Lochhof der südliche Abschnitt der Baselstrasse inklusive des Knotens Kreuzstutz und das Knotensystem Anschluss Luzern-Zentrum entlastet, so dass die Verkehrsmengen mit der bestehenden Infrastruktur verarbeitet werden können. Im Bereich Schlossberg/ Rosenberg sind zur Sicherstellung eines geordneten Verkehrsflusses und Busbetriebs die gleichen Massnahmen wie im Basisausbau umzusetzen. Die Kosten belaufen sich auf rund 85 Mio. Franken.

Mit dem bisherigen Projekt **«Vorprojekt optimiert»** (Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren) kann ein Zustand hergestellt werden, bei welchem die Leistungsfähigkeit der massgebenden Knoten ausreichend und die Funktionalität des Verkehrsnetzes gegeben ist. Entlang der Achse Friedentalstrasse vom Knoten Schlossberg bis zum Anschluss Luzern-Lochhof sind die Belastungen hoch, so dass trotz der Knotenausbauten die Leistungsfähigkeit für einzelne Verkehrsströme vollständig ausgeschöpft wird. Die Gesamtkosten betragen 200 Mio. Franken bzw. 185 Mio. Franken, wenn auf die durchgehenden Busspuren im Stadtzentrum verzichtet wird.

Wenn die Variante **Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke** realisiert wird, ergeben sich gegenüber dem Zustand mit Fluhmühlebrücke vor allem Mehrbelastungen auf einzelnen Abschnitten entlang der Baselstrasse. Damit dieser Mehrverkehr beim Anschluss Luzern-Zentrum verarbeitet werden kann, sind die gleichen Ausbaumassnahmen umzusetzen wie im Basisausbau. Die Kosten belaufen sich auf 170 Mio. Franken bzw. 155 Mio. Franken, wenn auf die durchgehenden Busspuren im Stadtzentrum verzichtet wird.

Mit der **Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg** ergibt sich beim Anschluss Luzern-Lochhof eine ungünstigere Verteilung des Verkehrs. Die führt dazu, dass der Anschluss sehr stark ausgelastet ist und der Verkehr teilweise auf der Brücke zurückgehalten werden muss, um einen Rückstau auf die Autobahn zu verhindern. Im Bereich Schlossberg ergibt sich durch den Anschluss des Tunnels Rosenberg eine sehr hohe Verkehrsbelastung mit teilweise überlasteten Knoten. Weiter zeigt sich, dass trotz des Tunnels Rosenberg die verbleibenden Verkehrsmengen auf der Friedentalstrasse im Abschnitt zwischen Schlossberg und Spitalstrasse weiterhin so hoch sind, dass keine massgebende Reduktion der Verkehrsfläche möglich ist. Mit dem Tunnel Rosenberg ergeben sich Gesamtkosten von 325 Mio. Franken bzw. 310 Mio. Franken, wenn auf die durchgehenden Busspuren im Stadtzentrum verzichtet wird.

Bei der Variante **Spange Nord lang** ist die Verkehrsbelastung im zusätzlichen Tunnel von/zur Haldenstrasse mit rund 14'000 Fahrzeugen/Tag relativ tief. Entlang der Haldenstrasse ergibt sich eine Verkehrsabnahme von rund 20 % gegenüber 2017 und damit eine deutliche Verbesserung der Verkehrssituation auf der Haldenstrasse und auf dem Schweizerhofquai. Der Bereich Schlossberg/Rosenberg muss ausgebaut werden, um einen stabilen Verkehrsfluss und Busbetrieb sicherstellen zu können. Die Gesamtkosten der Variante Spange Nord lang belaufen sich auf 920 Mio. Franken. In dieser Variante bilden die durchgehenden Busspuren im Stadtzentrum einen Projektbestandteil.

Ergebnisse der Variantenbewertung

Methodisch wird eine Variante immer dem sogenannten Vergleichsfall gegenübergestellt. Als Vergleichsfall gilt der Zustand mit Bypass Luzern und Basisausbau, der ein funktionsfähiges Gesamtsystem darstellt. Die Bewertung erfolgt in einer Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) mit 11 Indikatoren und in einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA). Weil eine Vielzahl an Wirkungen nicht monetär abgebildet werden können, wird ergänzend zur KNA die KWA durchgeführt. Die KWA umfasst insgesamt 13 Indikatoren, welche den drei Nachhaltigkeitsgruppen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt zugeordnet werden können.

Dabei wird die Wirkung jedes Indikators mittels einer Nutzenfunktion in Nutzwertpunkte (-3 bis +3) überführt und zusätzlich mit einer Betroffenheit (0 bis 5) gewichtet.

Die KNA führt zu folgendem Gesamtergebnis:

- Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) weist mit grossem Abstand das höchste Nutzen-Kosten-Verhältnis von 33.92 auf.
- Die beiden Varianten ohne durchgehende Busspuren (Spange Nord kurz und Spange Nord mit Tunnel Rosenberg) erreichen ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 8.34 bzw. 4.83 und liegen im Mittelfeld.
- Die Varianten mit durchgehenden Busspuren (Spange Nord kurz mit und ohne Fluhmühlebrücke und Spange Nord lang) weisen ein negatives oder ein ungenügendes (<1.0) Nutzen-Kosten-Verhältnis auf.

Die durchgeführte Sensitivitätsanalyse bezüglich Verkehrswachstum zeigt auf, dass die Rangfolge der Varianten unverändert bleibt, wenn angenommen wird, dass kein Verkehrswachstum gegenüber 2017 stattfinden wird.

Betrachtet man in einem ersten Schritt die aufsummierten Nutzwertpunkte (gleichgewichtet), so fällt auf, dass bis auf die Variante Spange Nord lang (mit durchgehenden Busspuren) sämtliche Varianten gesamthaft positive Nutzwertpunkte erreichen. Die bisherige Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP_{optimiert}) weist einen ähnlichen Nutzensaldo wie die Varianten Fluhmühlebrücke und Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke auf. Dage-

gen schneiden die Varianten ohne durchgehende Busspuren signifikant besser ab. Die Punktezahl ist jedoch auch bei diesen Varianten, bezogen auf die maximal möglichen +15 Punkte, klein.

In der KWA wird die Gewichtung der Oberziele variiert. Wenn man den Fokus auf eines der drei Oberziele (Indikatorengruppen) legt und jeweils eines davon mit 60 % gewichtet (und die anderen beiden mit je 20 %), so ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse.

Bei einer starken Gewichtung der Gesellschaftsindikatoren schneiden grundsätzlich alle Varianten positiv ab. Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) verbleibt jedoch klar im Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis auf dem ersten Platz. Die Variante Spange Nord lang (mit durchgehenden Busspuren) verbleibt wegen der sehr hohen Kosten auf dem letzten Platz.

Bei einer starken Gewichtung der Wirtschaftsindikatoren, in welchen insbesondere die Indikatoren wie Reisezeiten und Erreichbarkeit im Fokus stehen, liegt wiederum die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) vorne, gefolgt von den beiden Varianten Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren. Hingegen schneiden die drei Varianten mit den durchgehenden Busspuren schlecht ab bzw. erreichen gesamthaft keine positiven Nutzwertpunkte.

Bei einer starken Gewichtung der Umweltindikatoren schneidet die Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren am besten ab, da sich bei ihr die positiven Ergebnisse der Umweltindikatoren verstärken. Alle anderen Varianten schneiden leicht positiv bis leicht negativ ab.

Auf der Grundlage der durchgeführten KNA und KWA kann eine Rangfolge der Varianten erstellt werden. Die Variante auf dem ersten Rang stellt die Bestvariante dar, wobei diese je nach Schwerpunkt der Gewichtung (KWA) oder der Bewertungsart (KWA oder KNA) ändern kann.

Die Ergebnisse der KNA- und der KWA-Bewertung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Variante Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren schneidet in vier von fünf Betrachtungen am besten ab. Sie kostet nicht nur am wenigsten, sondern bringt volkswirtschaftlich im Bezug zu ihren Kosten das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis.
- Die Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke schneidet in der Gesamtbilanz bei der KNA und der KWA am zweitbesten ab, wenn man auf die im bisherigen Projekt vorgesehenen, durchgehenden Busspuren verzichten würde. Wenn die positiven Aspekte einer Spange Nord kurz genutzt werden sollen, dann kommt die Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und ohne durchgehende Busspuren in Betracht. Wenn die durchgehenden Busspuren unbeachtet von den Folgewirkungen implementiert werden, rutscht die Variante mehrheitlich auf den vierten oder fünften Platz und vermag lediglich bei den gesellschaftlichen Indikatoren zu überzeugen.
- Die Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke schneidet in vier von fünf Bewertungen schlecht ab, weil die Nutzen auf dem Strassennetz westlich der Reuss wegfallen.
- Die Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren kommt in keiner Bewertung über den 3. Rang hinaus und stellt keine adäquate Alternative zur ursprünglichen Lösung dar. Der Mehrnutzen der Tunnellösung ist gering und rechtfertigt die hohen Zusatzkosten gegenüber der Spange Nord kurz mit offener Strassenführung im Bereich Rosenberg nicht.
- Die Variante Spange Nord lang (mit durchgehenden Busspuren) liegt in der KWA immer auf dem letzten Rang, in der KNA auf dem vierten Rang, jedoch mit einem schlechten Nutzen-Kosten-Verhältnis. Im Vergleich zu den hohen Investitionskosten können weder genügend hohe monetäre Nutzen noch Nutzwertpunkte generiert werden.

Ergänzend sind folgende Gesamtbetrachtungen von Bedeutung:

- Im Vergleich zur Variante Fluhmühlebrücke macht der Basisausbau erhebliche Eingriffe am Knoten Kreuzstutz und auf der Spitalstrasse sowie auf der Baselstrasse zwischen Kreuzstutz und Kasernenplatz nötig. Dennoch liegt die Auslastung in diesen Bereichen weiterhin an der kritischen Grenze, im Gegenzug kann auf den Bau der Fluhmühlebrücke verzichtet werden.
- Gegenüber dem Basisausbau, der nur der Funktionalität des bestehenden Strassennetzes dient, bringt die Variante Fluhmühlebrücke eine Entlastung auf der Nord-Süd-Verbindung durch die Stadt. Auf der Baselstrasse führt diese Entlastung zu einer erheblichen Verbesserung der Lärmsituation, der Wohnlichkeit und der Bedingungen für den öV sowie den Fuss- und den Veloverkehr. Die Inbetriebnahme des Anschlusses Luzern-Lochhof mit der Fluhmühlebrücke führt zu einer Entlastung der übrigen Autobahnanschlüsse. Dies kommt insbesondere den regionalen und überregionalen Verkehrsbeziehungen mit der Stadt Luzern zu Gute. Damit verbunden sind leichte Reisezeitverkürzungen bzw. eine verbesserte Erreichbarkeit des Kantonszentrums. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich, dass die Variante Fluhmühlebrücke deutliche Mehrwerte gegenüber dem Basisausbau bringt, der praktisch die gleichen Kosten verursacht. Weiter spricht die Redundanz der Autobahnanschlüsse klar für die Variante mit Fluhmühlebrücke.
- In der Variante Spange Nord kurz führen die durchgehenden Busspuren zwar zu einer Entlastung der innerstädtischen öV-Achsen und somit zur Möglichkeit der öV-Beschleunigung, gleichzeitig aber zu Ausweichverkehr und Umwegfahrten und damit zu einer Zunahme der Reisezeiten, d.h. zu negativen Nutzen bei den Reisezeitersparnissen und den Betriebskosten für Fahrzeuge. Diese Betrachtungen bestätigen, dass die vollständige Umwidmung von zwei MIV-Spuren zugunsten durchgehender Busspuren kein Gesamtoptimum darstellt. Falls eine Spange Nord als tangentielle Verbindung zwischen der Hauptstrasse (K 13) und dem Schlossberg mit ihren Vorteilen erwogen würde, müsste aus den beiden Eckvarianten eine weiterentwickelte Variante mit angepassten Bevorzugungsmassnahmen für den öV und einer vertretbaren volkswirtschaftlichen Bilanz erarbeitet werden.
- Der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke führt in der Variante Spange Nord kurz zu einer noch stärkeren negativen Bilanz bei den Reisezeitgewinnen, da eine Durchbindung der Spange zu den westlich der Reuss liegenden Strassen fehlt und zudem der Anschluss Luzern-Lochhof nur von Osten her genutzt werden kann. Insgesamt ergibt sich eine geringere Nutzung der Spange Nord, wodurch auch die Entlastung im übrigen Netz geringer ausfällt. Im Gegenzug führt dies in der KWA zu einer verbesserten Bewertung bei den lärmbelasteten Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten sowie bei den bautechnischen Risiken und der Beeinträchtigung von Gewässern. Der (positive) Saldo der Nutzwertpunkte ist jedoch leicht tiefer als in der Variante mit Fluhmühlebrücke. Insgesamt führt der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke dazu, dass ein gewisses Verlagerungspotenzial des Infrastrukturausbaus nicht aktiviert werden kann. Diese Schlussfolgerung gilt analog, wenn die Varianten ohne durchgehende Busspuren betrachtet werden.

Empfehlungen

Aus dem methodischen Variantenvergleich und den vorstehenden Beurteilungen ergeben sich die folgenden fachlichen Empfehlungen als Ergebnis der ZMB:

- Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) stellt die Bestvariante dar, um das Projekt Bypass Luzern zu ergänzen. Sie kostet am wenigsten und weist das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis auf. Zudem ergibt sich ein positiver Saldo der Nutzwertpunkte.
- Bei der Weiterbearbeitung der Variante Fluhmühlebrücke sind die Planung des Brückenbauwerks und die Erarbeitung von flankierenden Massnahmen zur öV-Bevorzugung (ins-

besondere auf der Achse Obergrundstrasse-Hirschengraben-Baselstrasse) als besondere Schwerpunkte zu formulieren.

- Der Basisausbau führt zu bedeutenden Eingriffen beim Knoten Kreuzstutz inkl. Spitalstrasse, auf der Baselstrasse und am Kasernenplatz, ohne dass im Strassennetz auf Stadtgebiet Verkehrsentlastungen entstehen.
- Die Spange Nord kurz steht nicht im Vordergrund, da sie mit den durchgehenden Busspuren für sich allein keine volkswirtschaftlich ausgewogene Lösung darstellt. Der Nutzen der durchgehenden Busspuren ist zudem begrenzt, weil damit keine wesentliche städtebauliche Aufwertung erfolgt.
- Die Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke ist zu verwerfen, weil sie volkswirtschaftlich die schlechteste Lösung darstellt.
- Die Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg soll nicht weiterverfolgt werden, weil der zusätzliche Nutzen gering ist im Vergleich zu den Mehrkosten.
- Die Spange Nord lang ist zu verwerfen, weil den extrem hohen Kosten dieser Variante weder genügend hohe monetäre Nutzen noch positive Nutzwertpunkte gegenüberstehen.
- Im Knotensystem Schlossberg und auf der Friedentalstrasse im Bereich Rosenberg bestehen bereits heute Leistungsentpässe, die auch eine Schwachstelle für den öV und den Langsamverkehr bilden. Die im Strassenbauprogramm bereits vorgesehenen Projekte sollen deshalb unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorliegenden ZMB angepasst und unabhängig vom Projekt Fluhmühlebrücke bzw. Bypass Luzern erarbeitet und umgesetzt werden.



Abb. 2: Bisher geplantes «Vorprojekt optimiert» der Spange Nord mit Gesamtsystem Bypass (Quelle: www.bypasslu.ch)

1 Aufgabe und Vorgehensmethodik

1.1 Ausgangslage

Die Autobahnen A2 und A14 stossen im Raum Luzern immer mehr an ihre Kapazitätsgrenzen. Durch die Überlagerung der Stadtdurchfahrt mit dem regionalen und lokalen Ziel- und Quellverkehr führt diese Verkehrsbelastung bereits heute zu Überlastungen. Hinzu kommt das künftige prognostizierte Verkehrswachstum. Um einerseits die Kapazität zu erhöhen und andererseits das Stadtzentrum zu entlasten und den öffentlichen Verkehr zu fördern, wurde ab 2003 das Projekt Bypass Luzern initiiert und zu einem Nationalstrassenprojekt «Bypass Luzern» und zu einem Kantonsstrassenprojekt «Spange Nord und Massnahmen für den öffentlichen Verkehr» weiterentwickelt.

Das Nationalstrassenprojekt «Bypass Luzern» sieht einen neuen Tunnel-Bypass zwischen den Gebieten Ibach in Luzern Nord und Grosshof in Kriens vor. Das Projekt stellt nicht nur die Leistungsfähigkeit auf dem Nationalstrassennetz sicher, sondern leistet auch einen Beitrag zur Lösung der Gesamtverkehrsprobleme der Agglomeration und der Stadt Luzern. Die heutige A2 zwischen der Verzweigung Rotsee und dem Autobahn-Anschluss Luzern-Kriens wird zu einer Stadtautobahn umfunktioniert. Mit der Spange Nord, welche die Stadt Luzern im Norden über den neuen Anschluss Luzern-Lochhof ans Nationalstrassennetz anbindet, soll das Stadtzentrum vom motorisierten Individualverkehr entlastet werden. Gleichzeitig soll Raum für den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr (insbesondere im Bereich Baselstrasse, Spitalstrasse, Hirschengraben, Obergrundstrasse, Pilatusstrasse und Seebrücke mit Schweizerhofquai) geschaffen werden.

Das Gesamtsystem Bypass mit der Spange Nord (vgl. Abb. 2) ist seit 2006 im Richtplan des Kantons Luzern sowie als Schlüsselmassnahme im Agglomerationsprogramm Luzern enthalten. Es basiert auf strategischen Planungen und Abklärungen aus den Jahren 2000 bis 2006.

Das Projekt zur Spange Nord ist im Bauprogramm für die Kantonsstrasse 2019–2022 als Massnahme 146 «K 31, Luzern Spange Nord und Massnahmen für den öffentlichen Verkehr mit durchgehenden Busspuren im Bereich Kupferhammer (Kriens) bis Luzernerhof als Bestandteil Gesamtverkehrssystem Bypass Luzern, flankierende Massnahmen» enthalten. Es liegt als Vorprojekt vor (Stand 2016). Dieses diente als Grundlage zur Beantragung eines Sonderkredites für die weitere Planung.

Der Kantonsrat hat Anfang Mai 2018 einen Kredit über 6,5 Millionen Franken für die weitere Planung des Spange-Nord-Projekts gesprochen. Zugleich hat er weitere Abklärungen gefordert. So sollen im Rahmen des Bauprojekts verschiedene Varianten der Linienführung, eine Untertunnelung im Abschnitt Knoten Sedelstrasse - Schlossberg oder der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke ebenfalls geprüft werden. Das Bauprojekt soll auch die Auswirkungen eines kompletten Verzichts auf die Spange Nord untersuchen, und es soll ein klares Informations- und Kommunikationskonzept geschaffen werden.

Die Aufträge des Kantonsrats erfordern einen Marschhalt im Projekt und die Überprüfung der bereits erfolgten Planungen und Entscheide.

1.2 Zielsetzung der Zusatzabklärungen

Das Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement (BUWD) hat die Dienststelle Verkehr und Infrastruktur (vif) beauftragt, die vom Kantonsrat in Auftrag gegebenen Zusatzabklärungen vorzunehmen mit dem Ziel, das bestehende Projekt der Spange Nord und der Massnahmen für den öffentlichen Verkehr zu überprüfen und Alternativen dazu zu untersuchen.

Die Beurteilung der Lösung soll unter Berücksichtigung der bestehenden langfristigen Planungen

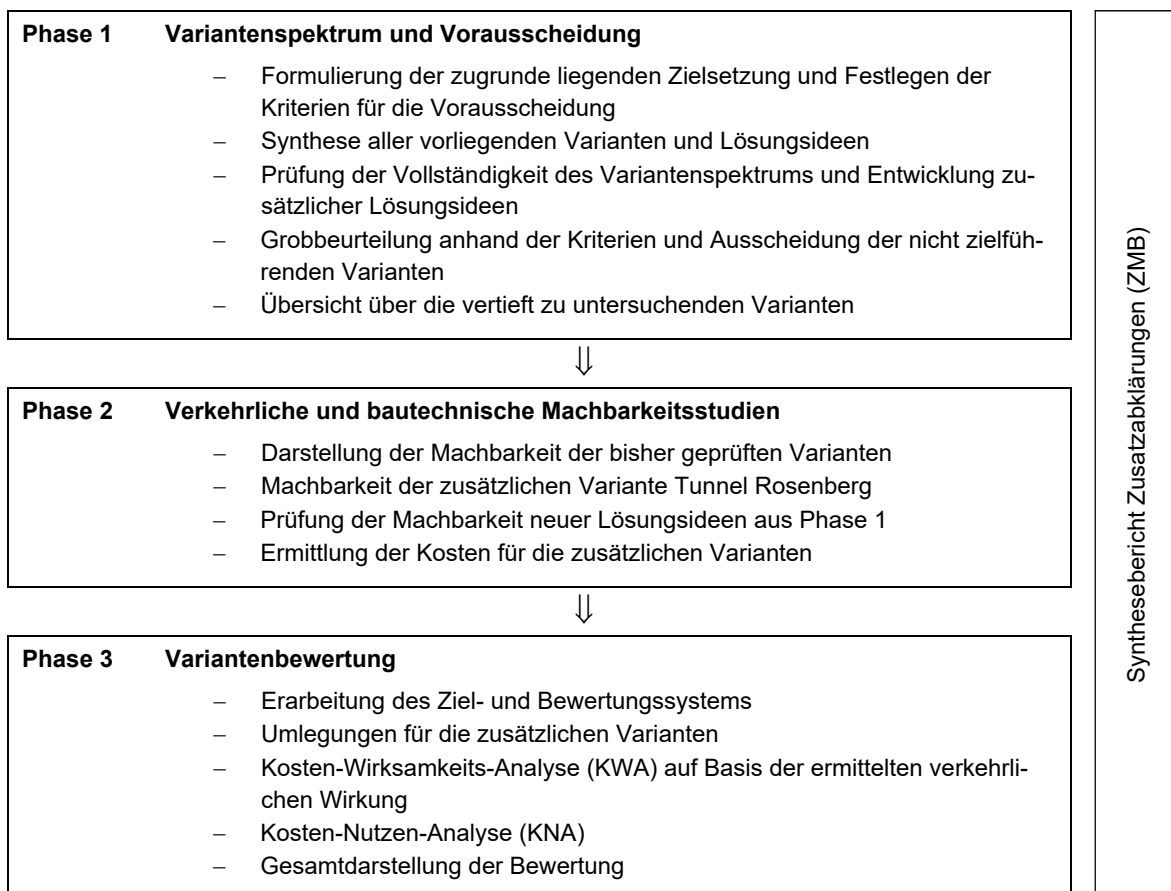


Abb. 3: Ablauf der Zusatzabklärungen (ZA) als Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB)

(Bauprogramm für die Kantonsstrassen, Agglomerationsprogramme) erfolgen und auch Auswirkungen auf diese aufzeigen.

Mit der Beantwortung dieser Fragestellung soll auch der Nutzen des Projekts verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden können. Der Nutzen der Spange Nord soll für sich allein zweckmässig und nachhaltig sein. Die bisherige Verknüpfung mit dem Bypass soll nicht im Vordergrund stehen (müssen).

1.3 Aufgabenstellung

Die Idee der Spange Nord wurde im Rahmen der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) für den Bypass Luzern konkretisiert und basiert auf der Möglichkeit zur Inbetriebnahme des bereits bestehenden Autobahnanschlusses Luzern-Lochhof. Als Bestandteil des übergeordneten Projekts wurden die Abklärungen dazu immer im grösseren Zusammenhang dargestellt, wodurch ein eigenständiger Überblick über Zweck, Lösungserarbeitung und Nutzen der Spange Nord für sich allein in den Unterlagen nicht ersichtlich ist.

Mit den Zusatzabklärungen soll diese Übersicht nun geschaffen werden. Die Aufgabe umfasst somit als wesentlichen Bestandteil die Synthese der bisherigen Arbeiten einschliesslich der diversen Abklärungen zu Alternativen und deren Beurteilung bzw. begründeten Verwerfen. Daneben wird nochmals unabhängig geprüft, ob alternative Lösungen möglich sind, welche die Zielsetzungen erfüllen. Schliesslich ist eine einheitliche und detaillierte Bewertung des Nutzens und der Auswirkungen aller Varianten, welche nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden müssen, vorzunehmen. Als Ergebnis dieser Bewertung werden eine oder mehrere Varianten zur weiteren Bearbeitung empfohlen.

1.4 Vorgehen

Um sicherzustellen, dass die Überprüfung systematisch durchgeführt wird und die Untersuchung von alternativen Lösungen lückenlos erfolgt, werden die Zusatzabklärungen nach der Methodik der Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) durchgeführt, die im Forschungsauftrag des Bundes «Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen» [5] erarbeitet wurde.

Die ZMB stellt heute die Standardform der Variantenstudie dar, um zur Empfehlung einer Bestvariante zu gelangen. Dabei ist jeweils die Null-Lösung (d.h. keine Bauvariante, also in diesem Fall Verzicht auf die Spange Nord) Bestandteil der Abklärungen.

Eine ZMB wird in drei Phasen erarbeitet:

- Phase 1: Variantenfächer und Vorauswahl
Ziel: Variantenfächer festlegen
- Phase 2: Verkehrliche und bautechnische Machbarkeitsstudien
Ziel: Technische Machbarkeit klären
- Phase 3: Variantenbewertung
Ziel: Bestvariante empfehlen

Der Ablauf ist in Abb. 3 dargestellt.

In der vorliegenden ZMB wurden parallel zur Phase 1 die Verkehrsgrundlagen und -prognosen aktualisiert, weil sie bereits im Rahmen des Vorprojekts Anlass zu Diskussionen gegeben hatten.

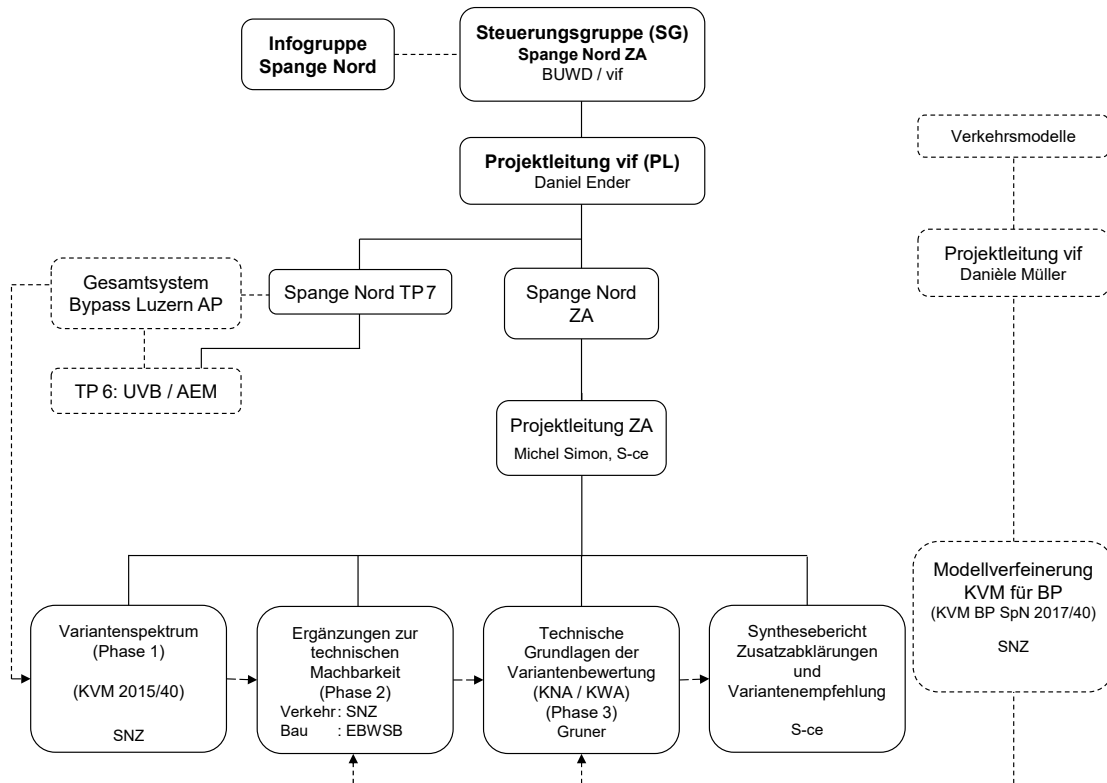


Abb. 4: Projektorganisation

1.5 Projektorganisation

Die Zusatzabklärungen werden durch mit der Methodik der ZMB vertraute Ingenieurbüros durchgeführt. Diese sind unabhängig von den bisherigen Planern der Spange Nord.

Die detaillierte Projektorganisation für die Zusatzabklärungen ist in Abb. 4 dargestellt.

1.6 Stellenwert des Syntheseberichts

Um die Gesamtübersicht über sämtliche Abklärungen zur Spange Nord und deren Alternativen herzustellen, werden die Ergebnisse aller Zusatzabklärungen im vorliegenden Synthesebericht dargestellt. Die im Rahmen des Vorprojekts erarbeiteten Lösungen werden in den einzelnen Kapiteln soweit dargestellt, wie sie für die Untersuchungen relevant sind.

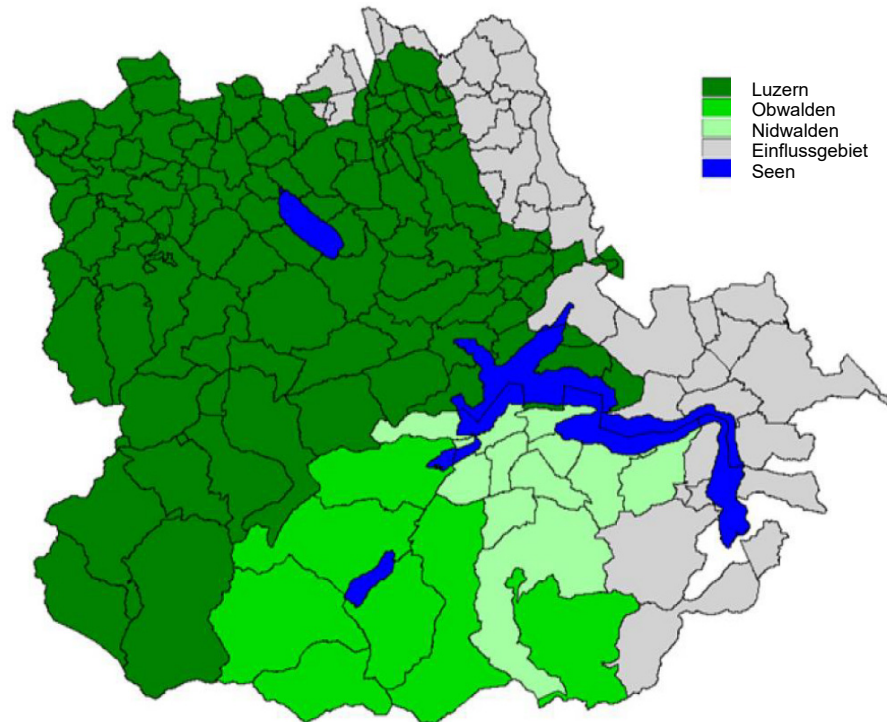


Abb. 5: Modellgebiet KVM-LU

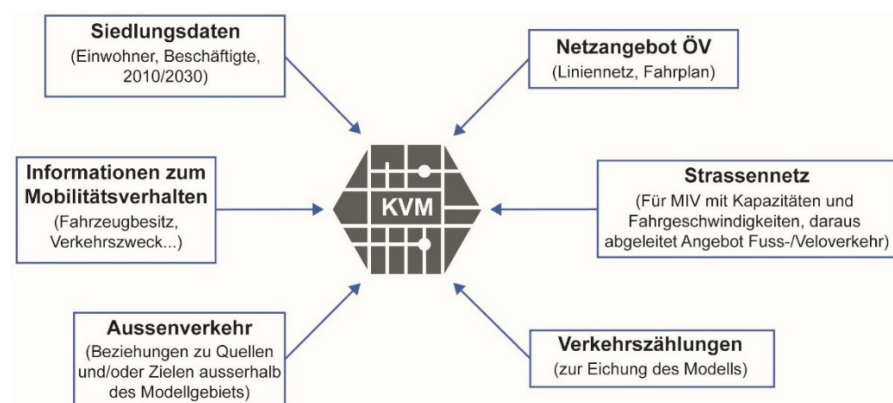


Abb. 6: Inputdaten kantonales Verkehrsmodell (KVM)

2 Verkehrsgrundlagen und Analyse der Verkehrssituation

2.1 Verwendete Verkehrsgrundlagen

Die Untersuchungen zur Spange Nord stehen im Zusammenhang mit dem Projekt Bypass Luzern. Dieses übergeordnete Projekt beseitigt den Engpass auf der A2 durch Luzern und auf den Zulaufstrecken, insbesondere auf der A14 im Rontal. Die Inbetriebnahme des Bypass Luzern führt zu einer grundsätzlichen Veränderung des Strassennetzes gegenüber dem heutigen Zustand. Um die Verkehrsbelastungen in diesem veränderten Strassennetz abzubilden, wird das kantonale Verkehrsmodell zu Hilfe genommen. Dabei werden neben den Netzveränderungen auch die Verkehrsentwicklungen abgebildet, die sich durch die erwartete Siedlungsentwicklung und die Mobilitätsveränderungen ergeben. Als Betrachtungshorizont wird das Jahr 2040 festgelegt, das nahe beim erwarteten Inbetriebnahmezeitpunkt des Bypasses (2036) liegt.

Die massgebenden Verkehrsgrundlagen (Prognosen) für die verkehrstechnischen Abklärungen und die Beurteilung der Wirkungen der einzelnen Varianten werden mit einem Verkehrsmodell ermittelt. Im Kap. 2.2 wird das verwendete Verkehrsmodell eingehend beschrieben.

2.2 Verkehrsmodell

Das kantonale Verkehrsmodell (KVM-LU) deckt den Kanton Luzern sowie die Kantone Obwalden und Nidwalden und weitere Einflussgebiete ab (s. Abb. 5). Es ist ein multimodales Nachfragemodell für den Personenverkehr. Die Inputdaten sind in Abb. 6 dargestellt. Die Modellierung erfolgt über vier Stufen: Verkehrserzeugung, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl und Routenwahl. Das Modell wird in regelmässigen Abständen aktualisiert und bei Bedarf verfeinert. In der ZMB wird für die Phase 1 auf die zu diesem Zeitpunkt verfügbare Modellversion zurückgegriffen. Für die Phasen 2 und 3 wird ein aktualisiertes Modell verwendet, das den aktuellen Stand abbildet.

Für die erste Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen der Varianten in der Phase 1 der ZMB wird auf die zu diesem Zeitpunkt aktuellste verfügbare Verkehrsmodellgrundlage zurückgegriffen: das Verkehrsmodell für das Ausführungsprojekt (AP) des Bypasses Luzern (Modell AP 2015/2040) mit den Zeithorizonten 2015 (Ist-Zustand) und 2040 (Prognosezustand). Es stellt eine Teilaktualisierung des vorangehenden Modells (mit den Zeithorizonten 2010 und 2030) dar.

Derzeit wird das KVM-LU grundlegend zu einem neuen Gesamtverkehrsmodell (GVM LU) weiterentwickelt. Dieses neue Modell wird jedoch erst im ersten Halbjahr 2020 operativ verfügbar sein, weshalb für die Beurteilung der Varianten in den Phasen 2 und 3 der ZMB eine verfeinerte und weiterentwickelte Version des Modells AP 2015/2040 mit Horizont 2017/2040 erarbeitet wurde (Modell 2017/2040). Dabei bezeichnet 2017 das Jahr des Ist-Zustands (insbesondere für die in der Kalibration verwendeten Verkehrszählungen und das Netzangebot) und 2040 des Prognosezustandes. Um den Aufwand für den Modellunterhalt in der Übergangsphase bis zum Vorliegen des neuen GVM in Grenzen zu halten, kommt bei allen Modellarbeiten der vif nur der Umlegungsteil MIV zum Einsatz. Die intermodalen Effekte werden mit Näherungsansätzen abgebildet, die in den Modellarbeiten für das Generelle Projekt (GP) des Gesamtsystems Bypass Luzern plausibilisiert wurden. Nachstehend werden die wesentlichen Elemente der Modellaktualisierung 2017/2040 beschrieben.

2.2.1 Vorgehen Modellaktualisierung 2017/2040

Für die Prognose wird ein vereinfachtes, aber fachlich anerkanntes Verfahren gewählt, welches zuerst die "unbeschränkte" Nachfragezunahme und danach die "allgemeine", und zuletzt die punktuell "beschränkte" Netzkapazität berücksichtigt.

Abb. 7 zeigt die grundsätzlichen Zusammenhänge auf. Das Verfahren sieht folgende Prognose-schritte, von der nachfrageorientierten Prognose bis zur bewältigbaren Verkehrsprognose, vor:

- a) Basis-Roh-Prognose aus Siedlungswachstum bis 2040 (Faktoren: spezifische Verkehrspotentiale, Modal Split, Besetzungsgrad usw.)
- b) Effizienzgewinne der Verkehrsinfrastruktur (z.B. Kapazitätsgewinn durch autonome Fahrzeuge)
- c) Nachfragereduktion im MIV auf Netzüberlastungen (Stichwort: Reduktion der MIV-Nachfrage bei steigender Fahrzeit mittels Elastizitätswerten)
- d) Berücksichtigung von kapazitätslimitierenden Abschnitten (Stichworte: Dosierungen, kapazitätsbeschränkende Knoten)

Der induzierte Neuverkehr, der auf den Ausbau des Strassennetzes (Infrastrukturausbau, betriebliche Massnahmen wie Busstreifen) bzw. auf die Reduktion der Reisezeiten zurückzuführen ist, wurde im Rahmen des GP Gesamtsystem Bypass Luzern mit Hilfe eines vier-Schritte-Modells ermittelt. Ein vier-Schritte-Modell umfasst ein Verkehrserzeugungs-, ein Zielwahl-, ein Verkehrsmittelwahl- und ein Routenwahlmodell. Die Zunahme der MIV-Nachfrage wird jedoch durch die verfügbare Strassenkapazität beschränkt. Insbesondere die Massnahmen für den öV reduzieren die Strassenkapazität. Es entsteht somit eine MIV-Verlagerung infolge Netzüberlastungen bzw. Reisezeitverluste. In der Nachfrageberechnung (d.h. in der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl) führen die längeren Reisezeiten im MIV kurzfristig zu zeitlichen Verlagerungen, zu einer Verlagerung von der Strasse auf andere Verkehrsmittel sowie zu anderen Zielen, bis hin zum Fahrtverzicht. Die Mehr- und Minderbelastungen stehen schliesslich im Gleichgewicht und liegen in der Grössenordnung der täglichen Schwankungen des Verkehrs, der Genauigkeit der Grundlagen, d.h. der Genauigkeit des Modells.

Infolge der geringen resp. sich gegenseitig kompensierenden Nachfrageveränderungen werden die Hauptergebnisse der ZMB für jede Variante mit der angebotsorientierten Basisprognose ohne zusätzlichen, durch einen Infrastrukturausbau induzierten Neuverkehr berechnet und beurteilt. So wird vermieden, dass die Variantenbewertung bzw. deren Begründung durch eine höhere Nachfrageprognose beeinflusst wird. Im Kap. 6.5 werden bei der Sensitivitätsanalyse der Ergebnisse die Bandbreite der Nachfrageveränderungen und deren Einfluss auf die Ergebnisse dargestellt.

Das MIV-Teilmodell besteht aus drei separaten Modellen für

- den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV, 0-24 Uhr, Mo-So)
- die durchschnittliche werktägliche Morgenspitzenstunde (MSP, 7-8 Uhr, Mo-Fr)
- die durchschnittliche werktägliche Abendspitzenstunde (ASP, 17-18 Uhr, Mo-Fr)

2.2.2 Modellaktualisierung Ist-Zustand 2017

Mit der Aktualisierung 2017/40 wurden gegenüber den vorhergehenden Modellversionen insbesondere die folgenden Verbesserungen vorgenommen:

Netzverfeinerung

Die Netzfeinheit und die Anbindungsichte der Zonen wurden erhöht, um eine bessere Verteilung der Verkehrserzeugung im Netz zu erreichen. Zudem wurden einzelne Knoten (insbesondere Schlossberg und Kasernenplatz, aber auch Seetalplatz (im Modell AP 2015 noch nicht enthalten und in 2040 als Prognose)) detaillierter abgebildet.

Abstimmung Widerstandsfunktionen

Um bei hoher Auslastung das Ausweichen über das untergeordnete Strassennetz zu vermeiden, wurden die Funktionsparameter angepasst. Die Parameter der Autobahnen wurden so angepasst, dass der Verkehr länger bzw. bis zu einer höheren Auslastung auf der Autobahn bleibt.

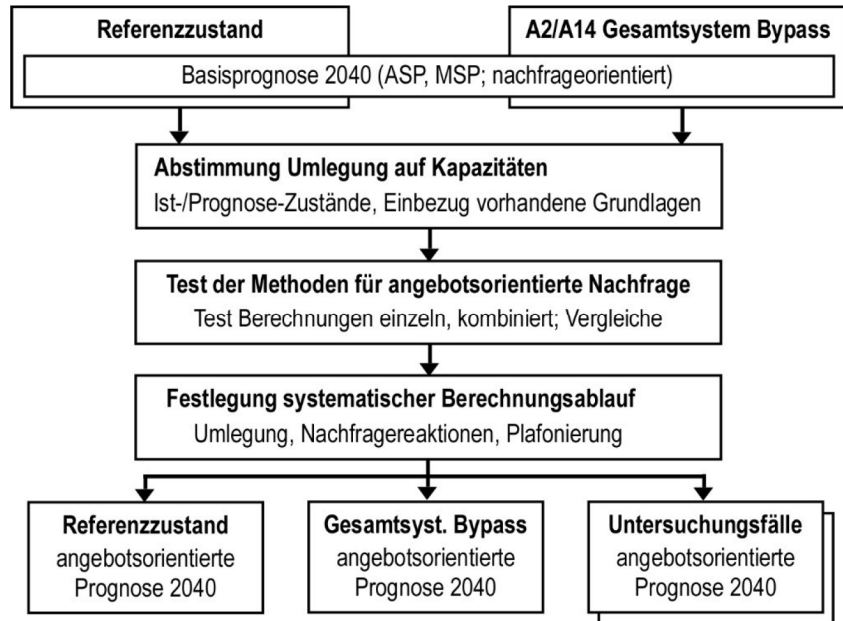


Abb. 8: Vorgehen nachfrageorientierte Prognose

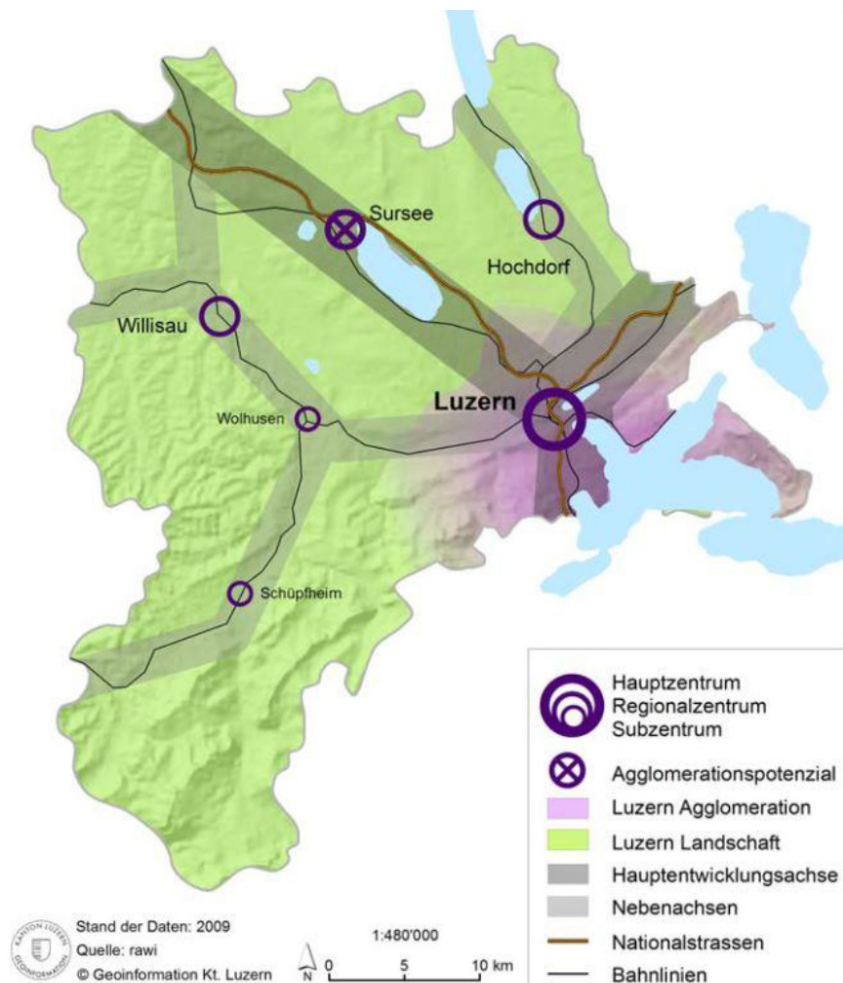


Abb. 9: Raum-, Achsen- und Zentrenstruktur

Kalibration auf Zustand 2017

Der Ist-Zustand wird mit den neueren Zählwerten 2017 (rund 490 richtungsgetrennte Zählwerte von 245 Strassenquerschnitten) und den Siedlungsdaten für die Netz- und Zonenverfeinerung kalibriert. Dazu werden die Belastungen der Spitzenstunden und des DTV-Modells mit Zählwerten und Knotenströmen (im engeren Untersuchungsgebiet) verglichen und so lange angepasst, bis die Abweichung zwischen Modell- und Zählwert klein resp. befriedigend sind.

Die Güte des Modells wird u.a. anhand der Abweichung zwischen Modell- und Zählwert beurteilt. Hierfür werden Qualitätsbereiche definiert. So müssen auf Autobahnen beispielsweise die Abweichungen unter $\pm 5\%$ liegen. Für den DTV wurde eine ähnlich gute Übereinstimmung wie im Modell AP 2015 erreicht. Für die ASP und die MSP wurde sogar eine bessere Übereinstimmung zwischen Modell- und Zählwerten erreicht.

2.2.3 Erstellung Prognosezustand 2040

Die Prognose 2040 für den bewältigbaren Verkehr wurde in vier Schritten erstellt (vgl. Abb. 8):

- Basis-Roh-Prognose aus Siedlungswachstum: Es wird die bereits für das Verkehrsmodell AP Bypass erstellte, detaillierte Verkehrsnachfrageprognose auf Grund des Siedlungswachstums übernommen.
- Effizienzgewinne der Verkehrsinfrastruktur: Durch verbreitete Fahrerassistenzsysteme kann die Verkehrsinfrastruktur effizienter genutzt werden. Dies führt zu leicht höheren Kapazitäten, welche mit angepassten Widerstandsfunktionen (kürzere Zeit- und Weglücken zwischen den Fahrzeugen) modelliert werden.
- Nachfragereaktion im MIV auf Netzüberlastung: Das Verkehrswachstum führt zu längeren Fahrzeiten im MIV. Durch längere Fahrzeiten nimmt die MIV-Nachfrage ab, z.B. durch Umsteigen auf andere Verkehrsmittel. Die Modellierung dieser Abnahme wird mit Nachfrage-Elastizitäten gerechnet (konkret wurde der Wert von -0,4 gewählt).
- Berücksichtigung von kapazitätslimitierten Abschnitten: Die Streckenabschnitte, welche nach den vorderen drei Schritten noch unrealistische Belastungen über der Kapazität vorweisen, werden auf den Sollwert (Kapazität) reduziert.

Die wesentlichen Aspekte der vier Schritte werden nachfolgend erläutert:

Basis-Prognose

Der Kanton strebt an, das erwartete Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum, wie in Abb. 9 dargestellt, hauptsächlich und verstärkt in die Zentren, in die Hauptentwicklungssachse und in die Agglomeration Luzern zu lenken, um damit die bestmögliche Abstimmung von Siedlungs- und Verkehrsentwicklung sowie eine möglichst haushälterische Bodennutzung zu erreichen. Im kantonalen Richtplan wird von einem kantonalen Bevölkerungswachstum um knapp 60'000 Einwohnerinnen und Einwohner von 2014 bis 2035 auf 450'000 (Stand Ende 2017: 406'506 Einwohnerinnen und Einwohner) ausgegangen [6].

Das erwartete Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum soll künftig zu rund 75 % in die Zentren, in die Hauptentwicklungssachse und in die Agglomeration Luzern gelenkt werden. Ein grosser Zuwachs findet im Kern der Agglomeration statt, also in der Stadt Luzern selbst. Sie verzeichnet bis 2040 einen Zuwachs von 13'300 Einwohnerinnen und Einwohner (+16 %) und rechnet mit zusätzlichen 11'400 Beschäftigten (+14 %) [7].

Der Zuwachs vom Ist-Zustand 2015 zum Prognosezustand 2040 wird vom Modell AP 2015 übernommen, weil die Siedlungsprognosen zwischenzeitlich keine Veränderung erfahren haben. Dieser Zuwachs wird dem neu kalibrierten Modell 2017 zugeschlagen. Die Verkehrsentwicklung im engeren Gebiet wird aufgrund der Strukturdatenentwicklung plausibilisiert und gegebenenfalls

Tabelle 1: Veränderung der Nachfrage durch die vier Prognose-Anpassungsschritte in der ASP und MSP 2040

ASP Prognose-Referenzzustand	Ist-Zustand	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3		Schritt 4
		Rohprognose (Siedlung)	Kapazitätsfunktion	Elastäten 1. Iteration	Elastäten 2. Iteration	Kapazitäten-Beschränkung
Fahrtenzahl	103'797	125'806	125'806	115'237	119'714	118'875
Veränderung zu Ist		21.2%	21.2%	11.0%	15.3%	14.5%
Fahrleistung	1'421'075	1'762'620	1'764'687	1'621'094	1'689'396	1'676'954
Veränderung zu Ist		24.0%	24.2%	14.1%	18.9%	18.0%
Fahrzeugstunden	25'923	39'897	38'776	31'019	34'017	33'379
Veränderung zu Ist		53.9%	49.6%	19.7%	31.2%	28.8%

MSP Prognose-Referenzzustand	Ist-Zustand	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3		Schritt 4
		Rohprognose (Siedlung)	Kapazitätsfunktion	Elastäten 1. Iteration	Elastäten 2. Iteration	Kapazitäten-Beschränkung
Fahrtenzahl	86'758	109'937	109'937	100'490	103'910	102'943
Veränderung zu Ist		26.7%	26.7%	15.8%	19.8%	18.7%
Fahrleistung	1'188'644	1'508'794	1'514'388	1'407'874	1'452'514	1'428'044
Veränderung zu Ist		26.9%	27.4%	18.4%	22.2%	20.1%
Fahrzeugstunden	20'470	31'704	31'804	25'539	27'353	26'514
Veränderung zu Ist		54.9%	55.4%	24.8%	33.6%	29.5%

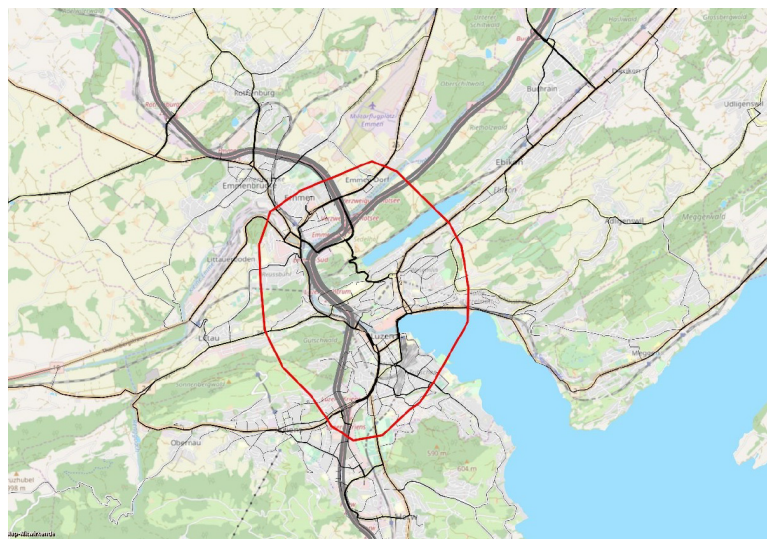


Abb. 10: Teilgebiet (rot) für Auswertung der lokalen Nachfragewirkung

angepasst. Das Resultat ist eine Basisprognose, welche bereits beschlossene und sehr wahrscheinliche Infrastrukturmassnahmen enthält.

Nach einer Überprüfung auf Plausibilität wird diese Nachfrage auf das Strassennetz umgelegt, wobei im ersten Schritt lediglich die angepasste Routenwahl einbezogen wird.

Bewältigbare Verkehrsnachfrage

Die Basisprognose ist *nachfrageorientiert*, wodurch die Nachfrage an einzelnen Stellen höher ist als die Kapazität der Strassen. Dadurch können unrealistische Belastungen und Knotenströme entstehen, die nicht auftreten können, wenn keine grösseren Ausbauten realisiert werden. Demgegenüber wird die Wirkung des Angebotsdefizits in der *angebotsorientierten* Prognose berücksichtigt. Hierzu werden drei Ansätze angewandt:

1. Effizienzgewinnung der Verkehrsinfrastruktur (Veränderung der Widerstandsfunktion)
2. Nachfragereduktion im MIV auf Netzüberlastungen (Wechsel auf den öffentlichen Verkehr (öV) oder den Fuss- und Veloverkehr und somit Reduktion des MIV)
3. Berücksichtigung von kapazitätslimitierenden Abschnitten (Berücksichtigung von Steuerungen und Dosierungen)

Verkehrsteilnehmer können auf die Überbelastung des Strassennetzes in der Basis-Prognose auf die folgenden vier Arten reagieren:

- Andere Routenwahl
- Anderer Fahrzeitpunkt (z.B. ausserhalb der Spitzenstunde)
- Anderes Verkehrsmittel (öV, Velo, kombiniert)
- Anderes Ziel

Mit den gewählten Ansätzen werden diese Reaktionsmöglichkeiten der Verkehrsteilnehmer auf eine zu hohe Nachfrage (Basis-Prognose) mit dem MIV-Umlegungsmodell simuliert.

Durch die Anpassung der Widerstandsfunktion (Ansatz 1) verkehren im Vergleich zur Basis-Prognose 3 % bis 5 % mehr Fahrzeuge auf der Autobahn und 1 % bis 5 % weniger Fahrzeuge auf den Einfallachsen.

Die Nachfragereduktion im MIV wegen Netzüberlastungen (Ansatz 2) erfolgt mit den Ansätzen aus einer Studie des Bundesamtes für Raumentwicklung [8]. Die darin beschriebene und hier angewendete Eigenelastizität beschreibt, wie sich in diesem Fall die MIV-Nachfrage verändert, wenn sich die Reisezeit ändert.

Tabelle 1 zeigt die Änderung der Kenngrössen über die vier Anpassungsschritte der Prognose. Exemplarisch wird hier die MSP betrachtet. Im Vergleich zur Basis-Prognose reduziert sich die Zunahme der Fahrzeugstunden gegenüber dem Ist-Zustand von 54 % auf 29 %. Die Nachfragezunahme beträgt noch 15 % gegenüber 21 % in der Basis-Prognose.

2.3 Ergebnis der Verkehrsprognose 2040

Die Prognose 2040 wird für zwei Netzzustände erstellt, einerseits für das heutige Strassennetz («Prognose 2040») und andererseits für den Referenzzustand, der die Realisierung des Systems Bypass Luzern (ohne Anschluss Luzern-Lochhof, ohne Fluhmühlebrücke und ohne Spange Nord mit durchgehenden Busspuren) umfasst («Referenz 2040»).

Um die Wirkung neuer Infrastrukturelemente auf die Verkehrsnachfrage besser beurteilen zu können (vgl. Kap. 6.4), werden die Ergebnisse nicht für das gesamte Modellgebiet, sondern nur für das Teilgebiet gemäss Abb. 10 zusammengestellt. Dieses «Untersuchungsgebiet» umfasst die Stadt Luzern sowie die Teile von Emmen und Kriens, welche die Stadt unmittelbar umgeben.

Tabelle 2: Wirkungsvergleich im Untersuchungsgebiet

DTV				ASP			
Bezugsgrösse	Ist 2017	Prognose 2040	Referenz 2040	Bezugsgrösse	Ist 2017	Prognose 2040	Referenz 2040
Fahrtenzahl (Fz/Tag) vgl. zu Ist 2017	365'055	450'380 23.4 %	454'326 24.5 %	Fahrtenzahl (Fz/Stunde) vgl. zu Ist 2017	33'942	38'357 13.0 %	38'552 13.6 %
Fahrleistung (Fzkm/Tag) vgl. zu Ist 2017	1'020'671	1'305'334 27.9 %	1'309'041 28.3 %	Fahrleistung (Fzkm/Stunde) vgl. zu Ist 2017	94'870	108'165 14.0 %	110'430 16.4 %

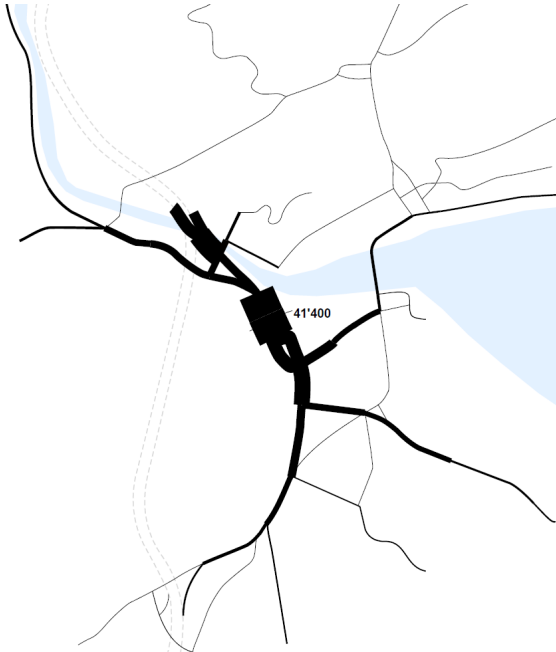


Abb. 11: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für den Hirschengraben

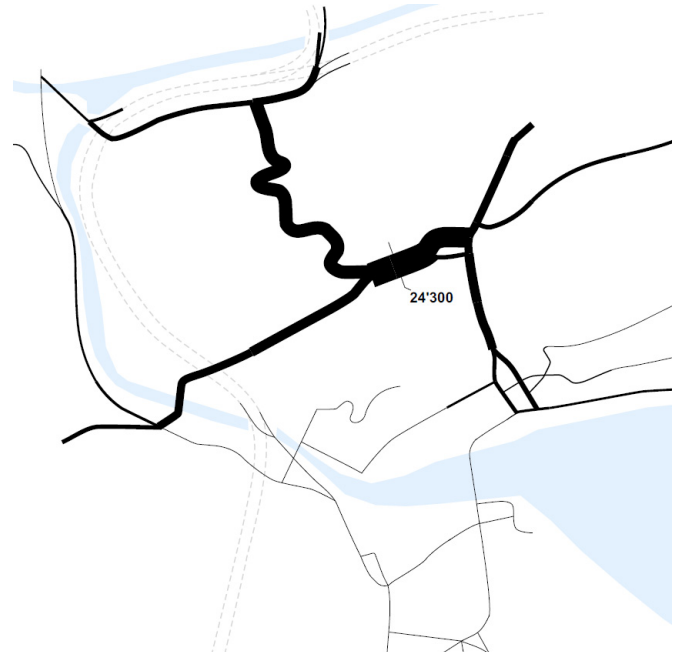


Abb. 12: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für den Rosenberg (Friedentalstrasse)

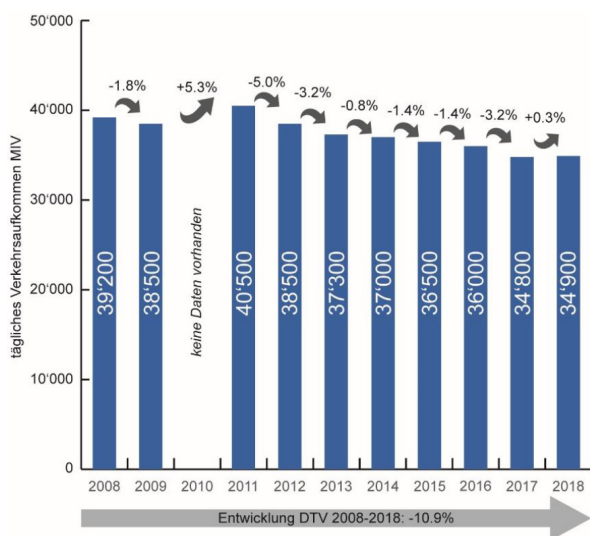


Abb. 13: Verkehrsentwicklung auf der Seebücke 2008-2018 [1]

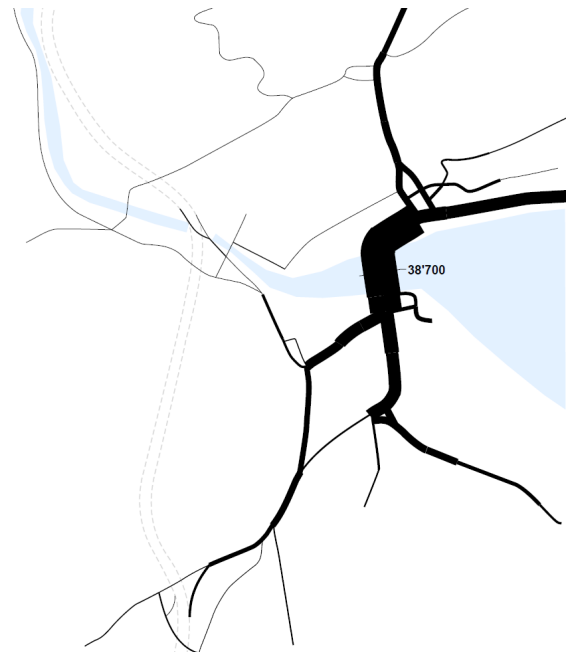


Abb. 14: Streckenspinne DTV Referenzzustand 2040 für die Seebücke

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Prognose zusammengestellt. Die Fahrtenzahl nimmt im DTV deutlich stärker zu (23 %) als in der ASP (13 %). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den Spitzenzeiten im Verkehrsnetz weniger zusätzliche Fahrten möglich sind, weil dieses praktisch voll ausgelastet ist. Die Fahrleistungen (FzKm) nehmen stärker zu als die Anzahl Fahrten, weil die Fahrten generell länger werden, was vor allem auf neue Routenwahlen mit längeren Distanzen, aber kürzeren Reisezeiten durch Kanalisierung respektive Rückführung des Verkehrs auf die Autobahn zurückzuführen ist.

Der Vergleich zwischen der Prognose 2040 und der Referenz 2040 zeigt den Neuverkehr, respektive die zusätzliche Nachfrage aufgrund des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur, d.h. für den Referenzzustand mit Bypass und Ausbauten auf den Zulaufstrecken. Die Zunahme für die Fahrtenzahl beträgt 1.1 % im DTV und 0.6 % in der ASP. Die Zunahme der Fahrleistungen ist etwas höher, was wiederum auf die gewählten, längeren Routen auf dem übergeordneten Strassennetz zurückzuführen ist.

2.4 Analyse der Verkehrssituation

Das Modell liefert neben den Belastungen und den Fahrleistungen auch die Verteilung und die Bedeutung der Teilströme je Strecke für beliebig wählbare Betrachtungsquerschnitte. Wegen des typischen optischen Bilds werden diese Darstellungen als Streckenspinnen bezeichnet.

In den Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 14 sind für den Referenzzustand 2040 die besonders aussagekräftigen Spinnen des Verkehrs auf der Seebrücke (38'700 Fz/Tag), im Hirschengraben (41'400 Fz/Tag) und auf der Friedentalstrasse im Rosenberg (24'300 Fz/Tag) massstäblich abgebildet. Dabei sind nur Strecken mit einem Anteil von mindestens 500 Fz/Tag (in beiden Richtungen) dargestellt. Aus den Spinnendarstellungen ist ersichtlich, wo die Fahrzeuge, die den betrachteten Strassenquerschnitt durchfahren, herkommen bzw. hinfahren.

Für die Seebrücke (Abb. 14) zeigt sich, dass auf der Ostseite rund 35 % von/zur Haldenstrasse und rund 15 % von/nach Ebikon verkehren. Auf der Südseite fährt je ein Drittel über die Pilatusstrasse und über die Zentralstrasse. Die Verkehrsströme verästeln sich rasch in kleinere Teilströme. Die Feststellung, dass sich rund die Hälfte des Verkehrs auf der Seebrücke aus den zwei Strömen «Haldenstrasse» und «Zürichstrasse Ebikon» zusammensetzt, steht am Ursprung der Überlegungen für eine Führung dieser Teilströme am Stadtzentrum vorbei über die Spange Nord zum Anschluss Luzern-Lochhof.

Die für 2040 prognostizierte Verkehrsbelastung (DTV) auf der Seebrücke liegt höher als der heutige Wert. Diese Prognose ergibt sich aus der angenommenen Siedlungsentwicklungen und den Verhaltensänderungen aufgrund der Verkehrsmanagement-Massnahmen auf dem Stadtgebiet. Es wird erwartet, dass die Tagesbelastung auf der Seebrücke zunehmen wird, obwohl die Leistungsfähigkeit in den Spitzenstunden leicht reduziert wird. Die Entwicklung des Tagesverkehrs über die letzten Jahre zeigt auch, dass zwischen 2017 und 2018 keine Abnahme, sondern eine leichte Zunahme stattgefunden hat (s. Abb. 13)

Die Verkehrsströme im Hirschengraben (Abb. 11) verteilen sich auf der Südseite am Pilatusplatz zu 43 % auf die Obergrundstrasse und zu 27 % auf die Pilatusstrasse (der Rest auf die Quartiere). Der Anteil, der die Seebrücke quert, beträgt lediglich 8 %. Auf der Nordseite sind rund 60 % auf den A2-Anschluss Luzern-Zentrum bezogen und 20 % auf die Baselstrasse. Die Analyse des Verkehrs auf der Südseite im Hirschengraben führt zum Schluss, dass die dort beobachteten Verkehrsströme zu 90 % Quelle oder Ziel westlich der Reuss haben. Überlegungen zur Vermeidung einer Überlastung des Autobahnanschlusses Luzern-Zentrum müssen sich somit vor allem mit den Verkehrsströmen westlich der Reuss auseinandersetzen.

Der Verkehr auf der Friedentalstrasse im Bereich Rosenberg (Abb. 12) verteilt sich auf der West-

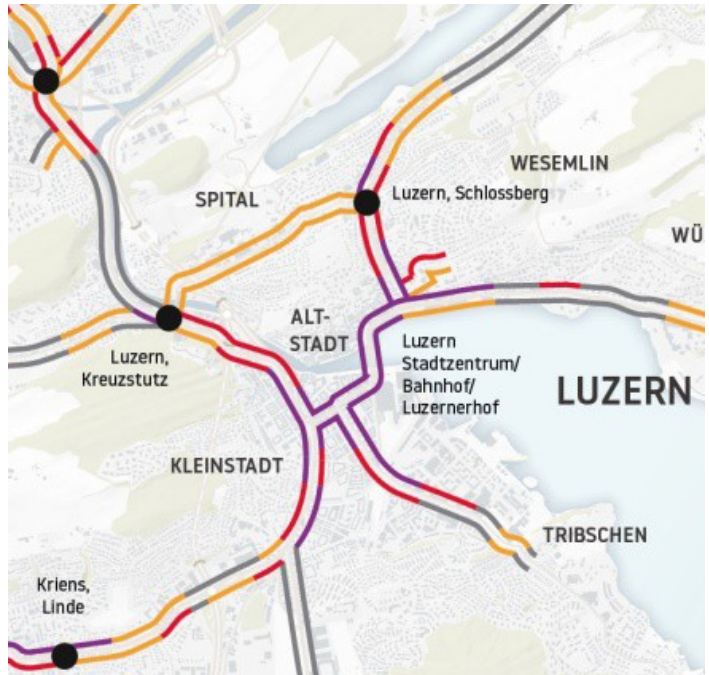
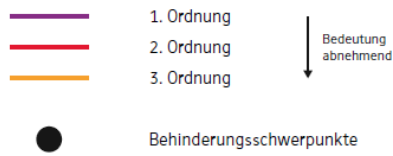


Abb. 15: Bedeutung der Schwachstellen öV

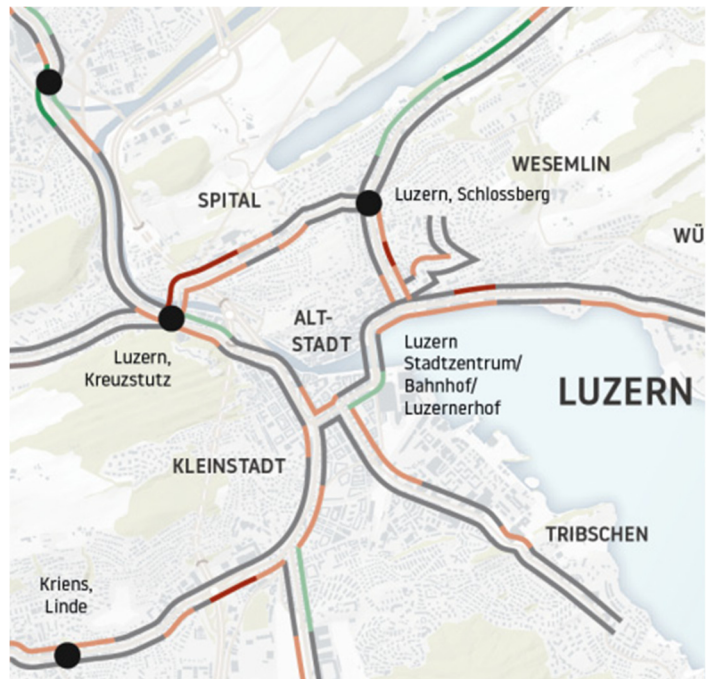
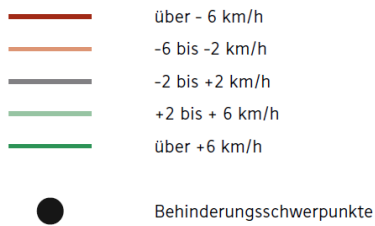


Abb. 16: Veränderungen durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten öV im Vergleich 2011 bis 2018, ASP

seite zu 55 % auf die Sedelstrasse und zu 40 % auf die Spitalstrasse. Der Anteil auf der Bernstrasse beträgt 18 %. Bei Betrachtung der Ostseite betragen die Anteile auf der Maihofstrasse 33 %, auf der Hünenbergstrasse 20 % und auf der Zürichstrasse 38 %. Der Anteil auf der Haldenstrasse beträgt 9 %. Diese Aufteilung der Verkehrsströme verdeutlicht, dass die östliche Friedentalstrasse auch ohne Spange Nord eine wichtige Verbindungsfunktion zwischen dem nördlichen (Emmen) und westlichen Agglomerationsteil (Littau) und den östlichen Gebieten (östliche Stadtquartiere, Ebikon und Ausweichverkehr über Adligenswil) wahrnimmt.

2.5 Schwachstellen öV

Im Rahmen des Berichts AggloMobil 4 [12] wurde die Bedeutung der Schwachstellen im öV ermittelt und die Veränderung der mittleren Reisegeschwindigkeiten zwischen 2011 und 2018 untersucht. Die angewandte Bewertungsmethodik beachtet sowohl das Ausmass der Schwachstelle (mittlere Reisegeschwindigkeit während der Hauptverkehrszeit HVZ), als auch die Betroffenheit (Querschnitts-Belastung der Busachse). Nachfolgend sind die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt.

Aus der Bewertungsmethodik ergeben sich die aktualisierten Schwachstellen, die in der Abb. 15 dargestellt sind. Dabei bleiben die Problembereiche gegenüber der Auswertung von AggloMobil tre [13] praktisch unverändert. Im Bericht AggloMobil 4 werden folgende Schwachstellen genannt:

- Agglomerationszentrum Luzern (Luzernerhof, Seebrücke, Bahnhofplatz, Pilatusstrasse, Kasernenplatz, Hirschmattstrasse, Obergrundstrasse)
- Luzern, Schlossberg
- Luzern, Kreuzstutz
- Emmenbrücke, Seetalplatz
- Emmenbrücke, Sonnenplatz
- Ebikon, Hofmatt
- Kriens, Linde

Allgemein haben die Reisegeschwindigkeiten im öV über den Zeitraum von 2011 bis 2018 eher abgenommen. Aus Abb. 16 ist ersichtlich, dass Verschlechterungen insbesondere auf den Zulaufstrecken zur Innenstadt, im Umfeld der Autobahnanschlüsse und am Knoten Kreuzstutz, Seite Spitalstrasse eingetreten sind. Die Wirkung der eingeführten Busbevorzugungsmassnahmen erweist sich punktuell zwischen Kantonalbank und Bahnhof sowie am Bahnhof Süd in Emmenbrücke als förderlich für die Reisegeschwindigkeit.

Nachhaltige Entwicklung

Gemäss der Brundtland-Kommission gilt eine Entwicklung dann als nachhaltig, wenn sie die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.

Die Nachhaltigkeit besteht aus drei Dimensionen:

- Gesellschaftliche Solidarität*
- Wirtschaftliche Effizienz*
- Schutz der Umwelt*

Abb. 17: Nachhaltige Entwicklung, Definition [2]

3 Zielsystem und Bewertungsmethodik

3.1 Allgemeines

Die Variantenbewertung von Infrastrukturbauten im Strassennetz erfolgt heute mit einer systematisierten Nachhaltigkeitsbeurteilung. Die Grundsätze und das methodische Vorgehen sind in der Norm SN 641 800 [2] festgehalten. Die Variantenbewertung im Rahmen der Zusatzabklärungen erfolgt in enger Anlehnung an die erwähnte Norm.

Als Grundlage sind zunächst die Projektziele verbal zu formulieren. Diese werden anschliessend nach den Vorgaben der Norm in die drei Nachhaltigkeitsdimensionen unterteilt und als Zielsystem mit Indikatoren bezeichnet. Mit diesem Vorgehen werden den Entscheidungsträgern die Vor- und Nachteile der Projektvarianten und die Einordnung bezüglich der nachhaltigen Entwicklung aufgezeigt.

Der Begriff Nachhaltigkeit wurde von der Brundtland-Kommission der UNO im Jahr 1987 geprägt. Die Umschreibung gemäss SN 641 800 ist in Abb. 17 wiedergegeben. Im Folgenden wird der Aufbau des Zielsystems und der Bewertungsmethode beschrieben.

3.2 Ziele und Zielsystem

3.2.1 Ziele des Gesamtsystems Bypass Luzern als Grundlage

Mit dem Gesamtsystem Bypass Luzern werden für die Agglomeration Luzern die folgenden Ziele verfolgt [9]:

- Funktionsfähigkeit der Anschlüsse an die Nationalstrasse sicherstellen
- Erreichbarkeit der Zentralschweiz und der Agglomeration Luzern verbessern
- Stadtautobahn und Stadtzentrum vom Durchgangsverkehr entlasten und den strassengebundenen öffentlichen Verkehr verbessern

In den Zusatzabklärungen zur ZMB Bypass 2008/2009 [10] wurde aufgezeigt, dass die Anschlussfunktionalität der A2 im Raum Luzern unzureichend ist und nur mit einem zusätzlichen Anschluss erreicht werden kann.

Aus den verfügbaren Unterlagen lässt sich ableiten, dass mit der Spange Nord insbesondere folgende verkehrlichen Ziele bzw. zusätzlicher verkehrlicher Nutzen erreicht werden sollen:

- Effiziente Lenkung des Verkehrs auf die neue Anschluss-Situation im Sinne eines Ausbaus der Zubringer.
- Siedlungs- und umweltverträgliche Abwicklung des (neuen) Zubringerverkehrs zum Anschluss Luzern-Lochhof.
- (Langfristige) Sicherstellung, evtl. Verstärkung der Entlastungswirkung, welche bereits durch den Bypass erwartet werden kann sowie Stärkung der geplanten Massnahmen für den öffentlichen Verkehr.

3.2.2 Ziele Spange Nord

Basierend auf den Zielen des Gesamtsystems Bypass Luzern [9] sowie den vorhandenen Unterlagen zum Projekt «Spange Nord» [14] werden folgende Zielsetzungen für die «Spange Nord» abgeleitet:

- Entlastung der Hauptachsen im Stadtgebiet Luzern vom motorisierten Individualverkehr (unterstützt durch flankierende Massnahmen).
- Sicherstellung eines zuverlässigen Verkehrsflusses durch Schaffung zusätzlicher Kapazitäten ausserhalb der Innenstadt, welche eine entsprechende Verlagerung des Verkehrs und Kapazitätsreduktionen in der Innenstadt zulassen.
- Direkter Anschluss ans Nationalstrassennetz respektive an die Stadtautobahn aus den

Tabelle 3: Zielsystem und Indikatoren für die Phase 1

Bereiche	Teilziele	Indikatoren
Verkehrsqualität	Verkehrsentlastung auf Hauptachsen im Stadtgebiet Luzern	Summe der Verkehrsbelastung (DTV) auf Hauptachsen im Stadtgebiet Luzern (9 QS)
	Stärkung strassengebundener öffentlicher Verkehr	Summe der Verkehrsbelastung (DTV) in Abschnitten ausgewiesener Problemstellen sowie verbleibender Mischverkehrsabschnitte entlang der öV-Achse Kriens - Luzern - Schlossberg (10 QS)
	Attraktivität Langsamverkehr steigern	Ø-DTV innerhalb Gebiet Nord für Strassentypen HVS, SS, ES ohne Tunnelstrecken, zusätzliche Berücksichtigung neuer LV-Verbindungen
	Funktionalität der Anschlüsse sicherstellen	Vereinfachte Beurteilung anhand der durchschnittlichen Verkehrsmenge pro Anschluss im Wirkungspereimeter
	Reisezeiten MIV minimieren	Veränderung der aufsummierten Fahrzeugstunden (alle Str.-Typen im Gesamtmodellnetz)
Sicherheit	Verkehrssicherheit erhöhen	Qualitative Beurteilung (Entlastung i.o., Verlagerung Verkehr auf Autobahn, Verlagerung i.o. in Tunnel, neue Knoten)
Siedlungsentwicklung	Anbindung an Nationalstrasse verbessern	Summe der Reisezeiten von vier zentralen Punkten in Luzern Nord bzw. Ebikon zu den drei Autobahnrichtungen A2 Nord / A2 Süd / A14
	Eingriffe Siedlungsraum- und Ortsbild minimieren	Qualitative Beurteilung (Rampen, Tunnelportale, Aufweitung Strassenraum usw.)
	Beeinträchtigung Erholungsgebiete minimieren	Qualitative Beurteilung (insbesondere Friedhof, See- und Reussufer)
Umwelt	Lärmbelastung minimieren	Summe der Veränderung der Verkehrsmenge an Strassen im Siedlungsgebiet mit Lärmrelevanter Veränderung (+/-20 % DTV, mindestens 150 Fz/Tag DTV-Veränderung) * Streckenlänge
	Eingriffe Natur und Landschaft minimieren	Qualitative Beurteilung
	Einwirkungen auf Grundwasser und Oberflächengewässer minimieren	Qualitative Beurteilung Tangierung Schutzgebiete und Schutzziele
Direkte Kosten	Investitionskosten minimieren	CHF
Realisierung und Kohärenz	Bautechnische Risiken minimieren	Qualitative Grobbeurteilung
	Übereinstimmung mit übergeordneter Planung erreichen	Qualitative Beurteilung (Vorhaben Bund (Gesamtsystem Bypass) sowie kantonale Vorgaben (Richtplan))

Tabelle 4: Bewertungsskala in der Phase 1

starke Verbesserung	+++
mittlere Verbesserung	++
geringe (leichte) Verbesserung	+
keine relevante Veränderung	0
geringe (leichte) Verschlechterung	-
mittlere Verschlechterung	--
starke Verschlechterung	---

nördlichen Stadtgebieten und angrenzender Räume zur Entlastung der Quartiere, durch welche die übrigen Routen von und zu den Autobahnanschlüssen führen.

- Stärkung des strassengebundenen öffentlichen Busverkehrs durch Sicherstellung der langfristig erforderlichen Gesamtleistungsfähigkeit der Strassenachsen mit öV-Linien. Damit einher geht auch die Beschleunigung und Erhöhung der Zuverlässigkeit des Busverkehrs im Stadtzentrum.
- Attraktivitätssteigerung für den Langsamverkehr im Stadtgebiet Luzern durch Entlastung der innerstädtischen Strassen vom motorisierten Individualverkehr.
- Schaffung von Redundanzen im störungsanfälligen Verkehrsnetz der Stadt und Agglomeration Luzern mit einer neuen Achse für den motorisierten Individualverkehr zur Reduktion der Auswirkungen bei Ereignisfällen.
- Schonende Einbettung des neuen Strassenzuges in das bestehende städtische und landschaftlich sensible Umfeld.
- Sorgsamer, nachhaltiger und effizienter Ressourceneinsatz (z.B. Flächenbedarf). Einhaltung der Umweltschutzgesetzgebung (Lärm, Luft etc.).
- Effiziente und zielgerichtete Lösung mit gutem Nutzen-Kosten-Verhältnis.

3.2.3 Zielsystem und Indikatoren

Das vorgeschlagene Zielsystem orientiert sich am vereinfachten Zielsystem gemäss [2] mit dem Einbezug der Ziele des Projekts «Spange Nord» gemäss vorherigem Teilkapitel.

In der Phase 1 der ZMB erfolgt eine Grobbewertung der Varianten anhand der wichtigsten Teilziele (reduziertes Zielsystem gemäss Tabelle 3), mit welchen in erster Linie die verkehrliche Wirkung erfasst und potenzielle No-Gos (z.B. Eingriffe in Schutzgebiete) berücksichtigt werden können. Ein reduziertes Zielsystem ist auch deshalb angezeigt, weil die Ermittlung verschiedener Indikatorwerte noch nicht im Rahmen der Phase 1 erfolgt, sondern erst mit detaillierteren Untersuchungen in der Phase 2. Die Bewertung anhand des kompletten Zielsystems kann deshalb erst in der Phase 3 erfolgen.

3.3 Bewertungsmethodik

3.3.1 Bewertungsmethodik Phase 1

In der Phase 1 werden die variantenspezifischen Unterschiede basierend auf dem reduzierten Zielsystem anhand einer Vergleichswertanalyse beurteilt. Bei einer Vergleichswertanalyse wird für alle Varianten die gemessene Wirkung (aus der Wirkungsanalyse) pro Teilziel mit dem Referenzzustand verglichen. Dabei wird die Skala gemäss Tabelle 4 angewendet.

Nach einer ersten Grobauscheidung werden die verbleibenden Varianten in einer detaillierteren Bewertung mit den Indikatoren gemäss Tabelle 3 beurteilt. Daraus ergibt sich die Vorauswahl derjenigen Varianten, die in der Phase 2 weiter untersucht werden.

3.3.2 Bewertungsmethodik Phase 3

Die Variantenbewertung wird in Anlehnung an NISTRA, eine vom Bundesamt für Strassen ASTRA in Auftrag gegebene Beurteilungsmethode für Strasseninfrastrukturprojekte (NISTRA = Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte) durchgeführt [11]. Die Berechnungen erfolgen mit dem Tool eNISTRA. Seit August 2018 steht eNISTRA (Version 2017) zur Verfügung und wird für den vorliegenden Bericht verwendet.

Für die vorliegende ZMB kommen zwei Bewertungsmethoden zum Einsatz:

- Alle Teilwirkungen, welche sich in monetären Grössen messen bzw. relativ eindeutig in solche umrechnen lassen, werden in einer Kosten-Nutzen-Analyse KNA erfasst (inklusive z.B. Unfall-, Lärm- und Luftverschmutzungskosten). Massgebliche Resultate dieser Teilanalyse sind das Nutzen-Kosten-Verhältnis und die Infrastrukturbudgeteffizienz. Auch der

Tabelle 5: KNA-Indikatoren für die Phase 3

Oberziele	Teilziele (Phase 1)	Teilziele (Phase 3)	Indikator	Mengengerüst
Gesellschaft	Verkehrssicherheit erhöhen	Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen schützen	SI 1n Unfälle	gemäss NISTRA
	Investitionskosten minimieren	gemäss NISTRA	DK 1 Baukosten	gemäss NISTRA
Wirtschaft	—	gemäss NISTRA	DK 2 Ersatzinvestitionen	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	DK 3 Landkosten	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	DK 4 Betriebs- und Unterhaltskosten	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	VQ 4 Reduktion öV-Verlustzeiten	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	VQ 1 Reisezeitveränderung Stammverkehr	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	VQ 2 Veränderung der Zuverlässigkeit	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	VQ 3 Betriebskosten Fahrzeuge	gemäss NISTRA
Umwelt	—	gemäss NISTRA	UW 1n Luftbelastung	gemäss NISTRA
	—	gemäss NISTRA	UW 4 Klimaeffekte	gemäss NISTRA

Tabelle 6: KWA-Indikatoren für die Phase 3

Oberziele	Teilziele (Phase 1)	Teilziele (Phase 3)	Indikator	Mengengerüst
Gesellschaft	Verkehrsentslastung auf Hauptachsen im Stadtgebiet Luzern	—	—	—
	Attraktivität Langsamverkehr steigern, Entlastung Strassen mit LV	Verbesserung Situation Fussgänger und Velofahrende	G1 Attraktivität Fussverkehr G2 Attraktivität Veloverkehr	Diff. Belastung/abs. Belastung x Streckenlänge Diff. Belastung/abs. Belastung x Streckenlänge
	Stärkung strassengebundener öffentlicher Verkehr	Verbesserungen im öffentlichen Verkehr	G3 Attraktivität öV	Diff. Belastung x öV Kurse x Streckenlänge
	—	Beitrag zur Förderung und des Erhalts wohnlicher Siedlungen	G4 Wohnlichkeit	Veränderung (Expertenbeurteilung) x Betroffenheit (Einwohnerzahl)
	Übereinstimmung mit übergeordneter Planung erreichen	Akzeptanz, Partizipation und Koordination sicherstellen; Verfahrensrisiken minimieren	G5 Grad der Abstimmung mit der Siedlungsplanung	qualitative/deskriptive Beurteilung durch Experte
	—	Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems	G6 Auslastungsgrad	Auslastungsgrad in Hauptlastrichtung Funktionalität Anschlüsse (Verkehrstechnik)
	Funktionalität der Anschlüsse sicherstellen	—	G7 Lärmbelastete Personen am Wohnort	Belastungsänderung (Punkte) x Betroffenheit (Einwohner)
Wirtschaft	Anbindung an Nationalstrasse verbessern	Erschliessung/Erreichbarkeit der Teilräume nach Luzern verbessern	W1 Verbesserung Erreichbarkeit der Teilräume	mittlere zeitliche Verkürzung aller Wege auf den Beziehungen nach Luzern unter Gewichtung der Teilräume anhand des Q.-Verk. je Teilraum
	Reisezeiten MIV minimieren	Verkürzung der Reisezeiten	W2 Reisezeitgewinne aus versch. Teilräumen	Diff. Reisezeit auf allen genutzten Wegen unter Gewichtung der Wege mit den Belastungen und der Teilräume untereinander je Verkehrsnachfrage
	Bautechnische Risiken minimieren	—	W3 Bautechnische Risiken minimieren	gemäss NISTRA, Beurteilung durch PV
Umwelt	Lärmbelastung minimieren	Belastung von Landschaften und Lebensräumen senken	U1 Lärmbelastete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten	Belastungsänderung (Punkte) x Betroffenheit (Schutz- und Erholungsintensität)
	Eingriffe Siedlungsraum- und Ortsbild minimieren		U2 Landschafts- und Ortsbild	Veränderung (Punkte) x Betroffenheit (Qualität)
	Einwirkungen auf Grundwasser und Oberflächengewässer minimieren	Einwirkungen auf Gewässer senken	U3 Beeinträchtigung Grundwasser/Oberflächengewässer	Veränderung (Punkte) x Betroffenheit (Qualität)

Nettobarwert und die Annuität der Varianten werden ausgewiesen. Die KNA zeigt die Wirtschaftlichkeit bzw. die volkswirtschaftliche Effizienz eines Projekts auf. Der KNA-Teil von eNISTRA ist vollständig kompatibel mit den Normen zur Kosten-Nutzen-Analyse im Strassenverkehr (Norm SN 641 820 bis SN 641 828) des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

- Als zweite Methode wird eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse KWA durchgeführt. In der KWA werden alle quantifizierbaren Projektwirkungen – sowohl monetarisierbare als auch nicht-monetarisierbare – in Form von Wirksamkeitspunkten (oder Nutzwertpunkten) gewichtet und aufsummiert. Der Gesamtwert wird in Relation zu den Kosten als Wirksamkeits-Kosten-Verhältnis dargestellt.

Tabelle 5 zeigt die Indikatoren für die KNA, Tabelle 6 diejenigen für die KWA. Die zwei Methoden ergänzen sich. KNA und KWA sind eigenständig, d.h. sie führen jeweils zu einem eigenen Beurteilungsergebnis.

In NISTRA sind die einzelnen Indikatoren auf Nationalstrassen und übergeordnete Hauptstrassen ausgerichtet. Für die Beurteilung der Auswirkungen auf Lokal- und Gemeindestrassen und in kleinteiligen Gebieten sind gewisse Faktoren schwierig einzuschätzen. Sie wurden deshalb fallweise auf die spezifische Fragestellung des Projekt- und Auswirkungssperimeters Spange Nord angepasst.

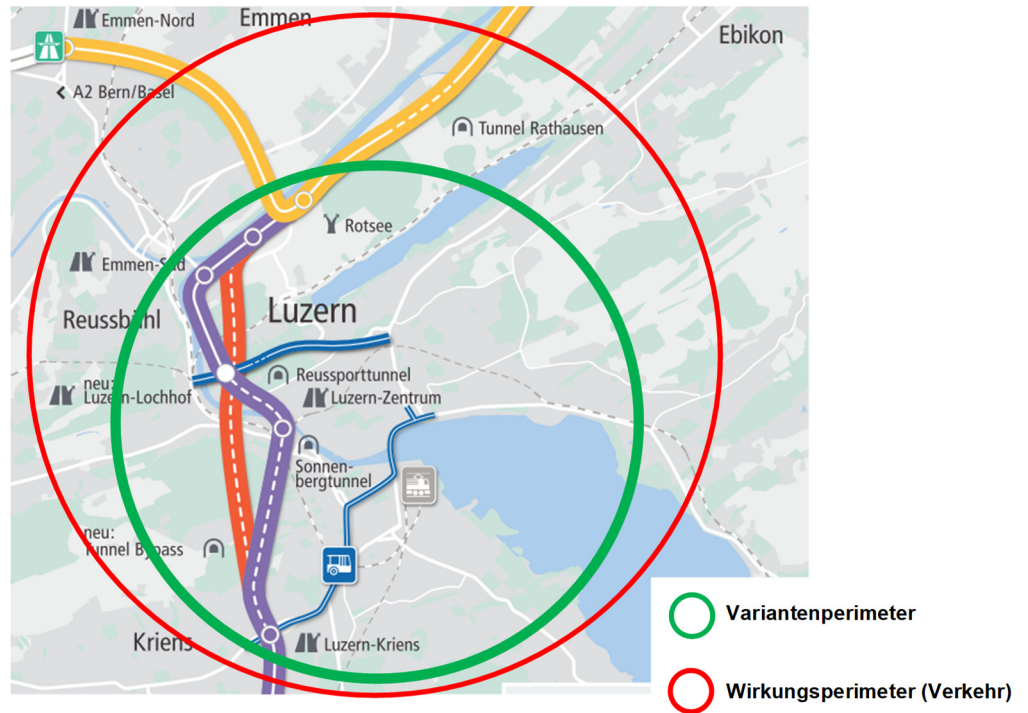


Abb. 18: Untersuchungsperimeter

Variantenfamilie

0+ (öV-Massnahmen)

Spange Nord kurz

Spange Nord lang

AS Lochhof + andere Anbindung

Alternativen

Legende

keine

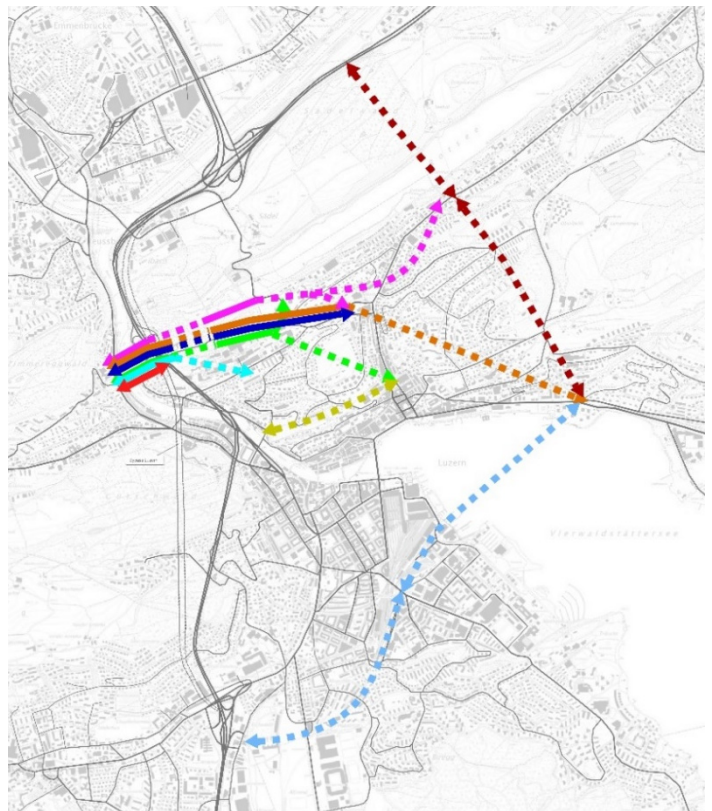


Abb. 19: Übersicht Auswahl charakteristische Variantenkombinationen in den Variantenfamilien

4 Ergebnisse der Phase 1: Variantenfächer und Vorauswahl

4.1 Untersuchungsperimeter und Vorgehen

In der Phase 1 der ZMB wird der Fächer der Varianten nochmals vollständig geöffnet, damit allfällige Alternativlösungen zur Erreichung der Projektziele erfasst werden. Einerseits werden aus den vorhandenen Grundlagen zum Bypass Luzern, bzw. den bereits durchgeführten Arbeiten zur Spange Nord Luzern, die verschiedenen Varianten der Spange Nord zusammengetragen und mit einzelnen neuen Kombinationen ergänzt. Andererseits werden bereits vorhandene, aber auch neue alternative Ansätze in den Variantenfächer aufgenommen. Dabei wird insbesondere auch eine Variante Spange Nord lang einbezogen, wie dies mit einem Vorstoss im Grossen Stadtrat Luzern zwischenzeitlich gefordert wurde. Der zugrunde gelegte Perimeter für die Variantenbetrachtung wurde vorgängig gemäss Abb. 18 abgegrenzt. Da eine Lösung die Verkehrsströme besser durch die Stadt Luzern führen soll und ein Bezug zum Projekt Bypass besteht, sind die grossräumigen Varianten nicht zielführend und somit ist auch eine Erweiterung des Perimeters nicht zielführend.

4.2 Stossrichtungen für die Variantengliederung

Der Variantenfächer kann in fünf grundsätzliche Ansätze gegliedert werden:

- Variante 0+, welche nur die Umsetzung der durchgehenden Busspuren berücksichtigt
- Varianten mit Spange Nord kurz, d.h. mit Anbindung im Bereich Schlossberg oder Spitalstrasse
- Varianten mit Spange Nord lang, d.h. mit Anbindung im Bereich Schlossberg und mindestens einer zusätzlichen weiteren Verbindung
- Varianten ohne Spange Nord, jedoch mit Anschluss Luzern-Lochhof und entsprechender alternativer Anbindung
- Alternative Varianten ohne Anschluss Luzern-Lochhof und ohne Spange Nord

Zu jedem Lösungsansatz sind verschiedene Varianten möglich. Die Ansätze werden deshalb als Variantenfamilien bezeichnet.

4.3 Auswahl Stossrichtungen/Variantenfamilien

In einem ersten Schritt werden aus den verschiedenen Variantenfamilien aufgrund der verkehrlichen Wirkung einzelne, charakteristische Varianten ausgewählt. Für diese Varianten werden mit Hilfe des Verkehrsmodells Analysen der Wirkung (DTV) durchgeführt. Anhand der beiden Beurteilungskriterien «Verkehrsentlastung auf Hauptachsen im Stadtgebiet Luzern» und «Anbindung ans Nationalstrassennetz verbessern» gemäss Zielsystem wird die verkehrliche Wirkung grob bewertet.

Die verkehrliche Wirkung wird einer groben Beurteilung der verkehrlichen Machbarkeit (Funktionalität der Anschlüsse, Verkehrsbelastung einzelner Abschnitte), der Investitionskosten sowie der bautechnischen Machbarkeit (bautechnische Risiken, Verfahrensrisiken) gegenübergestellt.

Anhand dieser Grobbewertung können jene Variantenfamilien selektiert werden, die grundsätzlich zielführend sind und anschliessend der detaillierten Bewertung der Phase 1 unterzogen werden.

4.3.1 Festlegung charakteristische Variantenkombinationen

Abb. 19 zeigt die 14 innerhalb der Variantenfamilien als charakteristisch ausgewählten Variantenkombinationen für die Grobbewertung. Im Anhang 1.1 ist die Auswahl der Varianten innerhalb des gesamten Variantenfächers dargestellt. Im Anhang 1.2 sind die ausgewählten Variantenkombinationen einzeln skizziert.

Tabelle 7: Grobbewertung charakteristische Variantenkombinationen

Variantenfamilie und ausgewählte Variantenkombination			AS Luzern	Lochhof	Führungsbücke	Verkehrliche Wirkung	Verkehrliche Machbarkeit / Funktionalität	Kosten	Machbarkeit (bautechnische Risiken, Verfahrensrisiken)
Massnahmen öV (Variante 0+, nur durchgehende Busspuren)			-	-	-	Entlastung: + Anbindung: - -	<ul style="list-style-type: none"> 2.5 Anschlüsse, sehr hohe Belastung der Anschlüsse Hohe Belastung Rosenberg 	Gering (Ohnehin-Kosten)	<ul style="list-style-type: none"> Kapazitätsabbau ohne Kompensation
Spange Nord kurz	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg	F20 – S50	X	X	-	Entlastung: ++ Anbindung: ++	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung Hohe Belastung Rosenberg 	<ul style="list-style-type: none"> 250 m Tunnel 2 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Strassenausbau à-Niveau (Rosenberg)
	Anschluss Spange Nord an Spitalstrasse	F30	X	X	-	Entlastung: ++ Anbindung: -	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung Sehr hohe Belastung Spitalstrasse 	<ul style="list-style-type: none"> 500 m Tunnel 2 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Erschliessung Spital kritisch
Spange Nord lang	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und Löwenplatz	F20 – F21 – S60	X	X	-	Entlastung: +++ Anbindung: +++	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung Hohe Belastung Spange Nord 	<ul style="list-style-type: none"> 1'250 m Tunnel 4 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Portal/Rampen Löwenplatz sehr kritisch
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Maihofstrasse	F11 – S10	X	X	-	Entlastung: +++ Anbindung: +++	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung 	<ul style="list-style-type: none"> 1'900 m Tunnel 5 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Portal/Rampen Maihof kritisch
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Haldenstrasse	F20 – S50 – S30	X	X	-	Entlastung: ++ Anbindung: ++	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung Hohe Belastung Rosenberg 	<ul style="list-style-type: none"> 1'950 m Tunnel 4 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Portal/Rampen Haldenstr. kritisch Strassenausbau à-Niveau (Rosenberg)
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Maihof- und Haldenstrasse	F11 – S10 – S30	X	X	-	Entlastung: +++ Anbindung: +++	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung 	<ul style="list-style-type: none"> 3'600 m Tunnel 7 Portale Brücke 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Portal/Rampen Maihof kritisch Portal/Rampen Haldenstr. kritisch
AS Luzern-Lochhof ohne Spange Nord	Ohne Anbindung Friedentalstrasse		X	X	-	Entlastung: ++ Anbindung: -	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung Hohe Belastung St. Karlibrücke und Baselstr. (Rtg. Emmen) 	<ul style="list-style-type: none"> Brücke 	
	Mit Einbahnring Friedentalstrasse – St. Karlistrasse		X	X	-	Entlastung: ++ Anbindung: -	<ul style="list-style-type: none"> 3.5 Anschlüsse, gute Verteilung 	<ul style="list-style-type: none"> Brücke 	
Alternative Variante	Musegg Tunnel mit Wendemöglichkeit Rtg. Süden via Lochhof		-	-	-	Entlastung: ++ Anbindung: - - -	<ul style="list-style-type: none"> 2.5 Anschlüsse, sehr hohe Belastung der Anschlüsse 	<ul style="list-style-type: none"> 850 m Tunnel 2 Portale, 4 Rampen 	<ul style="list-style-type: none"> Innerst. Tunnel Portal/Rampen Löwenplatz sehr kritisch
	Tunnel Rotsee mit Anschluss an A14		-	-	-	Entlastung: ++ Anbindung: +++	<ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe Belastung Maihofstrasse Sehr hohe Belastungen Anschlussbereich A14 	<ul style="list-style-type: none"> 1'000 m Tunnel (unter See) 2 Portale 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss an A14 sehr kritisch Geologie / Grundwasser kritisch
		Forts. bis Haldenstr.	-	-	-	Entlastung: ++ Anbindung: +++	<ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe Belastung Rotseetunnel Sehr hohe Belastung Maihofstrasse Sehr hohe Belastungen Anschlussbereich A14 	<ul style="list-style-type: none"> 2'600 m Tunnel (teilweise unter See) 4 Portale 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss an A14 sehr kritisch Geologie / Grundwasser kritisch Portal/Rampen Haldenstr. kritisch
	Seetunnel mit Spange Süd		-	-	-	Entlastung: ++ Anbindung: -	<ul style="list-style-type: none"> 2.5 Anschlüsse, sehr hohe Belastung der Anschlüsse 	<ul style="list-style-type: none"> 1'500 m Tunnel (unter See) 2 Portale Spange Süd 	<ul style="list-style-type: none"> Geologie / Grundwasser kritisch
	öV-Variante			-	-	-	Keine Bewertung im Rahmen der ZMB Spange Nord Luzern, ZMB Bypass Luzern zeigte auf, dass die Verkehrsbelastung in den hier betrachteten Abschnitten gering ist.		

Legende: Verbesserung
Keine relevante Veränderung
Verschlechterung

stark	mittel	leicht
leicht	mittel	stark

4.3.2 Grobbewertung der charakteristischen Variantenkombinationen

Die Grobbewertung der charakteristischen Variantenkombinationen ist in Tabelle 7 zusammengestellt.

Für die Bewertung des verkehrlichen Nutzens werden die beiden Indikatoren «Verkehrsentlastung» und «Anbindung ans Nationalstrassennetz verbessern» gemäss dem Zielsystem ausgewertet. Der Gesamtnutzen wird anhand dieser beiden Indikatoren bewertet. Die Ergebnisse zeigen drei Stufen einer positiven Auswirkung (grün, mit zunehmendem Nutzen dunkler) sowie eine Stufe einer negativen Auswirkung (gelb).

Die Machbarkeit und die Auswirkungen der Varianten werden mit den Indikatoren «Verkehrliche Machbarkeit/Funktionalität», «Kosten» und «Machbarkeit (bautechnische Risiken, Verfahrensrisiken)» bewertet. Die wichtigsten Merkmale bzw. kritische Punkte sind in der Tabelle kurz beschrieben. Daraus wird die Grobbewertung abgeleitet. Für die Variantenergebnisse ergeben sich vier Abstufungen (weiss: neutral; gelb /orange /rot: zunehmende negative Auswirkungen).

4.3.3 Analyse und Fazit der Grobbewertung

Die Gegenüberstellung der Beurteilung der einzelnen Indikatoren führt zu folgendem Fazit der Grobbewertung:

Variante 0+

Die Variante 0+ wird für die detaillierte Beurteilung berücksichtigt.

Trotz bescheidener bzw. eher negativer Wirkung stellt diese Variante einen methodischen Eckpfeiler im Variantenspektrum dar, der die Auswirkungen eines Verzichts auf die Spange Nord aufzeigt, und deshalb vertieft beurteilt werden soll.

Varianten Spange Nord kurz

Die Variantenfamilie einer «Spange Nord kurz mit einem Anschluss beim Schlossberg» wird für die detaillierte Beurteilung berücksichtigt. Dabei werden verschiedene Linienführungen sowie die Untervariante des Tunnels Rosenberg miteinbezogen. Die Varianten werden mit und ohne Fluhmühlebrücke berücksichtigt.

Die Variantenfamilie einer «Spange Nord kurz mit einem Anschluss an die Spitalstrasse» wird für die detaillierte Beurteilung nicht weiter berücksichtigt, da kein deutlicher Zusatznutzen gegenüber der kurzen Variante mit Anschluss im Bereich Schlossberg entsteht, der kritische Bereich Rosenberg bestehen bleibt und zusätzliche Probleme, z.B. in den Bereichen Spitalstrasse und St. Karlstrasse, entstehen. Diese Beurteilung gilt auch für eine Lösung ohne Fluhmühlebrücke.

Variante Spange Nord lang

Aufgrund der hohen verkehrlichen Wirkung werden auch Varianten der «Spange Nord lang» für die Detailbewertung berücksichtigt, obwohl die Kosten gegenüber der Variante Spange Nord kurz deutlich höher sind.

Aufgrund der hohen verkehrlichen Wirkung und der Entlastung kritischer Abschnitte im Bereich Rosenberg/ Schlossberg wird die Variantenfamilie «Spange Nord mit Anschluss an Schlossberg und Maihofstrasse» weiter berücksichtigt. Zusätzlich wird die Variantenfamilie «Spange Nord mit Anschluss an Schlossberg und Haldenstrasse» berücksichtigt, da diese einen verkehrlichen Nutzen in einem anderen Gebiet aufweist. Bei beiden Variantenfamilien werden in der Detailbeurteilung Kombinationen mit und ohne Fluhmühlebrücke berücksichtigt.

Die Kombination der beiden Varianten mit Anschluss an Maihofstrasse und Haldenstrasse wird aufgrund der hohen zusätzlichen Kosten, welche keinen deutlichen Zusatznutzen bringen, nicht weiterverfolgt.

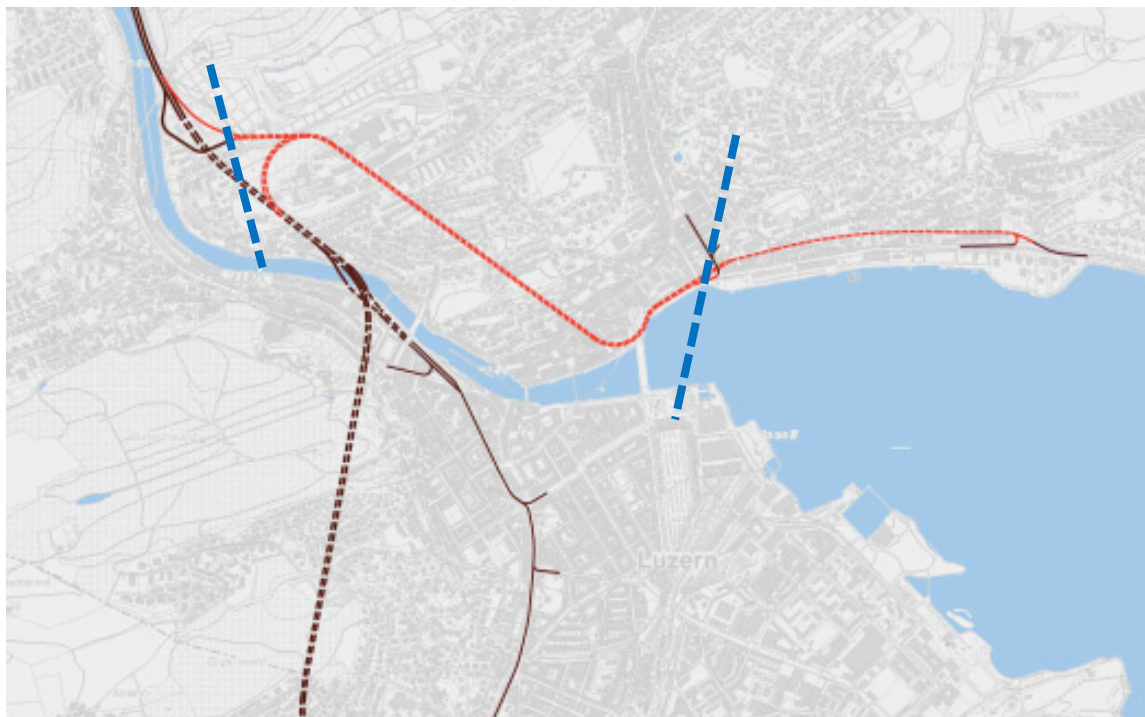


Abb. 20: Übersicht Variante Spange Mitte (Quelle: [3])
(Ergänzungen in blau: Dreilindentunnel Durchgangsbahnhof Luzern sowie Bypass Luzern)

Varianten mit Anschluss Luzern-Lochhof ohne Spange Nord

Die Variantenfamilie mit einer Fluhmühlebrücke ohne Spange Nord wird weiterverfolgt.

Alternative Varianten

Zur Komplettierung des Variantenfächers in der detaillierten Beurteilung wird als alternative Variante der Tunnel Rotsee berücksichtigt. Jedoch werden in einem Zwischenschritt vor der detaillierten Bewertung gezielte Abklärungen zur geometrischen Machbarkeit (horizontale und vertikale Linienführung) durchgeführt, um offensichtliche No-Gos auszuschliessen (vertiefte sowie allfällige geologische Abklärungen würden dann erst in der ZMB Phase 2 folgen).

Die weiteren, alternativen Varianten werden nicht weiterverfolgt, da sie sehr hohe Kosten und/oder kritische Punkte bei der baulichen Machbarkeit aufweisen und beim verkehrlichen Nutzen nur mässig gut abschneiden.

Umgang mit dem Vorschlag «Spange Mitte»

Der Vorschlag einer neuen Lage für die Spange als Anbindung zwischen dem Reussporttunnel und dem Luzernerhof (Abb. 20) wurde nach Abschluss der Phase 1 publik gemacht. Bei diesem Ansatz handelt es sich um eine Art der Variante lang mit einer alternativen Anbindung an die Stadtautobahn anstelle des Anschlusses Luzern-Lochhof. Sie wird im Kap. 5 im Rahmen der Konkretisierung der Variante lang auf ihre Machbarkeit untersucht.

Tabelle 8: Zusammenfassung Detailbewertung

Bereich	Teilziel	Referenzfall	Spange Nord kurz						Spange Nord lang				Lochhof		Altern.	
			Nur durchgehende Busspuren	Spange Nord kurz, VP optimiert (B1)		Spange Nord kurz, (B1) mit Tunnel Rosenberg		Spange Nord kurz, Tunnel Lochhof - Sederstrasse - Schlossberg (F11-S21)		Spange Nord lang, Anschluss an Schlossberg und Mathofstrasse (F11-S10)		Spange Nord lang, Anschluss an Schlossberg und Haldenstrasse (F11-S21-S30)		AS Luz.-Lochhof & Fluhmühlebrücke	Lochhof mit Einb., Fluhmühlebrücke	Brücke Rotsee
Direkte Kosten	Investitionskosten		Kat. 1	Kat. 2	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 4	Kat. 6	Kat. 6	Kat. 6	Kat. 6	Kat. 1	Kat. 2	Kat. 2
Verkehrsqualität	Verkehrsentslastung HVS Stadtgebiet Luzern		+	++	+	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	++	++	++
	Stärkung strassengebundener öV		+	++	+	++	++	++	++	+++	++	+++	+++	++	++	++
	Attraktivität Langsamverkehr		+	++	+	+++	+	+++	++	+++	++	+++	++	++	++	++
	Funktionalität HLS-Anschlüsse		-	++	++	++	++	++	++	+	++	+	++	++	++	--
	Reisezeiten MIV		---	-	--	-	--	-	--	-	--	+	-	--	--	--
Sicherheit	Verkehrssicherheit		+	++	+	+++	++	++	+	++	+	++	+	+	++	+
Siedlungsentwicklung	Anbindung an Nationalstrasse		--	++	+	++	++	+++	++	+++	++	+++	++	-	-	0
	Eingriffe Siedlungsraum und Ortsbild		0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	-	-
	Beeinträchtigung Erholungsgebiete		0	--	-	--	-	-	0	-	0	-	0	-	--	---
Umwelt	Lärmbelastung		+	++	+	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
	Eingriffe Natur und Landschaft		0	-	0	-	0-	-	0	-	0	-	0	-	-	---
	Einwirkungen Grundwasser und Gewässer		0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	--
Realisierung und Kohärenz	Bautechnische Risiken		0	-	-	--	--	--	--	---	---	---	---	0	-	-
	Übereinstimmung mit übergeordneter Planung		--	0	-	-	-	--	--	--	--	--	--	--	--	---

m. FB/ o. FB: mit Fluhmühlebrücke /ohne Fluhmühlebrücke

Legende: Verbesserung
Keine relevante Veränderung
Verschlechterung

stark	mittel	leicht
leicht	mittel	stark

4.4 Detailbewertung der Varianten Phase 1

4.4.1 Übersicht Vergleichswertanalyse

Für die verbleibenden Varianten wird eine Vergleichswertanalyse mit dem festgelegten Zielsystem durchgeführt.

Für die Teilziele der Bereiche Verkehrsqualität, Sicherheit, Siedlungsentwicklung, Umwelt sowie Realisierung und Kohärenz werden die Varianten mit dem Referenzfall (Gesamtsystem Bypass Luzern ohne Anschluss Luzern-Lochhof und ohne Spange Nord) verglichen und von +++ bis - - - bewertet.

Für das Teilziel «Investitionskosten» werden 7 Kostenkategorien gebildet, da die Kosten in der Phase 1 nur sehr grob geschätzt werden können. Die Kostenkategorie 1 reicht von CHF 1 bis 100 Mio., die Kostenkategorie 7 steht für Kosten über CHF 1'000 Mio.

Bei der Grobkostenschätzung ist der Anschluss Luzern-Lochhof nicht berücksichtigt, weil dessen Bau Bestandteil des ASTRA-Projekts ist. Dagegen beinhaltet die Kostenschätzung bei allen Varianten die Kosten für die Umsetzung der durchgehenden Busspuren, weil diese zunächst als fester Projektbestandteil angesehen wurden.

Die Übersicht ist in Tabelle 8 zusammengestellt.

4.4.2 Zusammenfassung der Detailbewertung Phase 1

Variante 0+

Die Variante 0+ wird in die Phase 2 einbezogen.

Trotz bescheidener bzw. eher negativer Wirkung stellt diese Variante einen methodischen Eckpfeiler im Variantenspektrum dar, der die Auswirkungen eines Verzichts auf die Spange Nord aufzeigt und deshalb vertieft beurteilt werden soll.

In der Phase 2 werden die Stellen mit kritischen Aus- und Überlastungen im Bereich der Autobahnanschlussknoten sowie auf den Stadtzubringern, welche zu Behinderungen des öV führen können, detaillierter auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft.

Variantenfamilie Spange Nord kurz

Bei den Varianten der Spange Nord kurz ergibt sich keine deutliche Bestvariante.

Neben der bisherigen Variante VP_{optimiert} sollen deshalb auch die Varianten mit einem Tunnel Rosenberg und mit einem durchgehenden Tunnel zwischen Lochhof und Schlossberg weiterverfolgt werden.

Die Fluhmühlebrücke hat bei allen drei Varianten eine ähnliche Wirkung. Durch den Verzicht auf die Fluhmühlebrücke ergibt sich eine Verschlechterung der verkehrlichen Wirkung, jedoch nehmen die Umwelteingriffe ab. Für die Weiterbearbeitung sind alle Varianten «Spange Nord kurz» sowohl mit als auch ohne Fluhmühlebrücke zu betrachten.

Variantenfamilie Spange Nord lang

Die Varianten «Spange Nord lang» weisen gegenüber den Varianten «Spange Nord kurz» noch bessere Bewertungen im Bereich Verkehrsqualität sowie bei den Teilzielen «Anbindung an Nationalstrasse» und «Lärmbelastung» auf. Die Kosten steigen jedoch auf das Doppelte bis Vierfache der kurzen Varianten an. Ob sich insgesamt ein besseres Nutzen-Kosten-Verhältnis ergibt, kann nur mit einer detaillierten Quantifizierung in der Phase 3 der ZMB beurteilt werden.

In der Phase 2 wird deshalb die Variante Spange Nord lang mit Anschluss an den Schlossberg und an die Haldenstrasse vertieft.

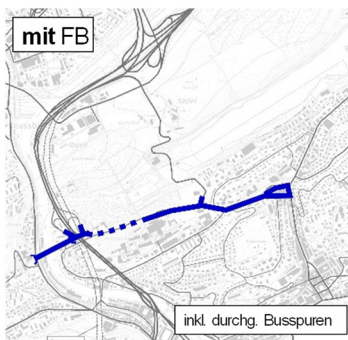
Variante 0+:
durchgehende
Busspuren¹



Fluhmühlebrücke (FB)



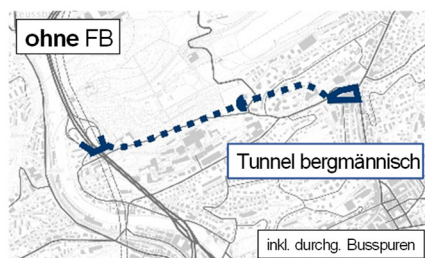
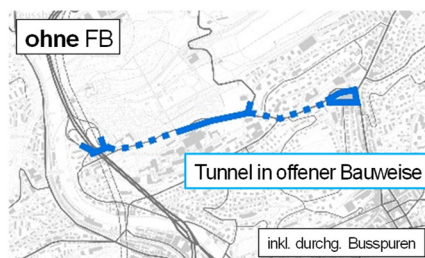
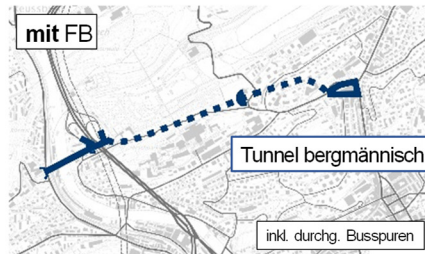
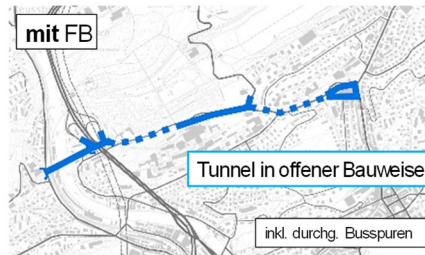
Spange Nord kurz



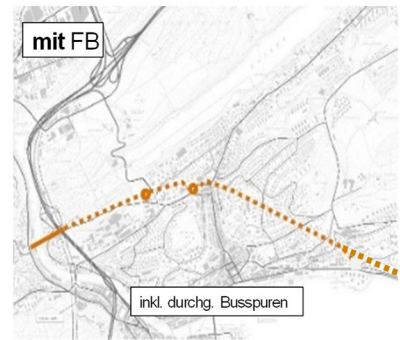
(V_P optimiert)



Spange Nord kurz mit
Tunnel Rosenberg



Spange Nord lang



¹ Massnahmen für den öffentlichen Verkehr mit durchgehenden Busspuren im Bereich Kupferhammer (Kriens) bis Luzernerhof

Abb. 21: Vorauswahl für Phase 2

Die Fluhmühlebrücke weist eine ähnliche Wirkung wie bei den Varianten «Spange Nord kurz» auf. Durch den Verzicht ergeben sich Verschlechterungen in der verkehrlichen Wirkung, jedoch nehmen die Eingriffe ab. Für die Weiterbearbeitung werden deshalb zunächst beide Untervarianten (mit und ohne Fluhmühlebrücke) berücksichtigt.

Bei der Konkretisierung der Variante lang in der Phase 2 werden auch die alternativen Endpunkte gemäss der von privater Seite in die öffentliche Diskussion eingebrachte Variante Mitte einbezogen.

Varianten Anschluss Luzern-Lochhof

Bei den Varianten mit Anschluss Luzern-Lochhof, aber ohne Spange Nord, zeigt sich, dass positive Auswirkungen im Bereich der Verkehrsqualität und beim Teilziel «Anbindung ans Nationalstrassennetz» vorhanden sind, jedoch in anderen Gebieten als bei den übrigen Varianten.

Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne Spange Nord) wird in der Phase 2 weiterbearbeitet.

Die Variante Lochhof ohne Spange Nord mit Anschluss der Friedentalstrasse über einen Einbahnring wird hingegen nicht weiterverfolgt. Es sind aufwändige, zusätzliche Elemente zu erstellen, und die Vorteile der Variante sind gering.

Variante Tunnel resp. Brücke Rotsee

Eine Variante Tunnel Rotsee ist aufgrund der geometrischen Rahmenbedingungen (Längenprofil usw.) nicht realisierbar. Die alternative Variante einer Brücke Rotsee wird auch nicht mehr weiterverfolgt. Die negativen Auswirkungen im Bereich Umwelt sind sehr gross und die Funktionalität der Autobahnanschlüsse kritisch.

Aufgrund der grossen Beeinträchtigungen im Bereich Umwelt wird auch eine Variantenkombination Brücke Rotsee und Fluhmühlebrücke inkl. Anschluss Luzern-Lochhof trotz verbesserter Wirkung (Problematik Funktionalität HLS-Anschlüsse entschärft) nicht weiterverfolgt.

4.4.3 Vorauswahl für die Phase 2

Aufgrund der detaillierten Beurteilung werden die folgenden zehn Varianten für die Weiterbearbeitung in der Phase 2 ausgewählt (s. Abb. 21). Bei allen Varianten wird vorerst die Umsetzung der durchgehenden Busspuren einbezogen.

- Variante 0+ (Umsetzung durchgehender Busspuren)
- Variante Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (VP_{optimiert})
- Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg mit Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord kurz mit durchgehendem Tunnel Lochhof – Sedelstrasse – Schlossberg mit Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord kurz mit durchgehendem Tunnel Lochhof – Sedelstrasse – Schlossberg ohne Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord lang mit Anschluss an Schlossberg und Haldenstrasse mit Fluhmühlebrücke
- Variante Spange Nord lang mit Anschluss an Schlossberg und Haldenstrasse ohne Fluhmühlebrücke

In der Phase 2 ist neben der baulichen Machbarkeit auch die verkehrstechnische Funktionsfähigkeit der Varianten zu prüfen.

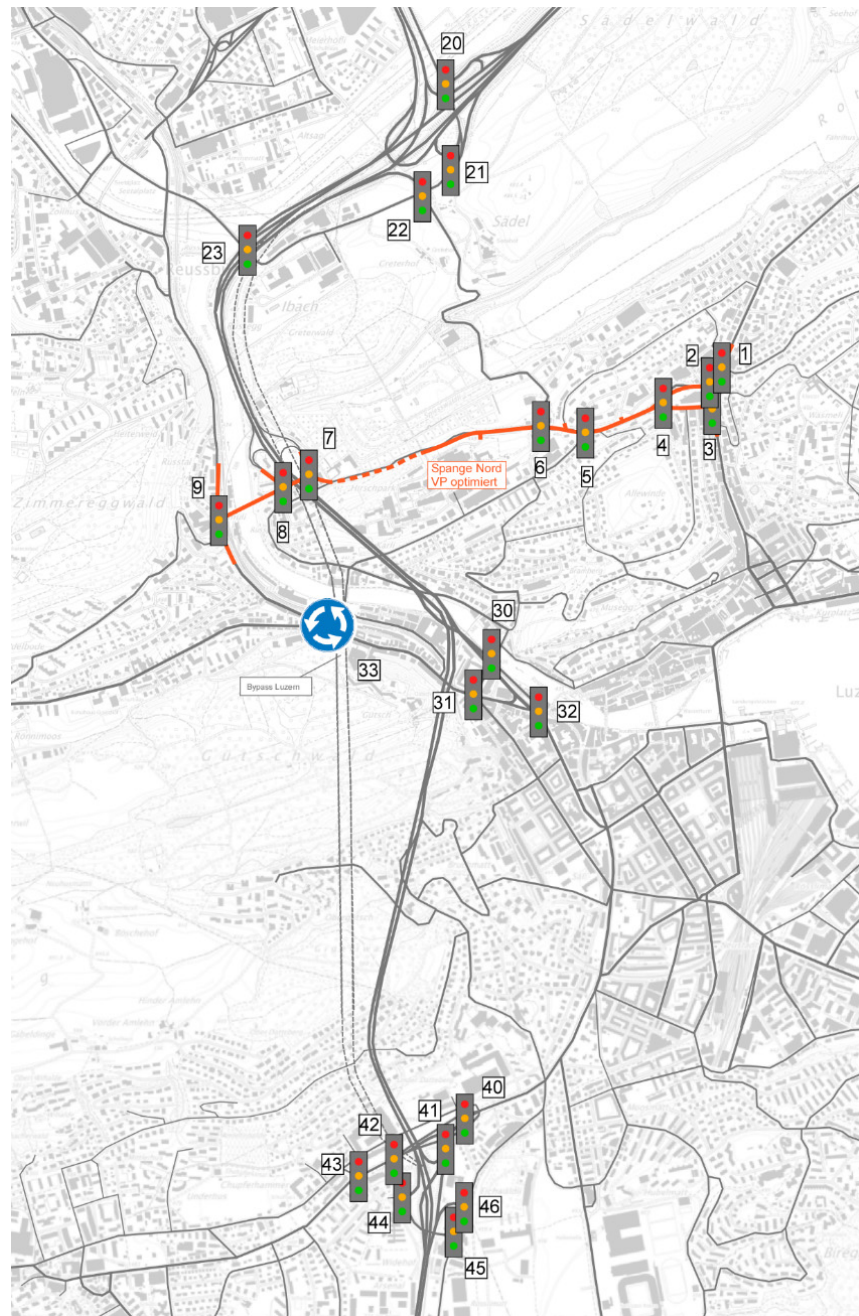


Abb. 22: Massgebende Knoten für die Leistungsfähigkeitsberechnungen

Tabelle 9: Verkehrsqualitätsstufen (gemäss VSS-40 022ff) für den motorisierten Individualverkehr

Verkehrsq- li-tätsstufe (VQS)	Verkehrsqualität	Merkmale des Verkehrsablaufs
A	Sehr gut	In der Regel kann der Knoten ungehindert passiert werden.
B	Gut	Die mittleren Wartezeiten sind kurz.
C	Zufriedenstellend	Die mittleren Wartezeiten sind spürbar. Im Mittel tritt nur geringer Rückstau auf.
D	Ausreichend	Die mittleren Wartezeiten sind beträchtlich. Der Verkehrsablauf ist noch stabil.
E	Mangelhaft	Die mittleren Wartezeiten sind sehr gross. Die Kapazität wird erreicht.
F	Völlig ungenügend	Die mittleren Wartezeiten sind extrem gross. Der Knoten ist überlastet.

5 Ergebnisse der Phase 2: Abklärungen zur Machbarkeit

5.1 Inhalt und Vorgehen

Die Prüfung der Machbarkeit umfasst die Untersuchung der verkehrstechnischen Funktionsfähigkeit, die Prüfung der bautechnischen Machbarkeit und eine Grobkostenschätzung.

5.1.1 Verkehrstechnische Prüfung

Die verkehrstechnische Machbarkeit wird anhand der statischen Prüfung der Leistungsfähigkeit der massgebenden Knoten und einer fachlichen Einschätzung der Auswirkungen auf die Nachbarknoten und der Bevorzugungsmöglichkeiten für den öffentlichen Busverkehr beurteilt. Auf Verkehrssimulationen wird in der ZMB verzichtet, weil der Aufwand dafür aufgrund der vielen Varianten nicht verhältnismässig wäre und keine detaillierte Projektierung der Knoten erfolgt.

Die Nachweise erfolgen anhand der Verkehrsprognose 2040 für den Referenzzustand mit Bypass Luzern (System Bypass Luzern ohne Anschluss Luzern-Lochhof und ohne Spange Nord, vgl. Kap. 2.3). Aufgrund des höheren Belastungsniveaus wird die Abendspitzenstunde (ASP) als massgeblicher Zustand betrachtet und auf eine separate Beurteilung der Morgenspitzenstunde (MSP) verzichtet.

Für die Beurteilung der Varianten in der ZMB-Phase 3 werden die Leistungsbeurteilungen sowie die Veränderungen der Auslastungen an den bestehenden Autobahnanschlüssen Emmen-Süd, Luzern-Zentrum und Luzern-Kriens benötigt.

Im übrigen Bearbeitungssperimeter wurden die massgebenden Knoten durch direkten Vergleich mit der Variante Spange Nord des Vorprojektes (Kurzbezeichnung «VP_{optimiert}») [15] lokalisiert. In erster Linie betrifft dies die Knoten entlang der Achse Fluhmühlebrücke – Rosenberg – Schlossberg. Zusätzlich wurden der Knoten Kreuzstutz sowie je nach Variante weitere zusätzliche Knoten geprüft. Sofern die Knotenbelastungen eine massgebende Veränderung gegenüber der Variante VP_{optimiert} aufwiesen, wurden Leistungsberechnungen durchgeführt und geprüft, ob Ausbaumassnahmen notwendig oder Redimensionierungen der Knoten möglich sind.

Abb. 22 zeigt eine Übersicht über alle massgebenden Knoten. Je nach Variante müssen alle oder einzelne davon untersucht werden.

Die Leistungsfähigkeitsberechnungen wurden für die Abendspitzenstunde mittels statischer Berechnung gemäss VSS Normen VSS-40022, VSS-40023A bzw. VSS-40024A durchgeführt. Die Beurteilung erfolgt nach den Verkehrsqualitätsstufen (VQS) dieser Norm, die in Tabelle 9 abgebildet sind. Knoten mit einer VQS F sind nicht funktionsfähig. Angestrebt wird mindestens eine VQS D, eine VQS E ist aber in den Spitzenstunden zulässig.

5.1.2 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Die Prüfung der bautechnischen Machbarkeit beinhaltet einen geometrischen Entwurf der Anlagen in der Situation und soweit erforderlich im Längenprofil. Damit wird geprüft, ob der Platz für die bauliche Anlage vorhanden ist, bzw. zu welchen Auswirkungen der Platzbedarf führt. Da die meisten Anlageteile bereits in früheren Studien geplant oder projektiert wurden und der Platzbedarf in den innerstädtischen Verhältnissen genauer als im freien Gelände geprüft werden muss, werden die Pläne in CAD erstellt. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Details bereits geplant und verbindlich sind. Die genaue Anordnung der Anlagen und die Optimierung erfolgt erst in der nächsten Projektphase, wenn die Variante zur Weiterbearbeitung festgelegt worden ist.

Die Kosten der Varianten werden als Grundlage für den Variantenvergleich der ZMB Phase 3 grob abgeschätzt. Die Schätzung erfolgt auf Basis von Erfahrungswerten und der vorliegenden Kostenermittlung der Variante VP_{optimiert}.

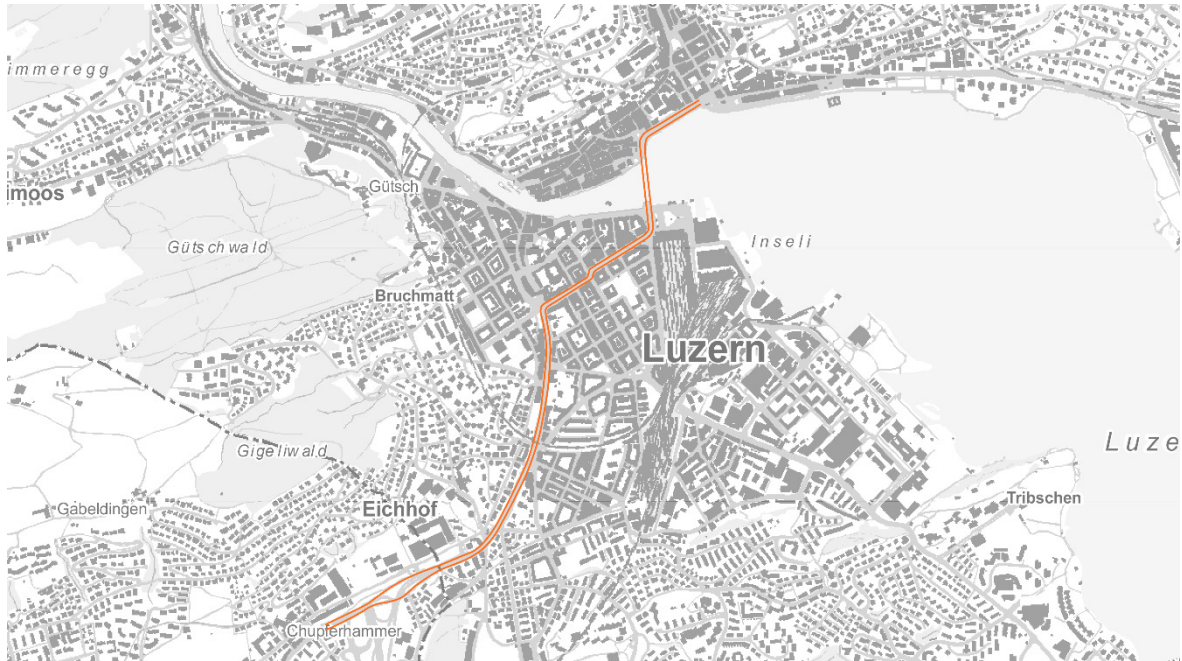


Abb. 23: Ausdehnung der durchgehenden Busspuren

Tabelle 10: Verkehrsmengen und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Autobahnanschlüsse Variante 0+

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
22	Emmen Süd Sedel West	3'367	D
30	Geissmattbrücke Süd	2'396	F
31	Basel-/Gütschstr.	2'664	F
42	Grosshof 1	2'854	E

Tabelle 11: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Kreis Kreuzstutz Variante 0+

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Ist-Zustand	VP _{optimiert}	Variante 0+	
		Verkehrsmenge ASP 2017 [PWE/h]	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
33	Kreisel Kreuzstutz	2'266	2'116	2'733	F

Aufgrund der Projektstufe sind die Kostenunsicherheiten relativ hoch. Die geschätzten Kosten sind unverbindlich. Sie dienen einzig dem Vergleich der Varianten untereinander im Rahmen der ZMB Phase 3. Die Kostenermittlung wird für alle Varianten analog aufgebaut und basiert auf vergleichbaren Kostenkennwerten. Die Vergleichbarkeit der Varianten unter sich ist damit gewährleistet.

Die Genauigkeit der Kosten beträgt für die Studien im Allgemeinen +/- 30 % bis 40 %. Bei den Varianten an der Oberfläche gilt aufgrund der Vergleiche mit dem Vorprojekt eher die untere Grenze. Bei den Tunnellösungen sind die Unsicherheiten generell grösser, weshalb der obere Wert der Bandbreite zutrifft.

5.2 Variante durchgehende Busspuren (Variante 0+)

5.2.1 Vorbemerkungen

Im Projekt Spange Nord wurden die Massnahmen für den öffentlichen Verkehr «mit durchgehenden Busspuren von Kupferhammer bis Luzernerhof» umschrieben. Im vorliegenden Bericht wird dafür die Bezeichnung «durchgehende Busspuren» verwendet. Die Variante durchgehende Busspuren (Variante 0+) umfasst die Umwidmung von zwei MIV-Fahrstreifen in reine Busspuren wie in Abb. 23 dargestellt. Diese Spurreduktion für den MIV führt zu einer Kapazitätsreduktion und damit zu Verkehrsumlagerungen auf andere Achsen – einerseits auf die Autobahnen und entsprechend zu den Autobahnanschlussknoten und andererseits auf die Baselstrasse, die Spitalstrasse, die Friedentalstrasse, auf den Hirschengraben und auf verschiedene Quartierstrassen, insbesondere in den Quartieren Hochwacht und Luegisland.

5.2.2 Verkehrstechnische Machbarkeit

Durch die Verkehrsverlagerungen ergeben sich an den drei Autobahnanschlüssen Emmen-Süd, Luzern-Zentrum und Kriens Verkehrszunahmen gegenüber dem Referenzzustand.

Beim Anschluss Emmen-Süd können die Verkehrsmengen verarbeitet werden.

Beim Anschlussknoten Luzern-Zentrum (Knoten 30 und 31) ergeben sich durch die Verkehrszunahmen deutliche Überlastungen. Dadurch nehmen die Rückstausituationen und die Behinderungen des Busbetriebes stark zu, ohne Möglichkeiten für eine Busbevorzugung. Die Folgen sind eine schlechte Verkehrsqualitätsstufe (VQS) und höhere Sicherheitsrisiken (vgl. Tabelle 10). Zudem besteht die Gefahr, dass das gesamte Knotensystem im Bereich des Anschlusses überstaut und der Verkehrsfluss über längere Zeit zum Erliegen kommt.

Am Knoten Grosshof 1 besteht eine hohe Auslastung, sodass die öV-Bevorzugung auf dieser wichtigen öV-Achse nur teilweise aufrechterhalten werden kann.

Entlang der öV-Achse Obergrundstrasse – Pilatusstrasse – Seebrücke – Schweizerhofquai – Zürichstrasse sinken die Verkehrsbelastungen durch den Spurbau für den MIV auf das gewünschte Niveau. Jedoch fallen diese etwas tiefer aus als mit einer Spange Nord. Beim Knoten Eichhof führt dies dazu, dass die Knotenleistungsfähigkeit kritisch wird und die öV-Bevorzugung nicht in vollem Umfang umgesetzt werden kann.

Die Verkehrsverlagerungen führen entlang der Spitalstrasse sowie der Baselstrasse zu erheblichen Verkehrszunahmen. In Tabelle 11 sind zum Vergleich auch die Belastungen im Ist-Zustand und in der Variante VP_{optimiert} dargestellt. Der Kreisel Kreuzstutz ist stark überlastet. Es entstehen lange Rückstaus und damit verbunden grosse Verlustzeiten für die Busse, da in diesem Bereich nur sehr geringe Möglichkeiten für eine Busbevorzugung bestehen.

Durch die durchgehenden Busspuren ergeben sich auch Verlagerungen des Verkehrs auf die Achse Friedentalstrasse bis zum Schlossberg, der Verkehr Richtung Zürichstrasse nimmt dagegen ab. Dadurch verschärft sich die Überlastung am Knoten Spital-/Friedentalstrasse. Zudem entsteht eine Überlastung beim Kreisel Rosenberg. Eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur und insbe-

Tabelle 12: Verkehrsnachfrage 2040 im Untersuchungsgebiet für die Variante 0+

Bezugsgrösse	Referenz 2040	Variante 0+ 2040
Fahrtenzahl DTV (Fz/Tag) vgl. zu Ref 2040	454'326	445'752 -1.9 %
Fahrleistung DTV (Fzkm/Tag) vgl. zu Ref 2040	1'309'041	1'299'957 -0.7 %
Fahrtenzahl ASP (Fz/Stunde) vgl. zu Ref 2040	38'552	38'030 -1.4 %
Fahrleistung ASP (Fzkm/Stunde) vgl. zu Ref 2040	110'430	109'496 -0.8 %

sondere ein zuverlässiger Busbetrieb können ohne Ausbau der Friedentalstrasse zwischen dem Knoten Sedelstrasse und dem Schlossberg nicht gewährleistet werden.

5.2.3 Sensitivitätsprüfung

Die verkehrstechnischen Nachweise werden für alle Varianten zunächst mit einer einheitlichen Verkehrsnachfrage berechnet. Als ZMB-Nachfrage wurde die Nachfrage des Referenzzustandes festgelegt. Für die Variante 0+ wird somit die Nachfrage leicht überschätzt, da die reduzierte Leistungsfähigkeit infolge der Spurumwidmung im Zentrum zu einer leichten Reduktion der Nachfrage im Netz führen wird (vgl. Tabelle 12). Zur Prüfung der Stabilität der oben beschriebenen Resultate wurden für die Variante 0+ zusätzlich Auswertungen mit der reduzierten Nachfrage durchgeführt.

Bei Berücksichtigung der reduzierten Nachfrage liegen die Belastungen auf den überlasteten Abschnitten im Bereich Anschluss Luzern-Zentrum, Baselstrasse und Friedentalstrasse in der ASP um ca. 5 % bis 8 % tiefer.

Die Überlastungssituation beim Anschluss Luzern-Zentrum ist mit den tieferen Belastungen geringer, es bleibt jedoch die Verkehrsqualitätsstufe F bestehen (z.T. an anderen Knoten).

Die Knotenbelastung beim Kreisel Kreuzstutz reduziert sich leicht (2'640 statt 2'733 PWE/h). Die Verkehrsmenge auf dem massgebenden Strom bleibt jedoch nahezu unverändert, so dass die starke Überlastung bestehen bleibt.

Die tiefere Belastung entlang der Friedentalstrasse führt bei den überlasteten Knoten im Bereich Schlossberg und Friedental-/Spitalstrasse zu keiner spürbaren Verbesserung.

Insgesamt ergeben sich mit der tieferen Nachfrage an den massgebenden Knoten im betrachteten Netz keine akzeptablen Verkehrsqualitätsstufen. Die negativen Auswirkungen für den MIV und die Zunahme der Verlustzeiten für den öV-Betrieb bleiben bestehen.

5.2.4 Fazit

Die verkehrstechnische Prüfung der Variante 0+ zeigt auf, dass die Funktionalität des Verkehrsnetzes im Anschlussbereich Luzern-Zentrum für die Nachfrage 2040 ungenügend ist. Durch die Verkehrsverlagerung verschlechtert sich die Verkehrsqualität am bereits kritischen Autobahnanschlussknoten Luzern-Zentrum zusätzlich.

Die Verkehrsverlagerungen auf dem Kantons- und Gemeindestrassennetz als Folge der durchgehenden Busspuren können ohne Umsetzung einer Spange Nord und des Anschlusses Luzern-Lochhof nur teilweise aufgenommen und verarbeitet werden. Die Überlastungen führen insbesondere zu erheblichen Beeinträchtigungen des Busbetriebs.

Um die verkehrstechnische Machbarkeit der Variante 0+ herzustellen, wären Ausbaumassnahmen an den Autobahnanschlussknoten Luzern-Zentrum und Kriens sowie Massnahmen beim Kreisel Kreuzstutz, entlang der Baselstrasse, beim Knotensystem Schlossberg und beim Knoten Friedental-/Spitalstrasse notwendig. All diese Massnahmen lassen sich im bestehenden Strassenraum nicht umsetzen bzw. würden grössere Eingriffe in die bestehenden städtischen Gebiete bedingen.

Die Weiterentwicklung der Variante 0+ hin zu einer funktionsfähigen Lösung ist mit den Verkehrsmengen gemäss Referenzzustand nicht möglich. Auch eine ergänzende Betrachtung mit reduzierter Nachfrage für die Variante 0+ ändert nichts an dieser Einschätzung. Im Kap. 5.2 wird deshalb untersucht, mit welchen (punktuellen) Massnahmen ein funktionsfähiger Referenzzustand 2040 hergestellt werden kann.

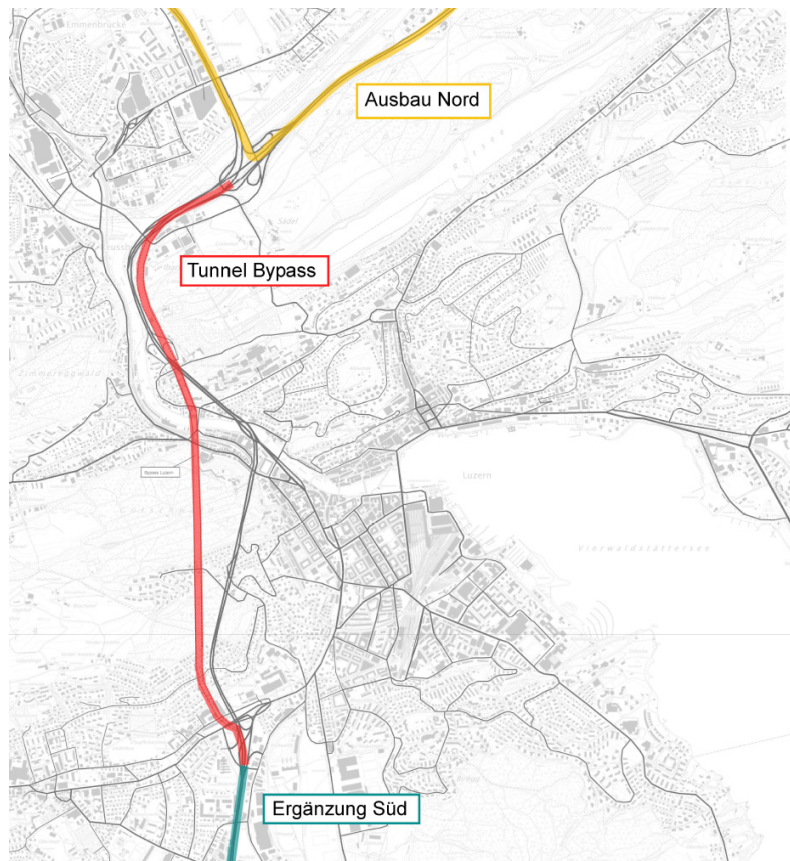


Abb. 24: Strassennetz Referenzzustand 2040 mit den Elementen des Projekts Bypass Luzern (in Farbe)

Tabelle 13: Verkehrsmengen und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Autobahnanschlüsse im Referenzzustand 2040

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
22	Emmen Süd Sedel West	3'227	D
30	Geissmattbrücke Süd	2'222	E
31	Basel-/Gütschstrasse	2'553	F
42	Grosshof 1	2'911	E

Tabelle 14: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg Referenzzustand 2040 mit bestehender Infrastruktur

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Ist-Zustand	VP _{optimiert}	Referenzzustand	
		Verkehrsmenge ASP 2017 [PWE/h]	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
2	Schlossberg Nord	1'981	2'383	2'095	D
4	Kreisel Rosenberg	1'747	2'868	1'894	C
5	Spital-/ Frieden- talstrasse	2'145	3'419	2'294	F
6	Sedel-/ Friedental- strasse	1'469	2'783	1'839	B

5.3 Basisausbau

5.3.1 Vorbemerkungen

Als Basisausbau werden diejenigen baulichen Massnahmen im bestehenden kantonalen Strassen-netz bezeichnet, die notwendig sind, um ein funktionierendes Netz sicherzustellen, wenn der Bypass Luzern in Betrieb genommen wird. Er stellt keine Variante im eigentlichen Sinn dar, sondern bildet die Massnahmen ab, die im Falle eines kompletten Verzichts umzusetzen sind, wenn keine andere Variante mit neuen Netzelementen realisiert wird.

5.3.2 Verkehrstechnische Beurteilung des Referenzzustandes 2040

Im Referenzzustand 2040, der den Bypass Luzern und die Ausbauten auf der Autobahn beinhaltet (s. Abb. 24), ergeben sich gegenüber dem Zustand des Strassennetzes 2017 teilweise grössere Veränderungen der Verkehrsbelastungen. Die Verlagerung von Verkehr auf den Bypass schafft zusätzliche Kapazität auf der Stadtautobahn, die wiederum zu einer Verlagerung von Verkehr aus der Stadt auf die Stadtautobahn führt. Dies führt u.a. für den Bereich Baselstrasse und Hirschengraben sowie für die Spitalstrasse zu Verkehrszunahmen. Damit der Nutzen des Bypasses und der Stadtautobahn zum Tragen kommt, müssen diese Strecken die veränderten Verkehrsströme verarbeiten können. Überlastungen an den Anschlussknoten führen sonst dazu, dass die neue Infrastruktur nicht vollständig genutzt und der Verkehr im städtischen Netz nicht bewältigt werden kann.

In Tabelle 13 sind die Resultate der Leistungsprüfung für die Autobahnanschlussknoten im Referenzzustand 2040 dargestellt. Am Anschluss Emmen-Süd können die hohen Verkehrsmengen des Referenzzustandes mit den im Rahmen des Projektes Bypass Luzern geplanten Knotenausbauten verarbeitet werden.

Beim Anschluss Luzern-Zentrum sind die Knoten sehr stark ausgelastet bzw. überlastet (Knoten 30 und 31). Dies führt zu Rückstausituationen, welche einerseits Behinderungen für den MIV ergeben und andererseits zu Verlustzeiten für die Busse führen, da diese in den Zufahrtbereichen im Stau stehen. Zudem können die heute bestehenden öV-Bevorzugungen in den Spitzenzeiten nur noch teilweise beibehalten werden, um Überstauungssituationen des gesamten Knotensystems sowie Rückstausituationen auf die Autobahn zu verhindern. Das Knotensystem Anschluss Luzern-Zentrum ist nicht funktionsfähig.

Es zeigt sich zudem, dass in der Autobahneinfahrt beim Anschluss Luzern-Zentrum nicht der gesamte Verkehr verarbeitet werden kann. In der Einfahrt findet eine Verflechtung der Verkehrsströme vom Hirschengraben und von der Rampe ab der Geissmattbrücke statt, die wegen der hohen Verkehrsmengen überlastet ist. Im Verflechtungsbereich entsteht ein Rückstau, der teilweise Auswirkungen auf das untergeordnete Netz hat.

Im Bereich des Autobahnanschlusses Kriens ist der Knoten Grosshof 1 (Luzerner-/Eichwilstrasse) am stärksten ausgelastet. In der Abendspitze kann aufgrund der Gefahr von Rückstau auf die Autobahn die öV-Bevorzugung auf der Luzernerstrasse nur noch teilweise umgesetzt werden. Da in diesem Abschnitt keine Busstreifen vorhanden sind, entstehen für die Busse entsprechende Verlustzeiten.

Die Verkehrszunahmen führen zu einer stark ungenügenden Leistungsfähigkeit des Kreisels Kreuzstutz mit hohen Verlustzeiten für den MIV und den öV, der nur sehr beschränkt bevorzugt werden kann. Zudem ergeben sich im Abschnitt vom Kreisels Kreuzstutz bis zum Kasernenplatz Verlustzeiten für die Busse aufgrund der hohen Verkehrsmengen und der Behinderungen (abbiegende Fahrzeuge, Fussgängerquerungen etc.) auf der Strecke. Schliesslich nimmt der Rückstau auf der Spitalstrasse deutlich zu, wodurch der öV zusätzlich beeinträchtigt wird.

Mit den prognostizierten Verkehrszunahmen ergeben sich ohne Ausbaumassnahmen auch entlang der Friedentalstrasse bis und mit Knotensystem Schlossberg hohe Auslastungen (vgl. Tabelle 14) und sehr grosse Verkehrsbehinderungen (inkl. Verlustzeiten für die Busse).

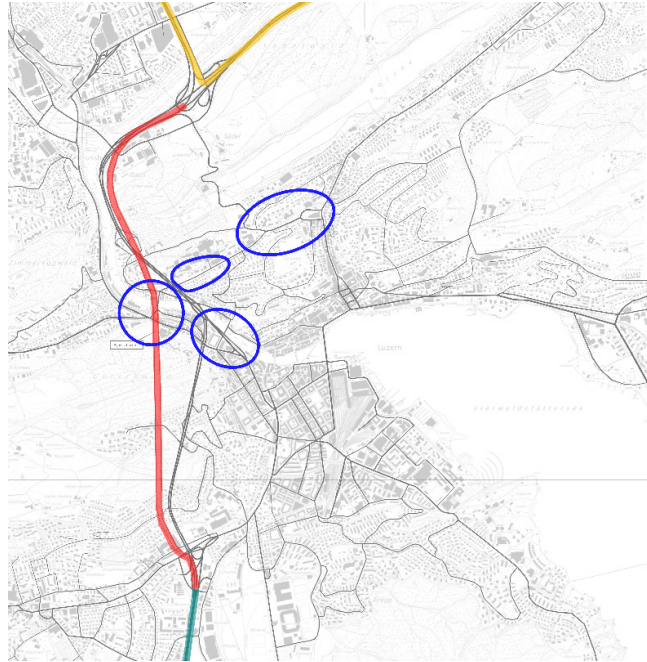


Abb. 25: Massnahmenbereiche (in blau) für den Basisausbau im Referenzzustand 2040

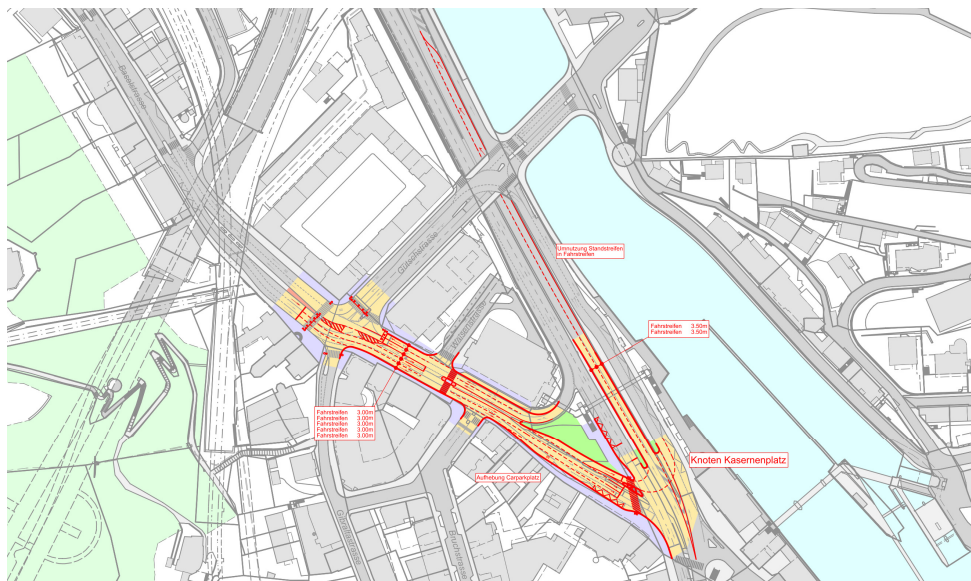


Abb. 26: Anpassung Verkehrsregime und Ausbauten am Kasernenplatz, Basisausbau

Tabelle 15: Beurteilung Leistungsfähigkeit beim Anschluss Luzern-Zentrum sowie an den Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Referenzzustand 2040 mit Basisausbau

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
30	Geissmattbrücke Süd	2'098	D
31	Basel-/Gütschstrasse	2'494	D
2	Schlossberg Nord	2'095	B
4	Kreisel Rosenberg	2'236	A
5	Spital-/ Friedentalstrasse	2'294	C
6	Sedel-/Friedentalstrasse	1'839	B
33	LSA Kreuzstutz (ohne öV-Bevorzugung)	2'620	E

Im Knotensystem Schlossberg/Rosenberg sind die Auslastungen hoch. Zusätzlich nimmt die Leistungsfähigkeit aufgrund der erforderlichen Koordination der LSA ab. Um einen geregelten Busbetrieb sicherstellen zu können, sind auch an diesen Knoten Massnahmen erforderlich.

5.3.3 Verkehrstechnische Machbarkeit Basisausbau

Nachgehend wird geprüft, mit welchen Massnahmen die Funktionsfähigkeit des Referenzzustands 2040 hergestellt werden kann.

Es müssen Massnahmen in den folgenden Bereichen vorgesehen werden (s. Abb. 25).

- Autobahnanschluss Luzern-Zentrum (Anschlussknoten und Einfahrt)
- Knoten Kreuzstutz inkl. Spitalstrasse
- Knotensystem Schlossberg/Rosenberg und Friedentalstrasse

Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden Massnahmen:

- Die Linksabbieger von der Baselstrasse in die Gütschstrasse und in die Gibraltarstrasse werden aufgehoben. Am Kasernenplatz wird ein neuer Linksabbieger erstellt (s. Abb. 26). Die bestehende Busspur in der Baselstrasse stadteinwärts wird aufgehoben; stattdessen erfolgt die Busbevorzugung am Knoten Basel-/Gütschstrasse über den MIV-Rechtsabbiegefahrstreifen.
- Die Autobahneinfahrt vom Hirschengraben wird soweit wie möglich zweistreifig geführt, so dass eine Rampenbewirtschaftung möglich wird.
- Der Knoten Kreuzstutz wird zu einem LSA-Knoten ausgebaut.
- Auf der Spitalstrasse wird eine bauliche Busspur Richtung Westen bis zur Einmündung St. Karli-strasse erstellt, damit der Bus am langen Rückstau vorbeigeführt werden kann.
- Das Knotensystem Schlossberg/Rosenberg wird inklusive Friedentalstrasse ausgebaut. Der Ausbau kann mit einem Einbahnsystem Schlossberg – Rosenberg analog $VP_{\text{optimiert}}$ oder mit einem teilweisen Einbahnsystem erfolgen (s. Kap. 5.3.4). Zudem muss der Knoten Spital-/Friedentalstrasse ausgebaut werden.

Mit diesen Massnahmen ergeben sich im Bereich Anschluss Luzern-Zentrum ausgeglichene Knotenauslastungen. Die Gesamtleistungsfähigkeit des Knotensystems verbessert sich, so dass die Funktionalität sichergestellt ist. Für die untergeordnete Linksabbiegebeziehung von der Baselstrasse in die Gibraltarstrasse ergeben sich grössere Umwegfahrten.

Mit einer Rampenbewirtschaftung in der Einfahrt Luzern-Zentrum und der Schaffung von Stauraum im Bereich der Einfahrt (ca. 45 Fahrzeuge) kann die Situation der überlasteten Einfahrt entschärft werden. Ohne weitergehende Massnahmen bleibt jedoch ein Leistungsdefizit bestehen, das teilweise Auswirkungen auf das untergeordnete Verkehrsnetz hat.

Mit dem Umbau zu einem LSA-Knoten mit den entsprechenden Ausbaumassnahmen in den Zufahrten kann beim Knoten Kreuzstutz die gesamte Verkehrsmenge verarbeitet werden, jedoch ohne Busbevorzugung.

Die Knoten im Bereich Schlossberg/Rosenberg sowie der Knoten Spital-/Friedentalstrasse weisen mit den vorgesehenen Ausbaumassnahmen eine gute Verkehrsqualität auf (Tabelle 15).

5.3.4 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Kaserneplatz

Das Knotensystem liegt innerhalb des ASTRA-Perimeters. Die baulichen Massnahmen am Kasernenplatz sind von untergeordnetem Ausmass. Der bestehende Carparkplatz ist aufzuheben. Der Busstreifen auf der Baselstrasse, zwischen dem Knoten Gütschstrasse und der Bushaltestelle Kasernenplatz, entfällt zugunsten eines MIV-Fahrstreifens. Der Linksabbiegestreifen von der Basel- in die Gibraltarstrasse entfällt aus Platzgründen.



Abb. 27: Einfahrtsrampe Stadtautobahn (Blickrichtung Autobahn)

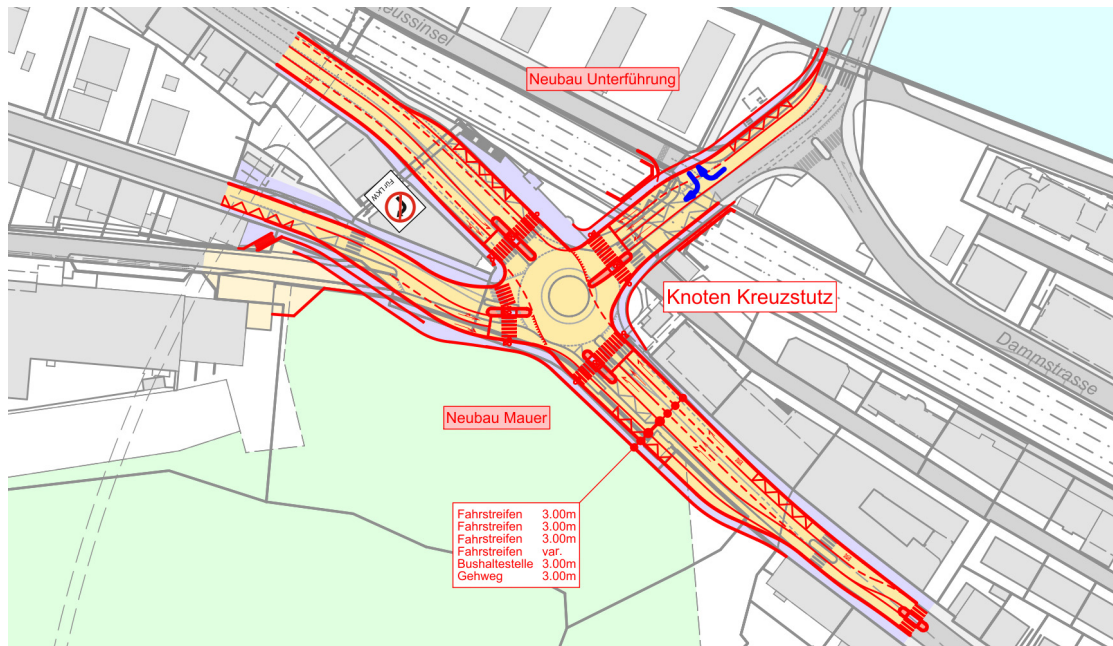


Abb. 28: Umbau Knoten Kreuzstutz – Knoten mit LSA-Betrieb, Basisausbau

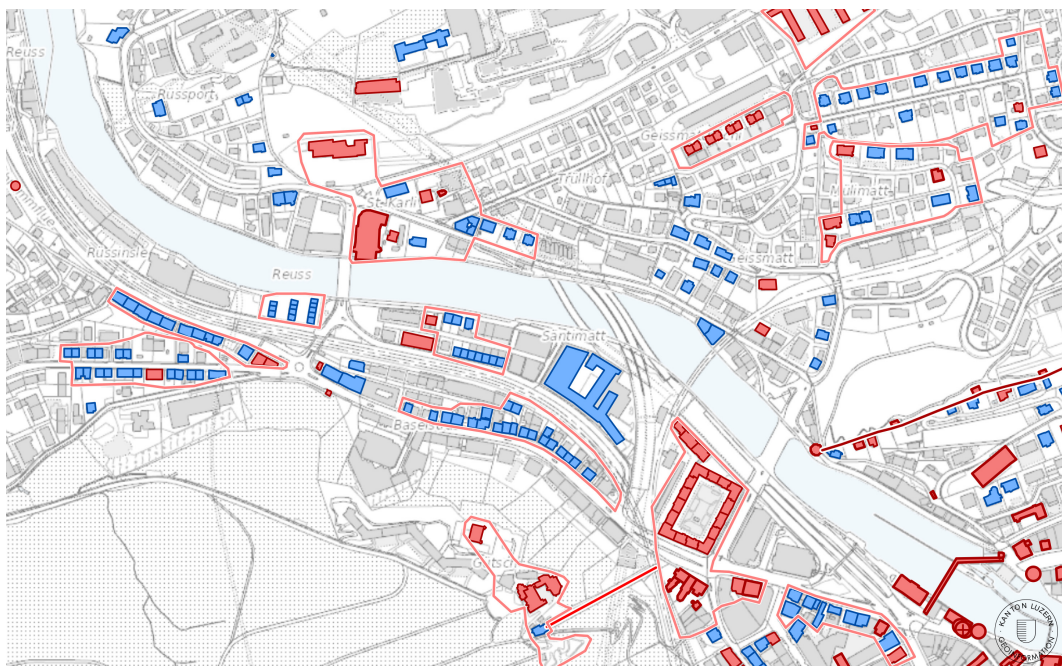


Abb. 29: Auszug kantonales Denkmalverzeichnis und Bauinventar Bereich Baselstrasse, <https://www.geo.lu.ch/map/kulturdenkmal/> (online: 20.06.2019)

Die Einfahrtsrampe aus Richtung Hirschengraben auf die Stadtautobahn (s. Abb. 27), wird neu zweistreifig bis kurz vor die Zusammenführung mit der Rampe ab der Gütschstrasse geführt. Mit der Massnahme kann der Abfluss aus Richtung Hirschengraben optimiert werden. Der bestehende Pannestreifen in der Rampen-Wanne wird dazu in einen Fahrstreifen umgewidmet. Auf den ersten 80 m muss der bestehende Mittelstreifen leicht reduziert werden, um die notwendige Breite des Fahrstreifens zu gewährleisten.

Im Übrigen beschränken sich die Massnahmen auf Ummarkierungen, die Anpassung von bestehenden BSA-Einrichtungen sowie Belagsarbeiten. Die Fahrstreifen müssen wie heute mit Minimalbreiten ausgebildet werden. Die Radverkehrsführung bleibt weitgehend im Mischverkehr und ist unbefriedigend.

Knoten Kreuzstutz

Der Umbau des Kreisels Kreuzstutz zu einem LSA-betriebenen Knoten bedarf grosser baulicher Eingriffe (s. Abb. 28). Die SBB-Unterführung im Knotenast der Spitalstrasse muss mit einem Neubau auf vier Fahrstreifen verbreitert werden (gegenüber heute zwei). In der Unterführung kann wie heute nur eine reduzierte lichte Höhe realisiert werden. Der Bau der Unterführung unter Aufrechterhaltung des Betriebs der SBB innerhalb der städtischen Verhältnisse ist sehr anspruchsvoll. Während den Bauarbeiten muss die Spitalstrasse voraussichtlich für jeglichen Verkehr gesperrt werden. Die Kosten für den Neubau sind entsprechend hoch.

Auf der Spitalstrasse, zwischen der Bushaltestelle Kantonsspital und der Einmündung St. Karli-strasse, ist ein baulicher Busstreifen vorzusehen. Der Strassenquerschnitt ist hangseitig zu verbreitern mit den entsprechenden Eingriffen für die Stützbauwerke. Die Einmündung Reussinsel kann voraussichtlich nur noch in einem Rechts-Rechts-Regime betrieben werden.

Im Knotenast der Bernstrasse sind für den Bau eines zusätzlichen Vorsortierstreifens grössere, hangseitige Stützkonstruktionen erforderlich. Die bestehende Einmündung der Sagenmattstrasse wird aufgrund der resultierenden Gefällsverhältnisse aufgehoben. Es entsteht eine Sackgasse mit Wendepplatz an deren Ende. Für den Rad- und Fussverkehr wird der Anschluss gewährleistet.

Im Knotenast der Baselstrasse ist zur Schaffung des erforderlichen Verkehrsraumes für zwei zusätzliche Fahrstreifen eine hangseitige Verbreiterung des Strassenraumes erforderlich. Das bestehende, schützenswerte Transformatorenhaus ist abzubauen. Die weiteren am Knoten bestehenden erhaltens-, resp. schützenswerten Gebäude können erhalten werden (vgl. Abb. 29). Gegen den Hang ist eine grössere Stützkonstruktion erforderlich inkl. Ersatz der bestehenden Schutznetze.

Vor dem Knoten, in der Zufahrt Baselstrasse, ist ein kurzer Busstreifen, inkl. Bushaltestelle eingeplant. Eine Verlängerung wäre nur mit dem Verzicht auf die nachfolgenden Fussgängerübergänge möglich, die im städtischen Umfeld jedoch gewünscht und nachgefragt sind.

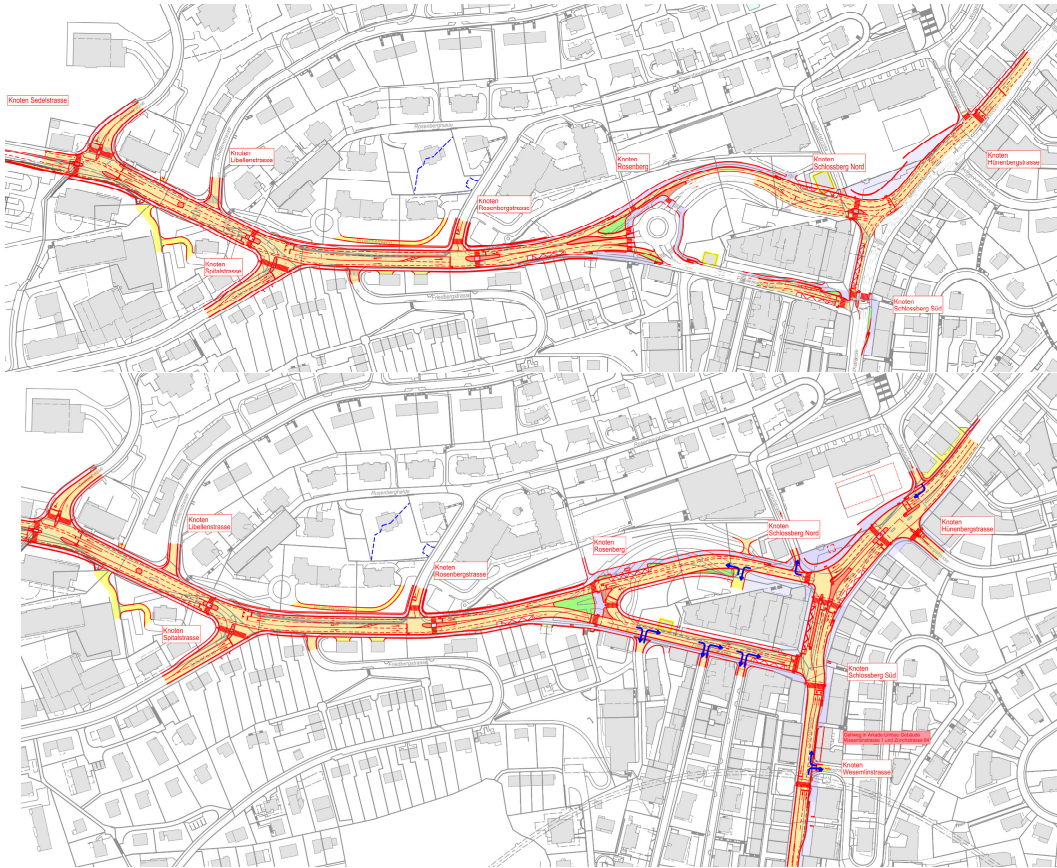


Abb. 30: Schlossberg und Friedentalstrasse im Abschnitt Knoten Sedelstrasse – Schlossberg, Basisausbau (oben: Variante mit Beibehaltung Kreis Rosenbergs; unten: Variante Einbahnregime)

Tabelle 16: Kostenzusammenstellung Basisausbau (CHF)

	Kasernenplatz	Kreuzstutz inkl. Spitalstr.	Friedental Schossberg
Baukosten	3'200'000.-	22'500'000.-	31'500'000.-
Übriges und MwSt.	1'400'000.-	9'300'000.-	16'200'000.-
Total inkl. MwSt.	4'600'000.-	31'800'000.-	47'700'000.-
Gesamtkosten	CHF 85 Mio. (gerundet)		

Tabelle 17: Beurteilung Leistungsfähigkeit an den massgebenden Knoten im Prognosezustand 2040 ohne Bypass

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
30	Geissmattbrücke Süd	2'167	E*
31	Basel-/Gütschstrasse	2'444	E*
33	Kreisel Kreuzstutz	2'582	F
5	Spital-/ Friedentalstrasse	2'440	F
*: ohne Berücksichtigung des zusätzlichen Leistungsbedarfs für die Knotenkoordination			

Schlossberg und Friedentalstrasse im Abschnitt Knoten Sedel – Schlossberg

Zur Diskussion stehen zwei Ausbaumöglichkeiten mit leicht unterschiedlichem Verkehrsregime am Knotensystem Schlossberg (s. Abb. 30). Die Variante Einbahnregime stellt aus Sicht des Gesamtverkehrs die optimale Lösung dar. Durch die Begradigung der Vallasterstrasse wird Raum für eine städtebauliche Entwicklung geschaffen. Wird dem Erhalt der bestehenden Eichen ein höheres Gewicht beigemessen, ist auch eine geschwungene Linienführung in Anlehnung an den Bestand möglich. Die Zürichstrasse ist in der Knotenzufahrt Schlossberg Süd auf zwei Fahrstreifen auszubauen. Dafür sind bei zwei Liegenschaften Arkadenlösungen oder Ersatzneubauten zu planen. Der Vorplatz des schützenswerten Schulhauses Maihof wird zudem tangiert. Der beanspruchte Raum kann jedoch kompensiert werden.

Das Regime mit Erhalt des Kreisels Rosenberg lehnt sich an das Sanierungsprojekt aus dem Jahre 2009 [16] an. Die Geradeausbeziehung Ebikon – Seebrücke wird für den MIV unterbunden und neu via Kriesel Rosenberg – Friedentalstrasse geführt. Die übrigen Beziehungen verbleiben wie heute bestehen. Der Kriesel Rosenberg bleibt erhalten, ist jedoch bei zwei Zufahrten um einen Bypass zu ergänzen. Die Anpassungen werden auf ein Minimum beschränkt. Die Fahrstreifen sind unverändert mit stark reduzierten Breiten ausgebildet. Diese Lösung bringt für den öV und den Fuss- und Radverkehr weniger Qualität als die Lösung mit Einbahnregime. Der Knoten Schlossberg Nord ist an die veränderten Knotenströme anzupassen. Analog dem Einbahnregime ist ein Eingriff in den Vorplatz des Schulhauses Maihof erforderlich. Das Potential für eine städtebauliche Aufwertung ist infolge Verzichtes auf eine Begradigung der Vallasterstrasse eingeschränkt. Der Kriesel Rosenberg lässt keine Verkehrsbeeinflussung zu.

Die Friedentalstrasse wird bei beiden Lösungsansätzen auf durchgehend drei Fahrstreifen ausgebaut, wobei der zusätzliche dritte Fahrstreifen den Abbiegebeziehungen als Vorsortier- und Aufstellstreifen dient. Die für die Fussgängerquerungen notwendigen Mittelinseln können ebenfalls im Raum dieses dritten Fahrstreifens angeordnet werden (punktuelle Unterbruch des Fahrstreifens). Trottoirs sind beidseitig durchgehend geplant. Für die Radfahrenden sind Radstreifen vorgesehen. Der öV verkehrt auf den MIV-Fahrstreifen und wird bei LSA-betriebenen Knoten priorisiert.

Der Variantenentscheid und zusätzliche Optimierungen erfolgen gegebenenfalls in der nächsten Projektphase.

Der Bau hat unter Verkehr in innerstädtischen Verhältnissen mit entsprechend knappen Platzverhältnissen zu erfolgen. Behinderungen/Einschränkungen für alle Verkehrsteilnehmenden sind dabei unvermeidlich.

Kosten Basisausbau

Die Kosten für den Basisausbau belaufen sich auf rund CHF 85 Mio. Die Aufteilung auf die drei Massnahmenbereiche geht aus Tabelle 16 hervor.

Zustand ohne Bypass

Falls der Bypass im Jahre 2040 nicht in Betrieb wäre, ergäben sich leicht tiefere Belastungszahlen (vgl. Kap. 2.3). Die verkehrstechnische Überprüfung der massgebenden Knoten für diesen Zustand ergibt, dass dennoch mehrere Knoten überlastet sind (Tabelle 17) und die Massnahmen des Basisausbaus auch für diesen Belastungszustand erforderlich sind, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen.

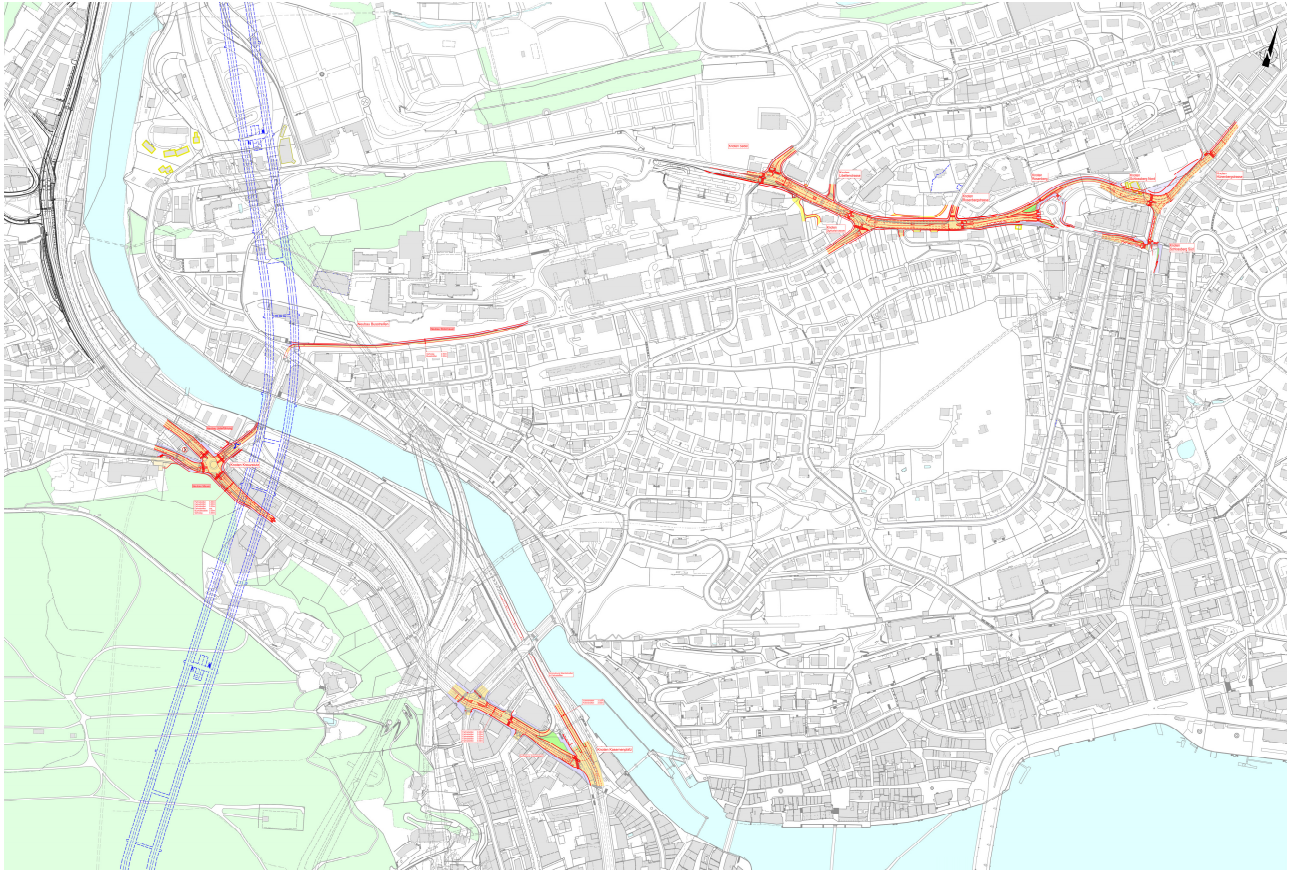


Abb. 31: Massnahmen Basisausbau, Übersicht

5.3.5 Fazit

Damit das kantonale Strassennetz im Referenzzustand (2040 mit Systems Bypass Luzern) funktionsfähig bleibt, müssen Ausbauten entlang der Friedentalstrasse zwischen der Einmündung Sedelstrasse und dem Kreisel Rosenberg, am Schlossberg, am Knoten Kreuzstutz, auf der Spitalstrasse und beim Kasernenplatz vorgesehen werden (s. Abb. 31). Die Gesamtkosten betragen CHF 85 Mio.

Die Einfahrt Luzern-Zentrum bleibt weiterhin überlastet, wobei die Situation mit den vorgesehenen Massnahmen (Rampenbewirtschaftung, Erstellung Stauraum) verbessert werden kann.

Der Knoten Kreuzstutz bleibt trotz des Ausbaus und der LSA-Steuerung vollständig ausgelastet. Der öV kann nicht bevorzugt werden.

Entlang der Friedentalstrasse bis zum Schlossberg kann mit den Ausbaumassnahmen eine deutliche Verbesserung erreicht werden, welche insbesondere den Busbetrieb und den Fuss- und Veloverkehr stärkt. Der Umfang dieser Massnahmen ist geringer als im bisherigen Projekt der Spange Nord (VP_{optimiert}).

Das Konzept durchgehende Busspuren/Spurumwidmung gemäss bisherigem Projekt kann im Basisausbau nicht umgesetzt werden, weil der Knoten Kreuzstutz deutlich überlastet und mehr Ausweichverkehr über die Quartierstrassen erfolgen würde.

Die Massnahmen des Basisausbaus sind auch dann notwendig, wenn der Bypass im Jahr 2040 nicht in Betrieb wäre.



Abb. 32: Skizze der Variante Fluhmühlebrücke aus Phase 1

Tabelle 18: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
22	Emmen Süd, Sedel West	3'084	C
30	Geissmattbrücke Süd	1'868	C
31	Basel-/Gütschstrasse	1'743	C
32	Kasernenplatz	3'120	E
42	Grosshof 1	2'899	D

5.4 Variante Fluhmühlebrücke

5.4.1 Vorbemerkungen

Die Variante Fluhmühlebrücke entspricht baulich dem westlichen Teil des bisherigen Projekts (VP_{optimiert}) zwischen dem Anschluss Luzern-Lochhof und der Hauptstrasse (K13) (s. Abb. 32 und Kap. 5.5). Durch den Wegfall der Verbindung zwischen dem Anschluss Luzern-Lochhof und der Sedelstrasse nehmen die Verkehrsmengen entlang der Friedentalstrasse vom Schlossberg bis zum Knoten Sedel-/Friedentalstrasse gegenüber dem Zustand mit Spange Nord ab; es sind dennoch Ausbaumassnahmen notwendig, um den Verkehr verarbeiten und den Busbetrieb sicherstellen zu können. Beim Knotensystem Schlossberg/Rosenberg und am Knoten Spital-/Friedentalstrasse sind die gleichen Massnahmen vorzusehen wie im Basisausbau (vgl. Kap. 5.3).

Die durchgehenden Busspuren gemäss VP_{optimiert} werden nicht einbezogen. Es besteht keine alternative, durchgehende Achse, um den von der Seebrücke verlagerten Verkehr zum Anschluss Luzern-Lochhof zu führen, weshalb unerwünschter Ausweichverkehr und Überlastungen auf gewissen Abschnitten des Strassennetzes entstehen würden.

5.4.2 Verkehrstechnische Machbarkeit

Die Ergebnisse der Leistungsprüfung für die Autobahnanschlüsse sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Leistungsfähigkeit der Anschlüsse Emmen-Süd und Luzern-Lochhof ist ausreichend.

Beim Anschluss Luzern-Zentrum weisen die beiden für die Funktionalität des Autobahnanschlusses massgebenden Knoten Geissmattbrücke Süd (Knoten 30) und Basel-/Gütschstrasse (Knoten 31) eine ausreichende Verkehrsqualität auf. Beim Kasernenplatz (Knoten 32) ergibt sich beim massgebenden Strom auf dem Hirschengraben eine leichte Überlastung. Diese ist für die Funktionalität des Autobahnanschlusses jedoch nicht massgebend. Als Zusatzmassnahme für die Verbesserung des Verkehrsablaufs auf dem untergeordneten Strassennetz und für einen besseren Busbetrieb ist die zweistreifige Führung des Verkehrs vom Hirschengraben in die Rampe der Autobahneinfahrt wie im Basisausbau vorzusehen.

Beim Anschluss Kriens weist der Knoten Grosshof 1 eine hohe Auslastung auf.

An den Knoten im Bereich Schlossberg/Rosenberg sowie am Knoten Spital-/Friedentalstrasse sind die gleichen Massnahmen wie im Basisausbau umzusetzen. Mit den vorgesehenen Ausbaumassnahmen kann die Funktionalität sichergestellt und eine gute Leistungsfähigkeit erreicht werden. Entlang der Friedentalstrasse ergibt sich ein guter Verkehrsablauf, was insbesondere den Busbetrieb stärkt.

Beim Kreisel Kreuzstutz liegen die Verkehrsmengen mit 2'170 PWE/h leicht tiefer als im Ist-Zustand 2017 (2'266 PWE/h). Es ergibt sich eine Verkehrsqualitätsstufe D. Bei einer Berücksichtigung von flankierenden Massnahmen am Fluhmühlerain, um Ausweichverkehr von der Bernstrasse zu vermeiden, steigt die Auslastung des Kreisels Kreuzstutz leicht an, aber die Leistungsfähigkeit des Knotens bleibt erhalten (VQS E).

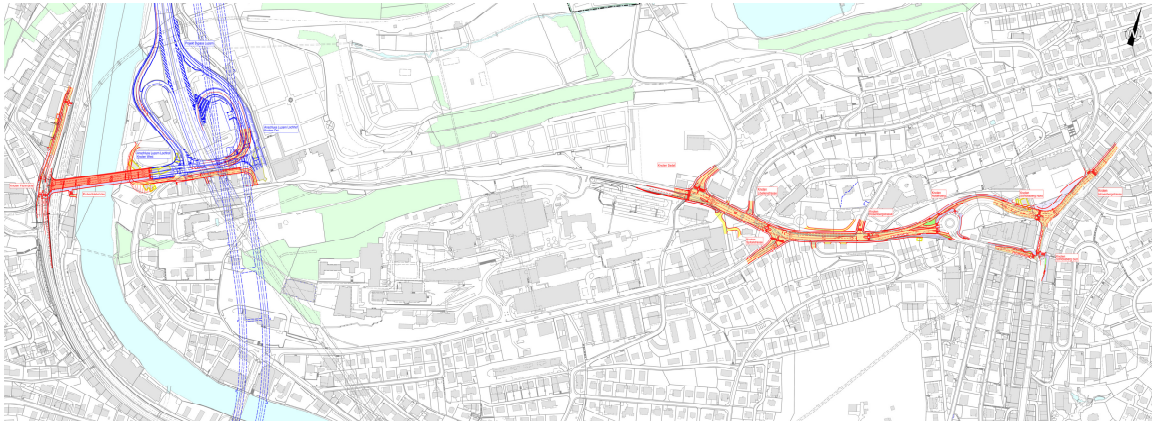


Abb. 33: Übersicht Variante Fluhmühlebrücke

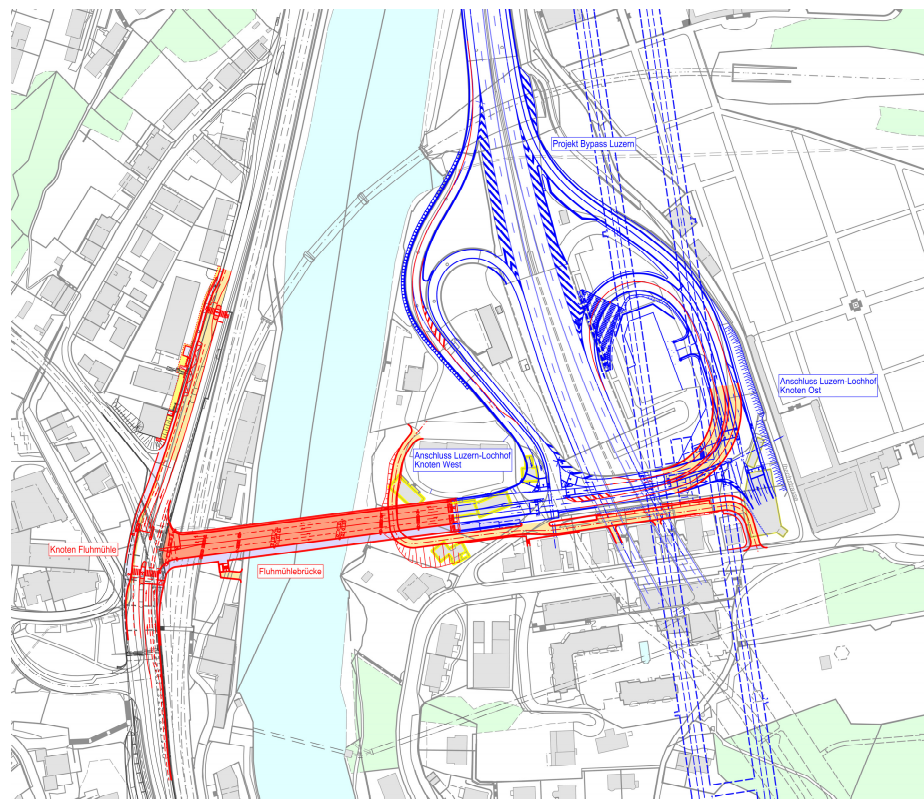


Abb. 34: Fluhmühlebrücke mit Anschluss Luzern-Lochhof (blau: Drittprojekt ASTRA, ohne Detailanpassungen)

Tabelle 19: Kostenzusammenstellung Variante Fluhmühlebrücke (CHF)

	Fluhmühlebrücke- Hauptstrasse	LV Verbindung AS Luzern-Lochhof	Rosenberg- Schlossberg
Baukosten	22'300'000.-	1'000'000.-	31'500'000.-
Übriges und MwSt.	12'700'000.-	1'500'000.-	16'200'000.-
Total inkl. MwSt.	35'000'000.-	2'500'000.-	47'700'000.-
Gesamtkosten	CHF 85 Mio. (gerundet)		

5.4.3 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Die Variante Fluhmühlebrücke umfasst den Bau der Fluhmühlebrücke wie in der bisherigen Variante VP_{optimiert} (s. Abb. 33).

Am Anschlussknoten Ost entfällt die Verbindung ins Friedental, so dass die Ausfahrtsrampe redimensioniert werden kann. Gleichzeitig kann eine Verbindung für Rettungs- und Ambulanzfahrzeuge über die lokale Erschliessungsstrasse weiterhin sichergestellt werden (s. Abb. 34). Die Detailplanung erfolgt gegebenenfalls in der nächsten Projektphase.

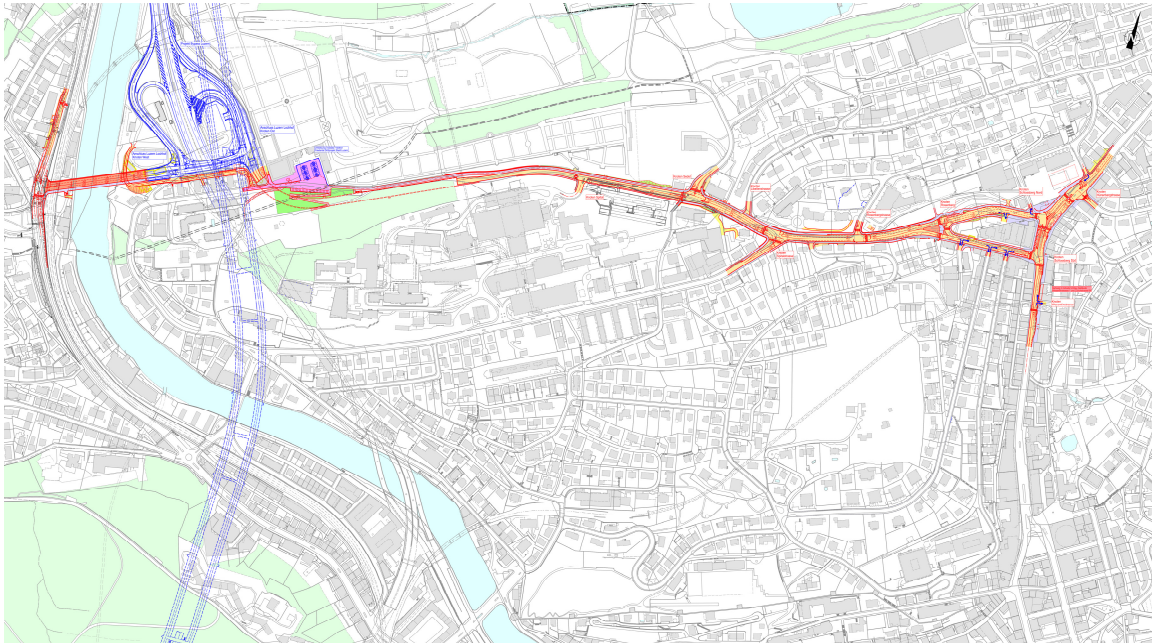
Das Knotensystem Schlossberg, inkl. Friedentalstrasse im Abschnitt Knoten Sedel – Schlossberg, ist analog zum Basisausbau baulich anzupassen.

Die Gesamtkosten betragen CHF 85 Mio. und teilen sich gemäss Tabelle 19 auf die einzelnen Bereiche auf.

5.4.4 Fazit

Mit der Variante Fluhmühlebrücke wird ein funktionsfähiges Verkehrsnetz erstellt. Gegenüber dem Referenzzustand wird durch die Fluhmühlebrücke und den Anschluss Luzern-Lochhof insbesondere der südliche Abschnitt der Baselstrasse inkl. des Knotens Kreuzstutz und dem Knotensystem Anschluss Luzern-Zentrum entlastet, so dass die Verkehrsmengen mit der bestehenden Infrastruktur verarbeitet werden können.

Im Bereich Schlossberg/Rosenberg sind zur Sicherstellung eines geregelten Verkehrsflusses und Busbetriebs trotz des Wegfalls des Tunnels Friedental Ausbaumassnahmen in den Knoten und für normgerechte Radstreifen umzusetzen. Der Umfang der Massnahmen ist gleich wie im Basisausbau, jedoch geringer als im bisherigen Projekt der Spange Nord kurz (VP_{optimiert}).

Abb. 35: Übersicht Variante VP_{optimiert}Tabelle 20: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante VP_{optimiert}

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
20	Emmen Süd Sedel Ost	2'825	C
7	Lochhof Ost	3'107	C
8	Lochhof West	2'932	D
30	Geissmattbrücke Süd	1'959	C
31	Basel-/Gütschstrasse	1'836	C
32	Kasernenplatz	3'301	C
42	Grosshof 1	2'859	E

Tabelle 21: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante VP_{optimiert}

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
2	Schlossberg Nord	2'383	C
3	Schlossberg Süd	2'063	C
4	Rosenberg	2'868	B
5	Spital-/Friedentalstrasse	3'419	F
6	Sedel-/Friedentalstrasse	2'783	D

5.5 Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (VP_{optimiert})

5.5.1 Vorbemerkungen

Die Variante entspricht dem vorliegenden Vorprojekt VP_{optimiert} (s. Abb. 35) und beinhaltet die durchgehenden Busspuren. Die aus dem Vorprojekt vorliegenden verkehrstechnischen Nachweise werden mit den aktuellen Prognosen 2040 für den Referenzzustand (vgl. Kap. 2.3) überprüft. Zudem wird geprüft, wie sich die Ergebnisse verändern, wenn auf die durchgehenden Busspuren verzichtet würde.

5.5.2 Verkehrstechnische Machbarkeit

Die Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsprüfung sind in der Tabelle 20 für die Autobahnanschlüsse und in der Tabelle 21 für die übrigen Knoten zusammengestellt.

Mit dem Anschluss Luzern-Lochhof ergibt sich beim Autobahnanschluss Emmen-Süd eine Abnahme der Gesamtverkehrsmengen gegenüber dem Referenzzustand. Die Knoten weisen eine genügende Leistungsfähigkeit auf. Beim neuen Autobahnanschluss Luzern-Lochhof sind die Knoten genügend leistungsfähig, wobei der westliche Knoten (Nr. 8) stark ausgelastet ist.

Beim Anschluss Luzern-Zentrum nimmt die Gesamtverkehrsmenge an den beiden für die Funktionalität des Autobahnanschlusses massgebenden Knoten Geissmattbrücke Süd (Knoten 30) und Basel-/Gütschstrasse (Knoten 31) gegenüber dem Referenzzustand ebenfalls deutlich ab. Die Knoten weisen eine genügende Leistungsfähigkeit auf. Der Knoten Kasernenplatz (Knoten 32) weist eine hohe Auslastung auf, dies jedoch aufgrund der hohen Belastung im Hirschengraben stadtauswärts, welche für die Funktionalität des Autobahnanschlusses nicht massgebend ist. Auf dem untergeordneten Netz baut sich jedoch Rückstau auf, welcher zu Verlustzeiten beim Busbetrieb führt. Bei der Weiterbearbeitung der Variante sind Massnahmen zur Verbesserung zu prüfen (z.B. zweistreifige Führung des Verkehrs vom Hirschengraben in die Rampe der Autobahneinfahrt).

Beim Autobahnanschluss Kriens ergeben sich insbesondere durch die durchgehenden Busspuren grössere Veränderungen gegenüber dem Referenzzustand, die sich unterschiedlich auf die einzelnen Knoten auswirken. Der Knoten Grosshof 1 ist stark ausgelastet (VQS E). Insbesondere wegen des Koordinationsbedarfs mit den benachbarten Knoten kann die öV-Bevorzugung am Knoten nicht vollständig umgesetzt werden.

Für die Variante VP_{optimiert} liegen aus dem Vorprojekt für den Abschnitt Anschluss Luzern-Lochhof bis Schlossberg verkehrstechnische Analysen mittels VISSIM-Simulation vor. Die statische Leistungsberechnung der Knoten mit den neuen Verkehrszahlen (Referenz 2040) zeigt eine Überlastung am Knoten Spital-/Friedentalstrasse. Durch eine koordinierte Steuerung kann die Leistung leicht erhöht werden. Dieser Effekt ist gegebenenfalls bei der weiteren Bearbeitung in der nächsten Projektphase mit einer VISSIM-Simulation zu quantifizieren.

Beim Kreisel Kreuzstutz liegen die Verkehrsmengen leicht unter den Verkehrsmengen im Ist-Zustand 2017. Damit ergibt sich eine Verkehrsqualitätsstufe C.

Tabelle 22: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
20	Emmen Süd Sedel Ost	2'797	C
30	Geissmattbrücke Süd	1'748	C
31	Basel-/Gütschstrasse	1'688	B
32	Kasernenplatz	2'999	B
42	Grosshof 1	2'883	D

Tabelle 23: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
5	Spital-/Friedentalstrasse	3'006	D

Tabelle 24: Kostenzusammenstellung Variante VP_{optimiert} (CHF)

	Fluhmühlebrücke u. Hauptstrasse	Friedental - Rosenberg- Schlossberg	durchgehende Busspuren
Baukosten	22'300'000.-	100'750'000.-	10'560'000.-
Übriges und MwSt.	12'700'000.-	49'250'000.-	4'440'000.-
Total inkl. MwSt.	35'000'000.-	150'000'000.-	15'000'000.-
Gesamtkosten	CHF 200 Mio.		
Gesamtkosten ohne durchgehende Busspuren	CHF 185 Mio.		

5.5.3 Sensitivitätsanalyse: Verzicht auf durchgehende Busspuren

Das Weglassen der durchgehenden Busspuren in der Variante VP_{optimiert} bewirkt, dass entlang der öV-Achse Obergrundstrasse – Pilatusstrasse – Seebrücke – Schweizerhofquai gegenüber dem Referenzzustand nur eine geringe Verkehrsentslastung erfolgt. Für die Leistungsfähigkeitsprüfung wird davon ausgegangen, dass die baulichen Anlagen der Variante VP_{optimiert} unverändert bleiben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 zusammengestellt.

Es ergeben sich Verbesserungen bei den Autobahnanschlüssen Luzern-Zentrum und Kriens. Insgesamt weisen alle massgebenden Knoten bei den Autobahnanschlüssen mindestens eine Verkehrsqualitätsstufe D auf.

Auf der Friedentalstrasse ergibt sich eine Reduktion der Verkehrsmengen, die jedoch nicht so gross ist, dass eine Redimensionierung der Infrastruktur gegenüber VP_{optimiert} möglich wäre.

5.5.4 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Die bautechnische Machbarkeit wurde im Vorprojekt nachgewiesen. Die Kostenschätzung wurde ebenfalls aus dem Vorprojekt übernommen und ist in Tabelle 24 dargestellt. Ein Verzicht auf die durchgehenden Busspuren führt zu einer Kostenreduktion von max. rund CHF 15 Mio.

5.5.5 Fazit

Mit der Variante Spange Nord kurz und durchgehenden Busspuren (VP_{optimiert}) kann ein Zustand hergestellt werden, bei welchem die Leistungsfähigkeit der massgebenden Knoten ausreichend und die Funktionalität des Verkehrsnetzes gegeben ist. Entlang der Achse Friedentalstrasse vom Knoten Schlossberg bis zum Anschluss Luzern-Lochhof sind die Belastungen hoch, so dass trotz der Knotenausbauten die Leistungsfähigkeit teilweise vollständig ausgeschöpft wird.

Wenn auf die Spurumwidmung als durchgehende öV-Massnahme verzichtet wird, reduziert sich die Verkehrsbelastung an den Autobahnanschlüssen und entlang der Spange Nord leicht, jedoch ohne dass eine Reduktion der Baumassnahmen möglich wäre. Auf der öV-Achse durch die Stadt ergibt sich nur noch eine geringe Entlastung gegenüber dem Referenzzustand.

Tabelle 25: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
22	Emmen Süd Sedel West	2'461	D
30	Geissmattbrücke Süd	1'989	C
31	Basel-/Gütschstrasse	2'471	D
42	Grosshof 1	2'875	E

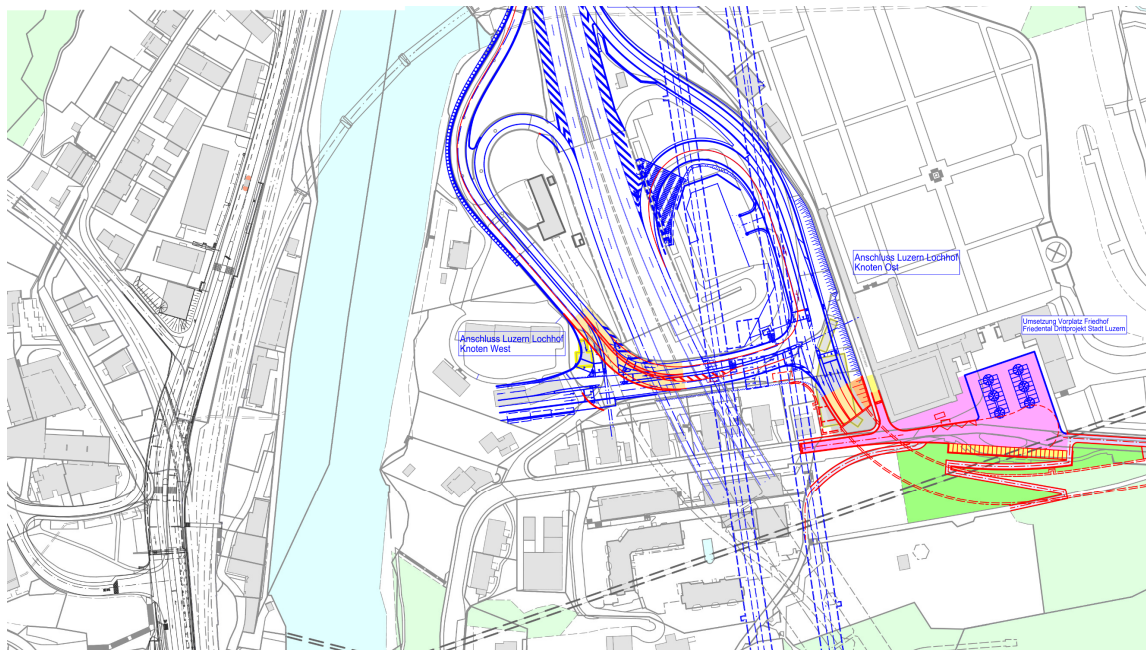


Abb. 36: Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke» (blau: Drittprojekt ASTRA, ohne Detailanpassungen)

Tabelle 26: Kostenzusammenstellung Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke (CHF)

	Kasernenplatz	Friedental- Rosenberg- Schlossberg	durchgehende Busspuren
Baukosten	3'200'000.-	100'750'000.-	10'560'000.-
Übriges und MwSt.	1'400'000.-	49'250'000.-	4'440'000.-
Total inkl. MwSt.	4'600'000.-	150'000'000.-	15'000'000.-
Gesamtkosten	CHF 170 Mio. (gerundet)		
Gesamtkosten ohne durchgehende Busspuren	CHF 155 Mio. (gerundet)		

5.6 Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke

5.6.1 Vorbemerkungen

Der Wegfall der Fluhmühlebrücke bei der Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke führt in erster Linie zu einer Veränderung der Verkehrsströme entlang der Baselstrasse, der Hauptstrasse und der Spitalstrasse. Auf der Baselstrasse im Abschnitt Kreuzstutz bis Anschluss Luzern-Zentrum ergibt sich gegenüber dem Zustand mit der Fluhmühlebrücke in der Abendspitze eine Zunahme von rund 600 Fz/h im Querschnitt. Auf der Hauptstrasse nördlich des Anschlusses Luzern-Lochhof erfolgt hingegen eine Abnahme von rund 300 Fz/h.

5.6.2 Verkehrstechnische Machbarkeit

Der Wegfall der Fluhmühlebrücke führt beim Anschluss Emmen-Süd gegenüber der Variante VP_{optimiert} zu geringen Verkehrszunahmen, die jedoch zu keiner massgebenden Veränderung der Verkehrsqualitätsstufen führt (s. Tabelle 25). Auch beim Autobahnanschluss Kriens ergeben sich nur geringe Veränderungen.

Aufgrund der hohen Verkehrsmenge entlang der Baselstrasse und der Geissmattbrücke ist das heutige Knotensystem beim Anschluss Luzern-Zentrum überlastet, und die Funktionsfähigkeit des Autobahnanschlusses ist nicht gegeben. Zur Herstellung der Funktionalität werden die Massnahmen beim Anschluss Luzern-Zentrum aus dem Basisausbau (vgl. Kap. 5.3) übernommen.

Die Verkehrszunahmen entlang der Baselstrasse und der Spitalstrasse führen beim Kreisel Kreuzstutz zu einer Belastung, die nicht verarbeitet werden kann. Aufgrund der rechnerischen Auslastung von 102 % kann davon ausgegangen werden, dass mit Dosierungsmassnahmen auf den Zuflussachsen ein Betrieb an der Leistungsgrenze möglich wird, der jedoch keine öV-Bevorzugung zulässt. Der Kreisel Kreuzstutz stellt demnach für den öV weiterhin eine erhebliche Schwachstelle dar.

Bei den Knoten entlang der Friedentalstrasse ergeben sich praktisch keine Veränderungen gegenüber dem Zustand mit Fluhmühlebrücke. Es ist der gleiche Ausbau umzusetzen, womit sich die gleiche Verkehrsqualität ergibt.

5.6.3 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Wird auf die Fluhmühlebrücke verzichtet, resultieren die folgenden baulichen Projektanpassungen:

- Wegfall der Fluhmühlebrücke, inkl. den baulichen Massnahmen entlang der Hauptstrasse (s. Abb. 36).
- Der Autobahnanschluss Luzern-Lochhof (Drittprojekt Bypass Luzern [9]) kann redimensioniert werden, insbesondere entfällt der Anschlussknoten West. Die Erschliessung Reussmatt verbleibt analog dem Bestand bestehen. Auf die Gebäudeabbrüche im Gebiet Reussmatt kann, abgesehen vom Reussmatthof (ASTRA), verzichtet werden.
- Das Knotensystem Kasernenplatz ist analog dem «Basisausbau» umzubauen.

Weitere bauliche Massnahmen sind nicht erforderlich. Die Gesamtkosten belaufen sich auf CHF 170 Mio. bzw. CHF 155 Mio., wenn die durchgehenden Busspuren im Stadtzentrum nicht realisiert werden (s. Tabelle 26).

5.6.4 Fazit

Mit der Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke ergeben sich gegenüber dem Zustand mit Fluhmühlebrücke vor allem Mehrbelastungen auf Abschnitten entlang der Baselstrasse. Damit dieser Mehrverkehr beim Anschluss Luzern-Zentrum verarbeitet werden kann, sind die gleichen Ausbaumassnahmen umzusetzen wie im Basisausbau.



Abb. 37: Lösungsansätze für den Tunnel Rosenberg

5.7 Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg

5.7.1 Vorabklärungen

Die Variante Tunnel Rosenberg basiert auf dem bisherigen Vorprojekt (VP_{optimiert}), jedoch mit einem Tunnel zwischen dem Knoten Sedelstrasse und dem Schlossberg (vgl. Abb. 37). Zunächst wurden die folgenden Ansätze für den Tunnel geprüft:

- a) Tunnel Rosenberg im Tagbau unter der Friedentalstrasse mit Anbindung Schlossberg mit Gabeltunnel
- b) Tunnel durchgehend mit Ein-/Ausfahrt Friedental und mit Anbindung Schlossberg mit Gabeltunnel
- c) Tunnel durchgehend vom Anschluss Luzern-Lochhof bis zum Schlossberg mit Ein-/Ausfahrt Friedental und mit Anbindung Schlossberg «Nord»
- d) Tunnel Rosenberg einstreifig für Verkehr in Richtung Anschluss Luzern-Lochhof mit Ein-/Ausfahrt Schlossberg «Nord» (analog c), in Abb. 37 nicht detailliert dargestellt)
- e) Tunnel Rosenberg bergmännisch unter der Libellenstrasse mit Anbindung an die Sedelstrasse

Eine erste verkehrliche und bautechnische Beurteilung hat zu den folgenden Erkenntnissen geführt:

- Aufgrund der zu geringen Wirkung wird der Tunnel Rosenberg einstreifig nicht weiterverfolgt.
- Die Variante «Tunnel durchgehend» weist eine Tunnellänge von rund 1'200 m auf, die eine Lüftung mit Absaugung benötigt. Dies führt zu Mehrkosten, ohne dass gegenüber der Lösung «Tunnel Rosenberg im Tagbau» wesentliche Vorteile ersichtlich sind. Die Variante wird deshalb in der ZMB nicht weiter betrachtet.
- Für die Reduktion des Verkehrs im Abschnitt zwischen Schlossberg und Spitalstrasse wäre ein Unterbruch der Spitalstrasse denkbar. Die Modellberechnungen zeigen jedoch, dass trotz eines Unterbruchs der Spitalstrasse die Verkehrsmenge auf der Friedentalstrasse nicht auf das Niveau einer Quartierstrasse mit entsprechenden Gestaltungsmöglichkeiten sinkt. Zudem würde ein Unterbruch der Spitalstrasse zu teilweise starkem Ausweichverkehr auf umliegende Quartierstrassen führen. Dieser Ansatz kann nicht weiterverfolgt werden.

Von den ursprünglich fünf Ansätzen verbleiben somit die Ansätze «Tunnel Rosenberg im Tagbau» und «Tunnel Rosenberg bergmännisch» für die vertiefte Prüfung.

5.7.2 Verkehrstechnische Machbarkeit

Die verschiedenen Untervarianten für den Anschluss im Bereich Schlossberg können auf dem Planungsstand der ZMB nicht abschliessend verglichen werden. Im Rahmen der ZMB muss lediglich die Machbarkeit nachgewiesen werden. Hierfür wird am Schlossberg die Lösung mit Gabeltunnel und den zugehörigen Ausbauten am Knotensystem Schlossberg/Rosenberg auf der Basis des VP_{optimiert} gewählt. Beim Knoten Sedel-/ Friedentalstrasse wird ein Kreisell erstellt, welcher neben der Strassenanbindung auch die Erschliessung des Spitals ermöglicht. Diese Elementwahl entspricht der günstigsten Anordnung gemäss dem aktuellen Kenntnisstand.

Tabelle 27: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
20	Emmen Süd, Sedel Ost	2'819	C
7	Lochhof Ost	3'037	C
8	Lochhof West	2'742	E
30	Geissmattbrücke Süd	1'662	C
31	Basel-/Gütschstrasse	1'695	C
32	Kasernenplatz	3'026	C
42	Grosshof 1	2'892	D

Tabelle 28: Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse und Schlossberg, Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
2	Schlossberg Nord	2'406	C
3	Schlossberg Süd	2'182	B
X	Schlossberg West	1'537	D
5	Spital-/Friedentalstrasse	1'725	C
6	Kreisel Spital (Sedel-/ Friedentalstrasse)	1'607	C

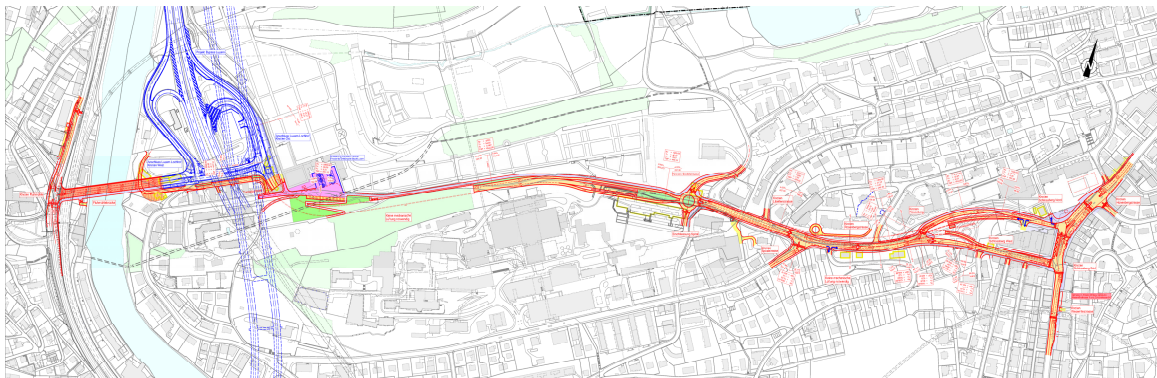


Abb. 38: Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg (Untervariante «Tunnel Rosenberg Tagbau»)

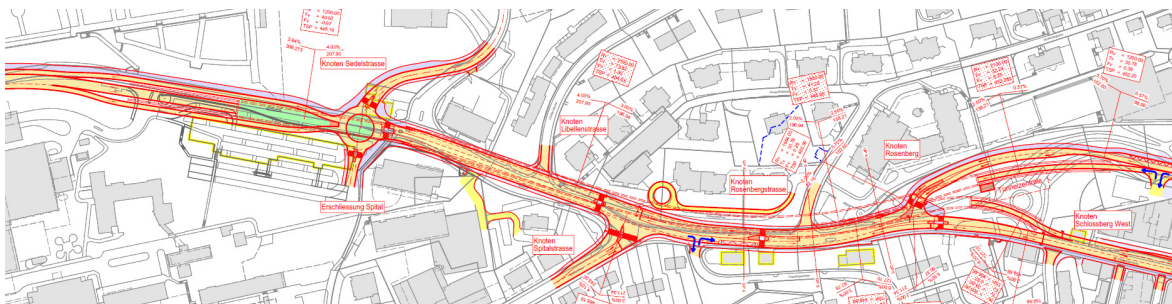


Abb. 39: Tunnel Rosenberg Tagbau

Die Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsprüfung sind in der Tabelle 27 für die Autobahnanschlüsse und in Tabelle 28 für die übrigen Knoten dargestellt. Im Hinblick auf den Variantenvergleich wird die Untervariante ohne durchgehende Busspuren betrachtet, d.h. ein Vergleich mit den Aussagen im Kap. 5.5.3 erstellt. Durch die Lage der Tunnelportale verändern sich einzelne Verkehrsströme gegenüber der Variante VP_{optimiert}. Das Ausmass dieser Veränderungen ist gegebenenfalls in der nächsten Projektphase zu überprüfen.

Beim Autobahnanschlussknoten Emmen-Süd ist die Leistungsfähigkeit ausreichend wie mit VP_{optimiert}.

Beim Anschluss Luzern-Lochhof West ergibt sich gegenüber VP_{optimiert} zwar eine Verkehrsabnahme, aufgrund der ungünstigeren Verteilung ergibt sich dennoch eine Verschlechterung der Verkehrsqualität mit entsprechenden Rückstaulängen. Zur Sicherstellung des Abflusses von der Autobahn und zur Verhinderung von Rückstau bis auf die Autobahn muss zeitweise Verkehr auf der Fluhmühlebrücke zurückgehalten werden.

Beim Anschluss Luzern-Zentrum nimmt der Verkehr an den beiden für die Funktionalität des Autobahnanschlusses massgebenden Knoten Geissmattbrücke Süd (Knoten 30) und Basel-/Gütschstrasse (Knoten 31) gegenüber der Variante VP_{optimiert} mit durchgehenden Busspuren ab, da keine Verkehrsverlagerung zur Geissmatt- und St. Kalibrücke infolge von durchgehende Busspuren stattfindet. Die Knotenauslastungen nehmen entsprechend ab. Beim Kasernenplatz (Knoten 32) sind die Veränderungen beim massgebenden Strom auf dem Hirschengraben stadtauswärts gering, die hohe Auslastung bleibt. Bei einer allfälligen Weiterbearbeitung der Variante sind Massnahmen zur Verbesserung zu prüfen (z.B. zweistreifige Führung des Verkehrs vom Hirschengraben in die Rampe der Autobahneinfahrt).

Beim Anschluss Kriens ergibt sich insbesondere durch den Wegfall der durchgehenden Busspuren eine grössere Veränderung der Knotenströme gegenüber VP_{optimiert} (inkl. durchgehende Busspuren). Der Knoten Grosshof 1 bleibt weiterhin stark ausgelastet.

Entlang der Friedentalstrasse weisen die Knoten mit Ausnahme des Knotens Schlossberg West eine gute bis zufriedenstellende Verkehrsqualität auf. Der Knoten Schlossberg West muss LSA-gesteuert betrieben werden. Die Abwicklung des Verkehrs ist knapp möglich, es bilden sich jedoch lange Rückstaus, u. a. bis in den Tunnel.

Beim Kreisel Kreuzstutz liegen die Verkehrsmengen mit 1'925 PWE/h tiefer als im Zustand mit VP_{optimiert} (2'108 PWE/h) bzw. deutlich tiefer als im Ist-Zustand 2017 (2'266 PWE/h).

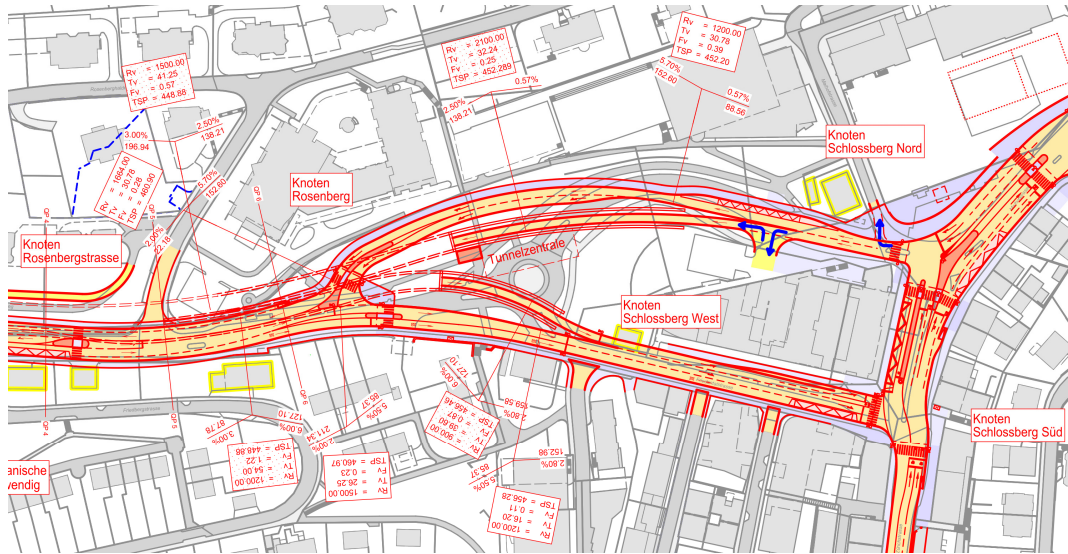
5.7.3 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Die Elemente der Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg können der Abb. 38 entnommen werden. Die Variante sieht einen Tagbautunnel von 600 m Länge im Abschnitt Rosenberg vor (s. Abb. 39). Das westliche Tunnelportal liegt im Bereich des provisorischen Personalparkhauses des Kantonsspitals. Die Topographie kann ideal ausgenutzt werden – das Rampengefälle ist minimal. Der Tunnel unterquert anschliessend den Knoten Sedelstrasse und führt unter der Friedentalstrasse, resp. soweit als möglich etwas nördlich versetzt dazu in Richtung Schlossberg, wo der Tunnel auftaucht und mit dem bestehenden Strassennetz verknüpft wird.

Der Tunnel weist eine unruhige vertikale Linienführung auf. Dies ergibt sich aus dem Bestreben, grosse Baugrubentiefen in der bestehenden Geländeformation zu vermeiden.

Die Portalzone Schlossberg stellt verkehrstechnisch, trassierungs- und gestaltungsmässig eine grosse Herausforderung dar. Die zur Verfügung stehenden Distanzen zum nachfolgenden Knoten sind ungenügend für die notwendigen Verflechtungen. Rückstaus in die Tunnelzone können nicht vermieden werden.

Die Portale der Ein- und Ausfahrt werden in Lage und Höhe getrennt angeordnet. Sie werden un-



tertage zusammengeführt. Dies ist aufwändig sowie platzintensiv und sicherheitstechnisch nicht erwünscht. Für den Tagbautunnel ergeben sich im Bereich der Zusammenführung sehr grosse Spannweiten. In den einstreifigen Bereichen ist allenfalls zusätzlich ein Pannestreifen für den Unterhalts- und den Ereignisfall anzuordnen.

Die Längsgefälle in der Portalzone überschreiten den Maximalwert für Tunnels gemäss SIA von 5 %. Die bestehende Friedentalstrasse, im Abschnitt zwischen der Friedbergstrasse und dem Kreisel Rosenberg, ist um bis zu 4 m anzuheben, um die Zusammenführung der einzelnen Fahrstreifen zu ermöglichen.

Zwischen dem Tunnel Friedental, welcher vom Autobahnanschluss Luzern-Lochhof ins Friedental führt und dem Tunnel Rosenberg besteht eine offene Zwischenstrecke. Mittels Ver- und Entflechtungsstrecken findet hier die Zusammenführung mit dem untergeordneten Strassennetz statt. Der hierfür benötigte Raum wird vorwiegend ab dem Areal des Kantonsspitals gewonnen. Das Areal Urnerhof und der Friedhof Friedental sind ebenfalls tangiert. Die Zwischenanbindung ist u.a. notwendig, um das Kantonsspital und die angrenzenden Quartiere via Autobahnanschluss Luzern-Lochhof erschliessen zu können.

Die Erschliessung des Kantonsspitals findet ab dem Knoten Sedelstrasse statt, der gegenüber heute etwas versetzt, in Richtung Friedental zu liegen kommt. Der bestehende Anschluss Friedental des Kantonsspitals ist aufzuheben.

Der Bau in den innerstädtischen Verhältnissen unter Aufrechterhaltung des Verkehrs stellt eine sehr grosse Herausforderung dar. Es sind umfangreiche Provisorien (prov. Strassenführung, Werkleitungen, Baupisten etc.) mit entsprechendem Raumbedarf und Eingriffen notwendig. Grössere Verkehrsbehinderungen und Einschränkungen sind unvermeidlich. Der Bauablauf ist gegebenenfalls in der nächsten Projektphase im Detail zu erarbeiten.

Für das Portal Schlossberg wurden neben dem Gabeltunnel (Abb. 40) weitere Varianten geprüft, mit dem Ziel, die Portalsituation zu vereinfachen.

Mit der Konzentration auf den Teilknoten Schlossberg Nord (Abb. 41) kann die Portalsituation wesentlich vereinfacht werden, jedoch kann die Leistungsfähigkeit des Teilknotens Schlossberg Nord nicht gewährleistet werden. Zur Entlastung des Knotens müssten gewisse Fahrbeziehungen unterbunden werden.

Als weiterer Ansatz kann ein komplett neues Knotensystem Schlossberg in Erwägung gezogen werden, wenn das Areal der bestehenden Überbauung am Schlossberg ebenfalls neu geplant werden kann. In Abb. 42 ist eine Umsetzungsidee mit einer Kreisellösung skizziert. Ungeregelte Kreisellösungen sind allerdings innerstädtisch unerwünscht, weil sie keine gezielte Verkehrssteuerung und Priorisierung des öV zulassen.

Mit keinem dieser alternativen Ansätze zeichnet sich jedoch eine Lösung ab, die wesentliche Vorteile bringt oder einfacher zu realisieren wäre.

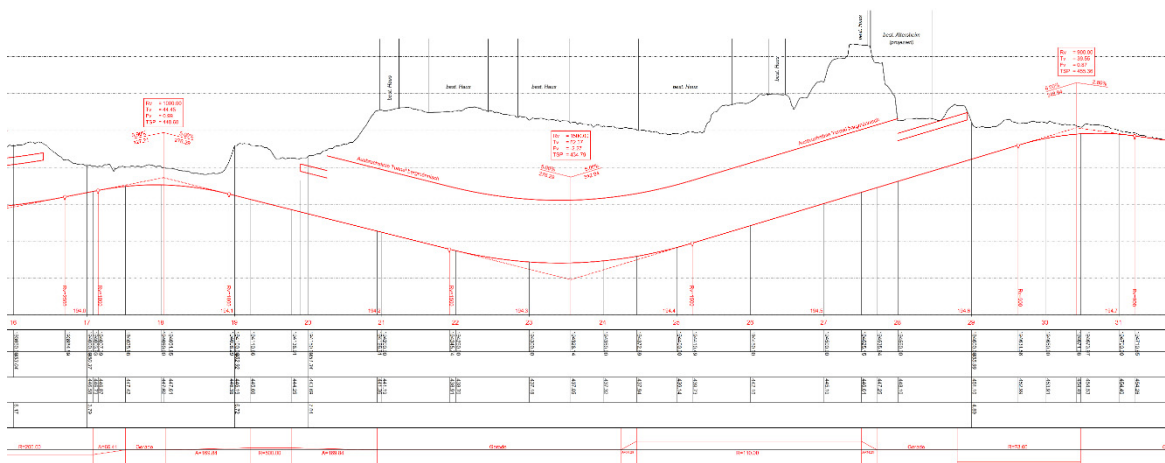
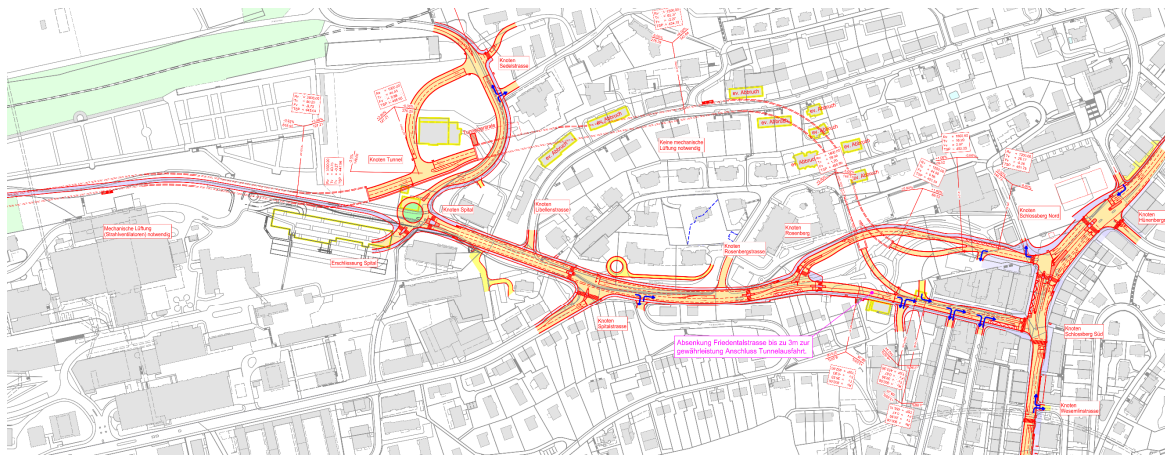


Abb. 43: Tunnel Rosenberg bergmännisch (Situation und Längenprofil)

Tabelle 29: Kostenzusammenstellung für die Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg, Untervariante Tagbau (CHF)

	Fluhmühlebrücke- Hauptstrasse	Friedental- Rosenberg- Schlossberg	Tunnel Rosenberg
Baukosten	22'300'000.-	100'000'000.-	94'000'000.-
Übriges und MwSt.	12'700'000.-	48'000'000.-	48'000'000.-
Total inkl. MwSt.	35'000'000.-	148'000'000.-	142'000'000.-
Gesamtkosten	CHF 325 Mio.		

Neben Tagbaulösungen wurde auch eine bergmännische Variante für einen Tunnel Rosenberg geprüft. Diese ist in Abb. 43 dargestellt. Der Tunnel führt unter dem Rosenberg hindurch. Die Überdeckung ist sehr gering. Die bestehenden Gebäude im Tunnelbereich müssten z.T. weichen, wobei das genaue Ausmass erst im Rahmen der nächsten Projektphase bestimmt werden kann. Das Längsgefälle von 6 % überschreitet den Grenzwert gemäss SIA-Norm von 5 %. Eine mechanische Lüftung des Tunnels Rosenberg ist gemäss den Vorabklärungen nicht notwendig.

Die Anbindung an den Schlossberg gestaltet sich aufgrund der Höhenverhältnisse anspruchsvoll. Die Friedentalstrasse müsste rund 3 m abgesenkt werden, um die Anbindung gewährleisten zu können. Dies führt zu einem zusätzlichen Gebäudeabbruch. Der Knoten Rosenberg wird westwärts verschoben.

Der Tunnel Friedental wird bei der bergmännischen Variante in den Bereich des Urnerhofes verlängert und dort mit dem Tunnel Rosenberg verknüpft. Die Anbindung an die östliche Friedentalstrasse erfolgt über die Sedelstrasse, die entsprechend auszubauen ist. Die Rückstaus am Knoten reichen bis in beide Tunnels, deren Portalzonen 3-streifig auszubilden sind. Der Tunnel Friedental ist aufgrund der Verlängerung mit einer mechanischen Längslüftung auszurüsten.

Das Areal Urnerhof wird durch die neue Verkehrsanlage (Strasse, Tunnelportal, Zentrale) grossflächig belegt. Die auf dem Areal vorgesehene Bebauung ist nicht mehr möglich. Die Erschliessung des neuen jüdischen Friedhofes ist neu zu planen.

Die Gesamtkosten der Variante mit Tagbautunnel werden auf CHF 325 Mio. geschätzt und setzen sich gemäss Tabelle 29 zusammen. Die Unsicherheit der Kostenschätzung ist etwas höher als bei den Strasseninfrastrukturen an der Oberfläche, weil die spezifischen Massnahmen (wie Gebäudesicherungen und -abbrüche, besondere geologische Verhältnisse usw.) für den Tunnelbau in dieser Planungsphase noch nicht genau erfasst werden können.

5.7.4 Fazit

Mit der Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ergibt sich beim Anschluss Luzern-Lochhof eine ungünstigere Verteilung des Verkehrs, welche zu einer sehr starken Auslastung des Anschlussknotens führt. Teilweise müssen Fahrzeuge auf der Brücke zurückgehalten werden, um einen Rückstau auf die Autobahn zu verhindern. Die weiteren Autobahnanschlussknoten weisen eine genügende Leistungsfähigkeit auf.

Mit dem Anschluss des Tunnels Rosenberg im Bereich des Schlossbergs ergibt sich in jedem Fall eine sehr grosse Verkehrsbelastung im Knotensystem. Mindestens ein Knoten ist jeweils vollständig aus- bzw. überlastet. Welcher Knoten massgebend wird, hängt vom definitiven Variantenentscheid des Tunnel-Anschlusses ab.

Weiter zeigt sich, dass trotz des Tunnels Rosenberg die verbleibenden Verkehrsmengen auf der Friedentalstrasse im Abschnitt zwischen Schlossberg und Spitalstrasse weiterhin so hoch sind, dass keine massgebende Reduktion der Verkehrsfläche möglich ist. Möglichen Anpassungen sind nur in kleinem Mass bei den Längen der Aufstellbereiche möglich.

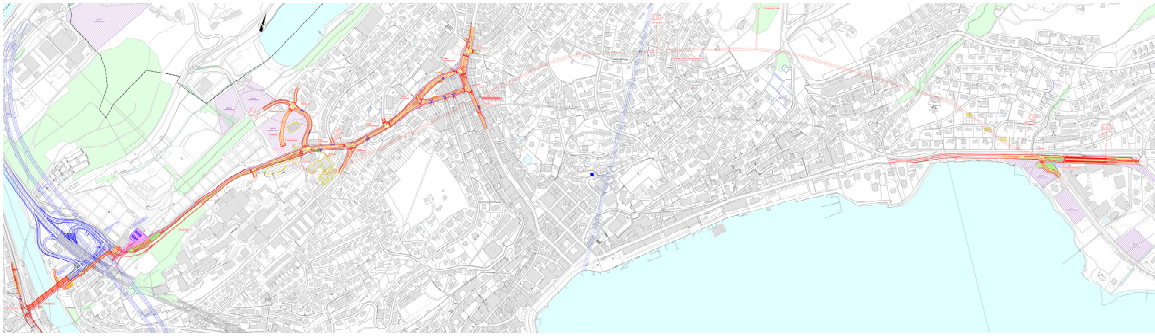


Abb. 44: Variante Spange Nord lang

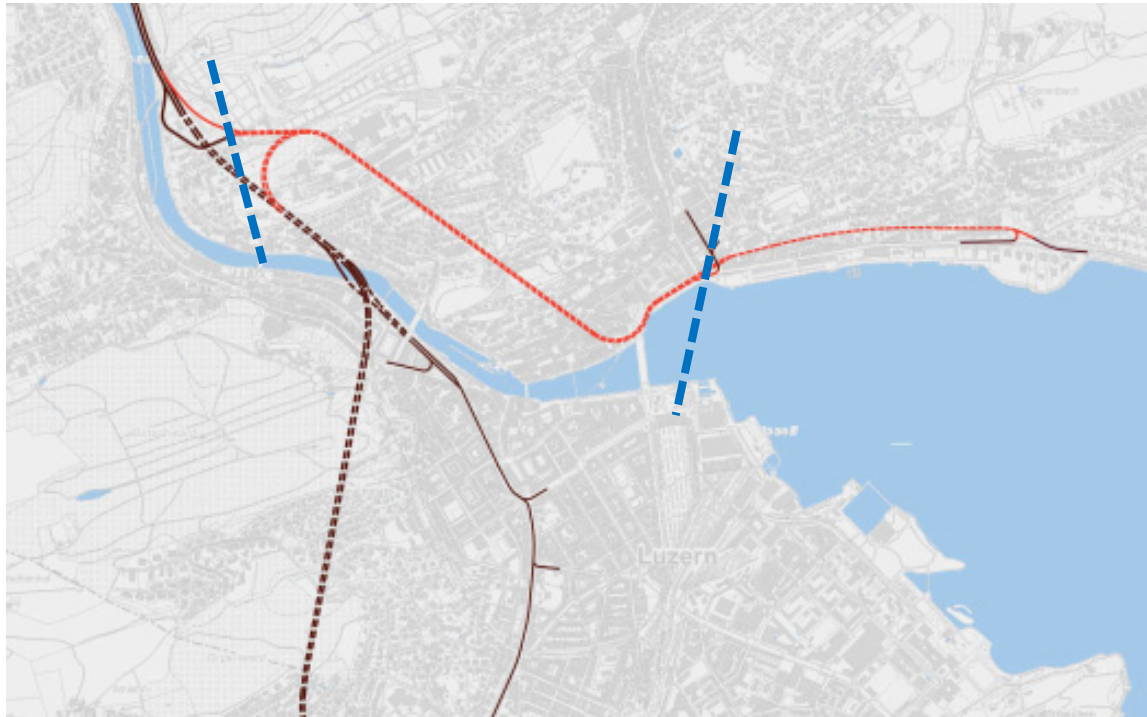


Abb. 45: Übersicht Variante «Spange Mitte» (Quelle: [3])
(blau: Ergänzung Bypass Luzern und Dreilindentunnel Durchgangsbahnhof Luzern)

5.8 Variante Spange Nord lang

5.8.1 Vorbemerkungen

Die Spange Nord lang umfasst die Elemente der Variante VP_{optimiert} (vgl. Kap. 5.5) und einen zusätzlichen Tunnel von der Sedelstrasse bis zur Haldenstrasse beim Verkehrshaus (s. Abb. 44). Der Anschluss an die Sedelstrasse wird gewählt, weil am Schlossberg der Platz für einen Vollanschluss (Rampen Richtung Friedental und Richtung Haldenstrasse) fehlt. Die Anbindung des Tunnels an die Sedelstrasse ermöglicht auch Fahrten vom Schlossberg durch den Tunnel zum Ostportal und umgekehrt. Gegenüber der Lösungsskizze in der Phase 1 ist der Tunnel etwas länger, weil sich beim Verkehrshaus ein besser geeigneter Bereich für die Rampen und die Unterquerung der Bahnlinie ergibt.

Die Variante Spange Nord lang beinhaltet zudem die durchgehenden Busspuren, da die grossräumige Verkehrsbelastung insbesondere für die Spurumwidmung im Stadtzentrum genutzt werden soll.

In die Variantenfamilie «Tunnel lang» kann ebenfalls die via Magazin Stadtsicht 01/2019 eingebrachte Variantenidee «Spange Mitte» [3] von Karin und Martin Simmen eingeordnet werden. Diese wird nachstehend beurteilt.

5.8.2 Variante Mitte

Die grundsätzliche Linienführung kann der Abb. 45 entnommen werden. Der Tunnel «Spange Mitte» führt ab dem Gebiet Husermatte an der Haldenstrasse via Schweizerhofquai und Musegg in das Gebiet St. Karli, wo der Zusammenschluss mit der Stadtautobahn vorgesehen ist. Am Schweizerhofquai ist ein ¼-Anschluss vorgesehen. Die Tunnellänge beträgt ca. 3 km, analog der Variante Tunnel lang. Gleichzeitig soll die Seebrücke für den MIV gesperrt werden.

Die wesentlichen Punkte der Kurzbeurteilung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Anschluss Husermatte: Der Anschluss erscheint geometrisch grundsätzlich machbar. Im Portalbereich sind einige Gebäude abzubrechen. Diese sind z.T. gemäss Bauinventar der Stadt Luzern als schützenswert eingestuft. Ungünstig in Bezug auf den Tunnelanschluss liegt die Einmündung der Bellerivestrasse.
- Linienführung Tunnel im Bereich Schweizerhofquai: Der Tunnel steht in diesem Bereich in Konflikt mit dem Dreilindentunnel des Durchgangsbahnhofes Luzern. Dieser müsste zwangsläufig unterfahren werden. Zudem müsste der Tunnel «Spange Mitte» nach Norden unter die Häuserzeile verschoben werden, damit er im Fels-, statt im Lockergestein zu liegen kommt.
- Anschluss Schweizerhofquai: Aus Platzgründen (Wanne/Rampe) und wegen des geplanten Dreilindentunnels wird die Machbarkeit des Zwischenanschlusses Schweizerhofquai kritisch beurteilt. Sicherheitstechnisch ist ein Zwischenanschluss im Tunnel zudem nicht erwünscht. Es wäre eine längere Verflechtungsstrecke untertage notwendig, die bautechnisch anspruchsvoll ist und sehr hohe Kosten verursacht.
- Anschluss Reussporttunnel: Die vorgesehene, direkte Anbindung der «Spange Mitte» an den Reussporttunnel ist nicht realisierbar. Die Ver- und Entflechtungsstrecken, welche mit dem Anschluss Luzern-Zentrum zu teilen wären (Kreuzverflechtung), sind zu kurz. Die Anbindung in Fahrtrichtung Süd müsste den Tunnel Reussport zudem unter- oder überqueren, was geometrisch auf der kurzen, zur Verfügung stehenden Strecke als nicht machbar erscheint. Die Kopplung von zwei Tunnelsystemen führt zudem zu grossen lüftungstechnischen Herausforderungen.
Ein unabhängiger Betrieb von Stadtautobahn und «Spange Mitte» ist in der vorgesehenen Auslegung nicht gewährleistet (Ereignisfall, Instandhaltung etc.).
- Anschluss Luzern-Lochhof: Die Anbindung in der skizzierten Form tangiert den Friedhof

Tabelle 30: Verkehrsmengen und Beurteilung Leistungsfähigkeit Autobahnanschlüsse, Variante Spange Nord lang

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
20	Emmen Süd, Sedel Ost	2'857	C
8	Lochhof West	2'902	D
30	Geissmattbrücke Süd	1'931	C
31	Basel-/Gütschstr.	1'630	C
42	Grosshof 1	2'863	E

Tabelle 31: Beurteilung Leistungsfähigkeit Knoten Friedentalstrasse, Schlossberg und Verkehrshaus, Variante Spange Nord lang

Knoten-Nr. gem. Abb. 22	Knoten	Verkehrsmenge ASP 2040 [PWE/h]	VQS
2	Schlossberg Nord	2'131	B
3	Schlossberg Süd	1'809	B
4	Rosenberg	2'468	A
5	Spital-/Friedentalstrasse	3'120	D
6	Sedel-/Friedentalstrasse	2'796	D
(Abb. 48, S. 88)	Anschluss Tunnel/Sedelstrasse (neuer Knoten)	1'540	C
(Abb. 49, S. 90)	Kreisel Brüelstrasse	ca. 1'770	D

Friedental, welcher schützenswert ist. Eine Anpassung des Anschlusses wäre jedoch grundsätzlich machbar.

- Die Sperrung der Seebrücke für den MIV führt zu einem unvollständigen Verkehrsnetz für die Verbindungen zwischen den nördlichen und südlichen Stadtteilen. Diese können durch die Spitalstrasse und die Quartierstrassen nicht sichergestellt werden.

Aufgrund der erkannten Problempunkte wird die Variante Spange Mitte in der ZMB als nicht realisierbar beurteilt und nicht weiter vertieft. Mit der Variante Tunnel lang liegt eine verwandte Lösung vor, die machbar ist und in der ZMB bewertet wird. Sollte die Variante lang als Bestvariante weiterverfolgt werden, sind in der nächsten Projektphase für die Optimierung Untervarianten zu prüfen und die Ideen aus der Variante Spange Mitte einzubeziehen.

5.8.3 Verkehrstechnische Machbarkeit der Variante Spange Nord lang

Beim Autobahnanschlussknoten Emmen-Süd weisen die Knoten gute bis zufriedenstellende Verkehrsqualitätsstufen auf (vgl. Tabelle 30). Bei den Anschlüssen Luzern-Lochhof und Luzern-Zentrum ist die Leistungsfähigkeit ausreichend.

Beim Anschluss Kriens sind gegenüber der Variante $VP_{\text{optimiert}}$ kaum Veränderungen vorhanden. Der Knoten Grosshof 1 ist stark ausgelastet. Insbesondere aufgrund des Bedarfs der Koordination mit den benachbarten Knoten kann die öV-Bevorzugung am Knoten nicht vollständig umgesetzt werden.

Gegenüber dem $VP_{\text{optimiert}}$ weisen die Knoten Schlossberg Nord, Schlossberg Süd und Spital-/Friedentalstrasse tiefere Verkehrsmengen auf. Dies führt zu einer Verbesserung der Verkehrsqualität, es kann aber kein Fahrstreifen reduziert werden. In der nächsten Projektphase ist gegebenenfalls zu prüfen, ob kürzere Aufstellbereiche vorgesehen werden können (vgl. Tabelle 31).

Beim Knoten Rosenberg sind die Reduktionen noch stärker. Eine Redimensionierung auf einen Fahrstreifen in der Vallasterstrasse könnte möglich sein. Die vertiefte Prüfung erfolgt gegebenenfalls in der nächsten Projektphase.

Der bestehende einstreifige Kreisel Brüelstrasse kann die zusätzliche Verkehrsmenge verarbeiten, wobei unter Berücksichtigung des vorgesehenen Linkseinbiegeverbots aus der Lidostrasse die Auslastung in der westlichen Zufahrt hoch ist. Es ergibt sich eine Verkehrsqualitätsstufe D mit teilweise Rückstau bis auf die Rampe der Tunnelausfahrt.

Entlang der Haldenstrasse ergibt sich gegenüber dem Ist-Zustand 2017 eine Verkehrsabnahme in der ASP von rund 240 PWE/h (18 %). Dies führt zu einer deutlichen Verbesserung der Verkehrssituation im Bereich Haldenstrasse und Schweizerhofquai.

Beim Kreisel Kreuzstutz liegen die Verkehrsmengen mit 2'118 PWE/h leicht tiefer als im Ist-Zustand 2017 (2'266 PWE/h).

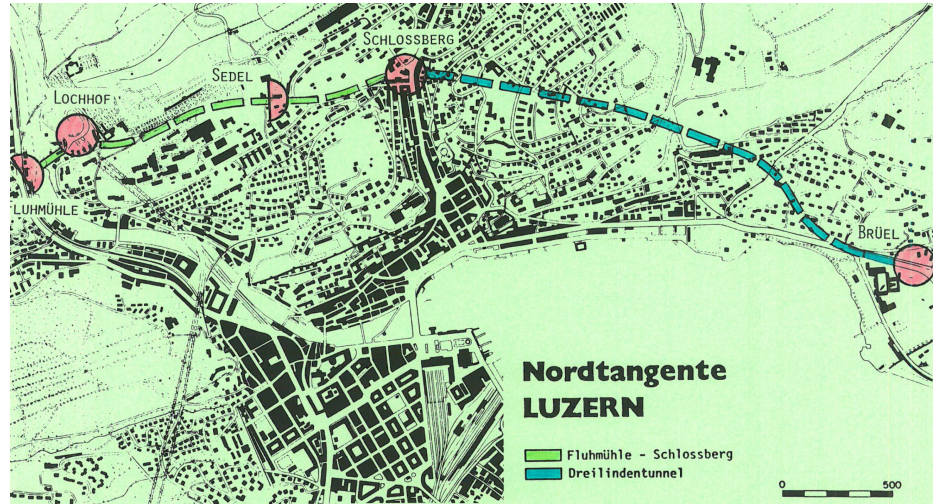


Abb. 46: Übersicht Generelles Projekt Nordtangente Luzern 1984 (Quelle: [4])

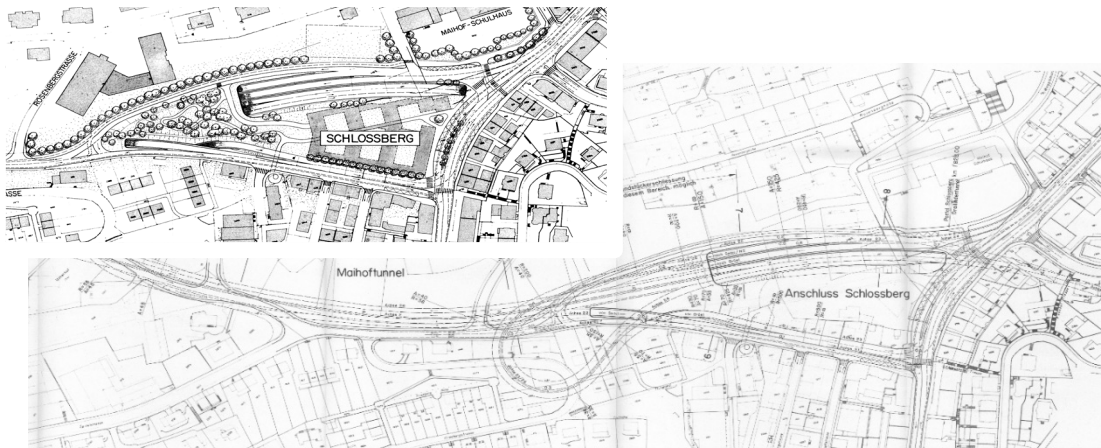


Abb. 47: Vollanschluss Schlossberg gemäss Projekt Nordtangente Luzern 1984 (Quelle [4])

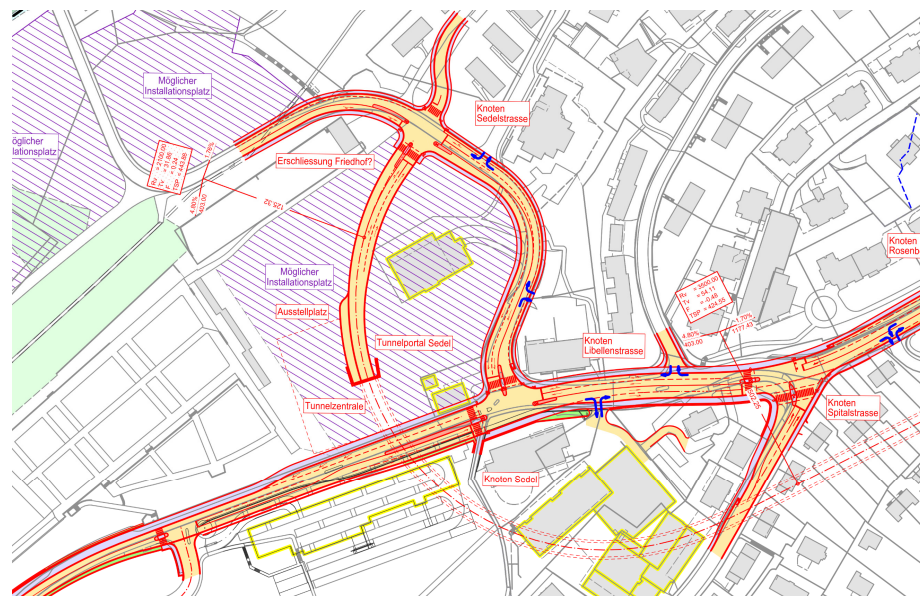


Abb. 48: Portalzone Urnerhof, Variante Spange Nord lang

5.8.4 Bautechnische Machbarkeit und Kosten

Eine konzeptionell vergleichbare Tunnellösung zwischen dem Anschluss Luzern-Lochhof und der Haldenstrasse wurde bereits in den 1980er Jahren mit dem Projekt «Nordtangente Luzern» geprüft [4] (s. Abb. 46 und Abb. 47). Die Erkenntnisse dieser Planungen sind in die vorliegenden Machbarkeitsabklärungen eingeflossen.

Das Projekt «Nordtangente Luzern» sah am Knoten Schlossberg einen Vollanschluss an das Tunnelsystem vor. Nach heutiger Beurteilung lässt sich ein solcher Anschluss am Schlossberg nicht siedlungsverträglich realisieren. Siehe dazu auch die Variante Tunnel Rosenberg (Kap. 5.7).

Die Verflechtungsstrecken, Stauräume, Knoten, Rampengeometrien etc., welche dem Projekt 1984 zugrunde gelegt wurden, sind aus heutiger Sicht nur z.T. ausreichend. Aufgrund der erkannten Problempunkte wurde beschlossen, bei der Variante Tunnel lang auf einen Anschluss Schlossberg zu verzichten.

Die Kantonsstrasse wird im Gebiet Verkehrshaus über eine Wanne in Mittellage in der Haldenstrasse in einen rund 3'000 m langen Tunnel geführt. Dieser unterquert die SBB Linie Luzern – Küssnacht und führt anschliessend nördlich des bestehenden Bahntunnels in einem weiten Bogen unter dem Gebiet Dreilinden in Richtung Schlossberg. Weiter führt der Tunnel unter den Friedberg, bevor er in einem relativ engen Radius die Friedentalstrasse unterquert. Das westliche Tunnelportal liegt im Bereich Urnerhof (s. Abb. 48). Die Kantonsstrasse wird hier an die Sedelstrasse angeschlossen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, den Tunnel in einer späteren Etappe unabhängig vom Abschnitt Friedental zu realisieren. Zudem erfolgt eine bessere Verkehrsverteilung als mit einer direkten Anordnung des westlichen Portals in der Friedentalstrasse.

Der einröhrige Tunnel weist je Fahrtrichtung einen Fahrstreifen auf. Es ist eine Unterquerung des projektierten Dreilindentunnels des Durchgangsbahnhofes Luzern vorgesehen, die technisch einer Überquerung vorzuziehen ist. Der Querungsabstand zum Dreilindentunnel ist generell gering und in einer nächsten Phase vertieft zu prüfen.

Das Längsgefälle im Tunnel liegt zwischen 1 % und 2 %. Auf den Portalrampen werden die maximalen Normwerte von 5 % eingehalten.

Der Ausbruch des Tunnels erfolgt mit Ausnahme der Portalbereiche bergmännisch. In den Portalzonen ist die Überdeckung z.T. gering. Inwieweit die bestehenden Gebäude in diesen Zonen unterfahren werden können oder abzurechen sind, ist gegebenenfalls in der nächsten Projektphase auf der Basis von geologischen Untersuchungen zu klären.

Als Fluchtweg ist der ohnehin zu erstellende Werkleitungskanal (WELK) unter der Fahrbahn vorgesehen. Neben Strahlventilatoren zur Gewährleistung der Längslüftung ist eine Ereignislüftung mit Zwischendecke und Brandklappen notwendig. Für die Ereignislüftung wird nach heutigem Stand analog dem projektierten Tunnel Bypass eine Lüftungszentrale mit Vertikalschacht und Entrauchungsbauwerk notwendig. Als möglicher Standort bietet sich das Waldgebiet Dreilinden an.

Für die Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA) sind mehrere Tunnelzentralen erforderlich. Neben Bauwerken untertage sind Zentralen im Bereich der Portale anzuordnen. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse ist dies insbesondere im Bereich Verkehrshaus problematisch. Entsprechende Prüfungen sind gegebenenfalls Gegenstand der nächsten Projektphase.

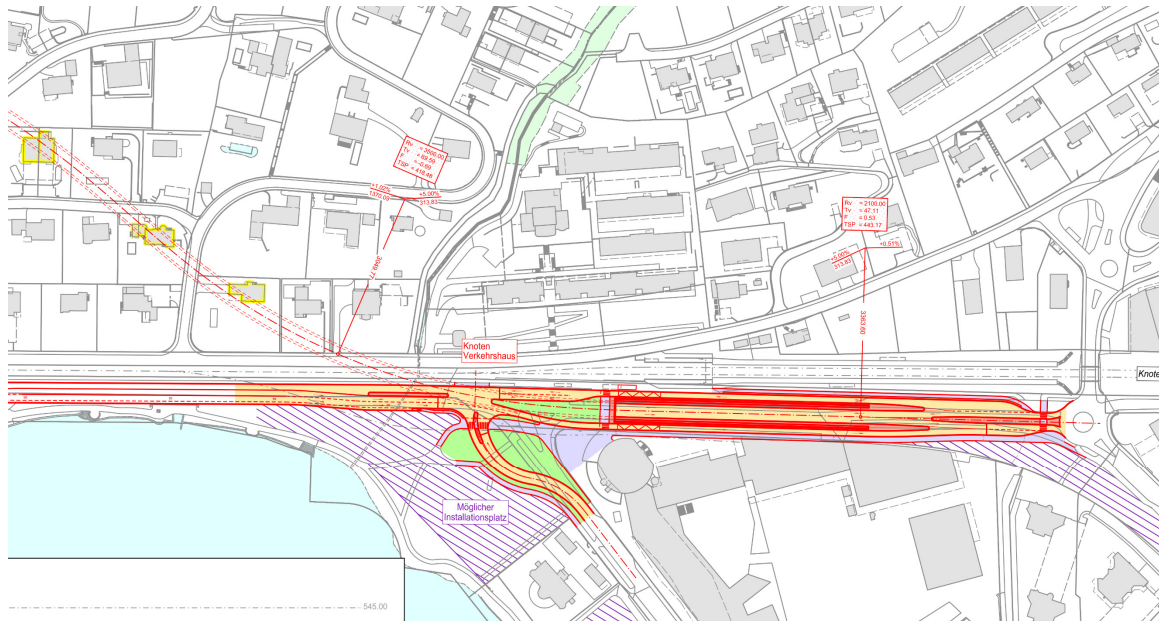


Abb. 49: Portalzone Verkehrshaus, Variante Spange Nord lang

Tabelle 32: Kostenzusammenstellung Variante Spange Nord lang (CHF)

	Variante VP _{optimiert}	Variante Spange Nord lang	durchgehende Busspuren
Baukosten	123'050'000.-	490'000'000.-	10'560'000.-
Übriges und MwSt.	61'950'000.-	230'000'000.-	4'440'000.-
Total inkl. MwSt.	185'000'000.-	720'000'000.-	15'000'000.-
Gesamtkosten	CHF 920 Mio.		

Die Rampen beim Portal Verkehrshaus liegen in der Haldenstrasse, westlich des Kreisels Brühlstrasse (Abb. 49). Mit der Anordnung von Fahrbahnhaltstellen in der Haldenstrasse kann die Verkehrslenkung Richtung Tunnel unterstützt werden. Die Platzverhältnisse im Bereich der Portalzone Verkehrshaus sind für die Bauphase sehr beschränkt. In der Bauphase müsste der Verkehr über die Nebenstrassen umgeleitet werden. Für die notwendigen Installationen sind grössere Flächen in der Umgebung einzubeziehen.

Das Portal Verkehrshaus liegt heute in einer hochwassergefährdeten Zone. Ein Projekt zur Behebung der Gefahren wird derzeit durch die Dienststelle Verkehr und Infrastruktur (vif) bearbeitet.

Die Kosten der Variante Spange Nord lang betragen rund CHF 920 Mio. (s. Tabelle 32). Wegen der nicht untersuchten Details des Tunnelbauwerks ist das Kostenrisiko der Variante erhöht.

5.8.5 Fazit

Bei der Variante Spange Nord lang ergeben sich im Tunnel von/zur Haldenstrasse relativ tiefe Belastungen. Die Abnahmen entlang der Haldenstrasse sind prozentual hoch, und es ergibt sich eine deutliche Verbesserung der Verkehrssituation im Bereich Haldenstrasse und Schweizerhofquai.

Im Bereich Schlossberg/Rosenberg sind die Entlastungen gegenüber der Variante VP_{optimiert} jedoch gering, so dass dieser Bereich trotzdem ausgebaut werden muss, um einen stabilen Verkehrsfluss und Busbetrieb sicherzustellen.

Die indirekte Anbindung des langen Tunnels über die Sedelstrasse führt dazu, dass zusätzlicher Verkehr via Sedelstrasse Richtung Autobahnanschluss Emmen-Süd fährt. Die Verkehrsbelastung im Tunnel Friedental nimmt nur geringfügig zu, so dass diese Verkehrsmengen beim Anschluss Luzern-Lochhof verarbeitet werden können.

Aus verkehrlicher Sicht ergibt sich mit der Variante Spange Nord lang ein funktionsfähiges Strassennetz mit Verkehrsentlastungen auf massgebenden Abschnitten.

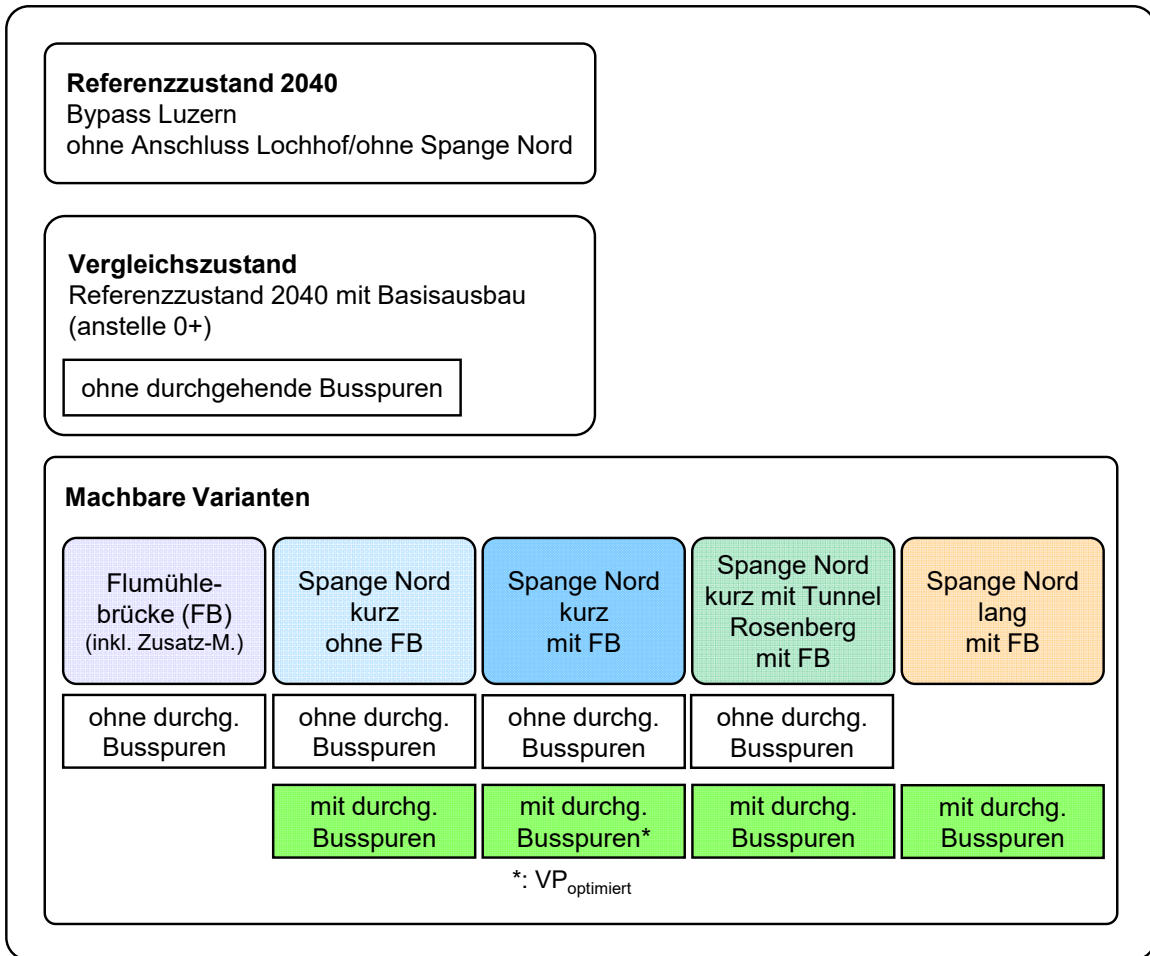


Abb. 50: Übersicht der Varianten als Ergebnis der Phase 2 ZMB

5.9 Zusammenfassung der Ergebnisse der Machbarkeitsabklärungen

Die Ergebnisse der Machbarkeitsabklärungen in der Phase 2 der ZMB können wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Abb. 50):

- Als Referenzzustand für die Zusatzabklärungen gilt das Projekt Bypass Luzern ohne Anschluss Luzern-Lochhof und ohne Spange Nord.
- Die Variante 0+ (durchgehende Busspuren) kann im Horizont 2040 nicht funktionsfähig gestaltet werden und kann nicht weiterverfolgt werden.
- Damit der Referenzzustand 2040 funktionsfähig wird, muss ein Basisausbau mit Anpassungen der bestehenden Anlagen an den Knoten Kreuzstutz und Kasernenplatz sowie auf der Friedentalstrasse zwischen Sedelstrasse und Schlossberg (inkl.) und auf der Spitalstrasse erfolgen.
- Die Varianten Fluhmühlebrücke, Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (VP_{optimiert}), Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke, Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und die Variante Spange Nord lang sind (mit z. T. ergänzenden Massnahmen) verkehrstechnisch und baulich machbar.
- Die verschiedenen Varianten einer Spange Nord kurz können mit und ohne die durchgehenden Busspuren funktionsfähig ausgebildet werden. In der Variante Spange Nord lang werden sie als Projektbestandteil betrachtet.

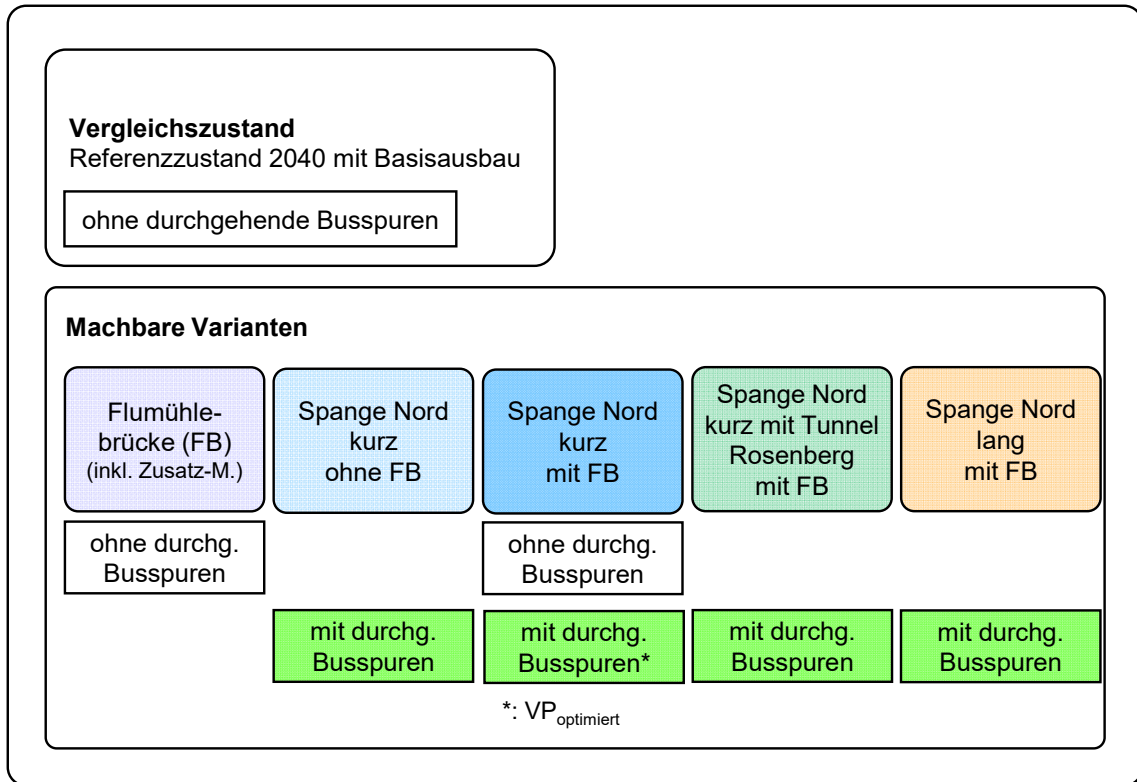


Abb. 51: Übersicht der charakteristischen Varianten für die Bewertung in der Phase 3 ZMB

6 Ergebnisse der Phase 3: Variantenbewertung

6.1 Vorbemerkungen

Methodisch wird eine Variante immer dem sogenannten Vergleichsfall gegenübergestellt. Als Vergleichsfall für die vorliegende Bewertung wurde der Basisausbau bestimmt (vgl. Kap. 5.9). Das heisst, es werden immer die Differenzen von bestimmten Auswirkungen bzw. Indikatoren zum Basisausbau beurteilt, und zwar jeweils für einen festgelegten Prognosezeitpunkt. Im Falle der Spange Nord ist dies (wegen des im Verkehrsmodell so gewählten Prognosezeitpunktes) das Jahr 2040. Für die vorliegende Fragestellung kommen zwei Bewertungsverfahren zum Einsatz, welche sich ergänzende Indikatoren aufweisen. Diese Indikatoren sind mit jenen der Phase 1 abgestimmt und somit vollständig kompatibel (vgl. Kap. 3).

Für die Bewertung werden aus den machbaren Varianten gemäss Kap. 5.9 die sechs charakteristischen Varianten gemäss Abb. 51 bestimmt. Diese Auswahl ermöglicht die Beurteilung der relevanten Unterschiede in den Varianten durch die Elemente «Fluhmühlebrücke», «Tunnel Rosenberg» und «durchgehende Busspuren». Daraus können Analogieschlüsse für die weiteren Varianten abgeleitet werden, falls dies aufgrund der Bewertungsergebnisse notwendig wird.

6.2 Kosten-Nutzen-Analyse

Bei der Kosten-Nutzen-Analyse handelt es sich um eine volkswirtschaftliche Ermittlung und Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen eines Projekts. Das sich daraus ergebende Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) gibt den Grad der volkswirtschaftlichen Rentabilität einer Investition wieder. Die KNA umfasst insgesamt 11 Indikatoren, die monetär abgebildet werden können. Für jeden Indikator werden die Unterschiede (Effekte) zwischen der betrachteten Projektvariante und dem Vergleichsfall in CHF/Jahr ermittelt.

Die KNA stellt eine sogenannte dynamische Investitionsrechnung dar, bei der die jährlichen Kosten und Nutzen auf das Jahr 2019 abdiskontiert werden. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass Kosten und Nutzen nicht zum gleichen Zeitpunkt anfallen. Die Abdiskontierung ermöglicht so einen Vergleich von zeitlich unterschiedlich anfallenden Geldflüssen. Die Berechnung der KNA erfolgt mit dem vom ASTRA entwickelten Tool eNISTRA (Version 2017).

Als massgebende Kosten werden für jede Variante die Nettokosten nach Abzug der «Ohnehin-Kosten» des Basisausbaus berücksichtigt. Damit wird sichergestellt, dass die Nutzen, die in den einzelnen Varianten gegenüber dem Basisausbau erzeugt werden, auf die dafür notwendigen Mehrinvestitionen bezogen werden. Umgekehrt werden in allen Varianten die Kosten für den Ausbau des Anschlusses Luzern-Lochhof (rund CHF 14 Mio.) einbezogen, weil die volkswirtschaftliche Betrachtung ungeachtet der Finanzquelle (Bund oder Kanton) erfolgen muss.

Für die KNA werden folgende relevanten Parameter verwendet:

- Beginn der Planungs- und Bauphase: 2020/2031
- Jahr der Inbetriebnahme: 2036
- Betrachtungsdauer: bis 2075 (standardisierte 40-Jahres-Betrachtung)
- Bezugsjahr: 2019 (entspricht dem Jahr der Projektverfassung)
- Diskontsatz: 2 %
- Verkehrswachstum nach 2040: 1 %
- Grundlagen für die Indikatoren (VSS-Normen): VSS-41 820; VSS-41 822a; VSS-41 823; VSS-41 824; VSS-41 826; VSS-41 827; VSS-41 828

Tabelle 33: Gesamtergebnisse der KNA

Variante	Nettobarwert Kosten Mio. CHF	Nettobarwert Nutzen Mio. CHF	Nutzen-Kosten- Verhältnis NKV
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	105.84	-226.78	ineffizient
Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren	91.53	-586.13	Ineffizient
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	76.17	635.59	8.34
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	10.33	350.36	33.92
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	169.93	820.34	4.83
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	609.15	172.56	0.28

Tabelle 34: Nutzwertpunkte je Oberziel bei Gleichgewichtung

Variante	Nutzwertpunkte			
	Gesellschaft	Wirtschaft	Umwelt	Summe
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren	3.90	-1.6	-1.2	1.1
Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren	2.0	-1.9	0.9	1.0
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.4	1.2	-0.9	2.7
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.5	0.5	-1.0	1.0
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.4	0.6	-1.1	2.9
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	5.20	-3.88	-1.33	-0.01

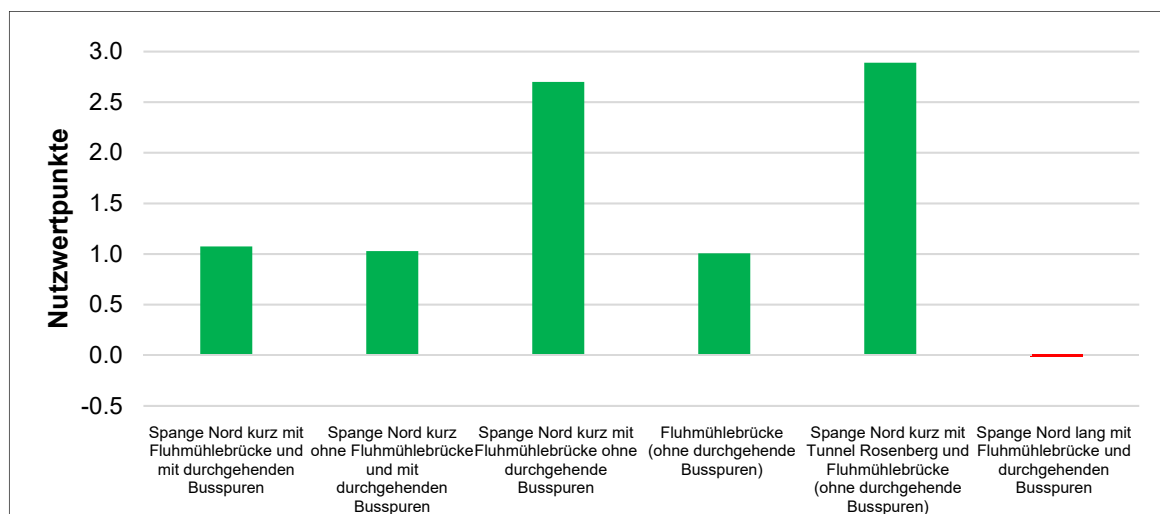


Abb. 52: Nutzwertpunkte Gesamtbewertung bei Gleichgewichtung der Oberziele

Für die Auswertungen liegen Umlegungen der MSP, ASP und DTV vor. Es werden jeweils zwei Morgen- und Abendspitzenstunden verwendet und der DTV um den entsprechenden Anteil (33.15 % der Verkehrsleistung) reduziert. Mit diesem Vorgehen werden die höheren Belastungen (und die breitere zeitliche Verteilung) der Spitzenstunden im Jahr 2036 gegenüber heute berücksichtigt.

Die Gesamtergebnisse der KNA sind in Tabelle 33 dargestellt. Die detaillierten Erläuterungen dazu finden sich im Anhang 2. Nachfolgend werden die relevanten Ergebnisse beschrieben.

- Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) weist mit grossem Abstand das höchste Nutzen-Kosten-Verhältnis (33.92) auf. Dies liegt unter anderem daran, dass die Kostendifferenz zum Referenzfall bei nur rund CHF 10 Mio. (Nettobarwert) liegt. Gleichzeitig entstehen hohe Nutzen, vor allem durch Fahrzeitgewinne.
- Die beiden Varianten ohne durchgehende Busspuren (Spange Nord kurz und Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg, beide mit Fluhmühlebrücke) erreichen ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 8.34 bzw. 4.83 und liegen im Mittelfeld.
- Die Varianten mit durchgehenden Busspuren (VP_{optimiert}, Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und Spange Nord lang (mit Fluhmühlebrücke)) erreichen kein positives oder ein unzureichendes (<1.0) Nutzen-Kosten-Verhältnis. Die Varianten VP_{optimiert} und Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke weisen, insbesondere in Folge von Reisezeitverlängerungen, sogar negative Nutzen auf.

6.3 Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Da eine Vielzahl an Wirkungen nicht monetär abgebildet werden können, wird ergänzend zur KNA noch eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA) durchgeführt. Diese KWA umfasst insgesamt 13 Indikatoren, welche den drei Nachhaltigkeitsgruppen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt zugeordnet werden können.

Dabei wird die Wirkung jedes Indikators mittels einer Nutzenfunktion in Nutzwertpunkte (-3 bis +3) überführt und zusätzlich mit einer Betroffenheit (0 bis 5) gewichtet. Diese Betroffenheit berücksichtigt die unterschiedliche Bedeutung der Wirkungen in den einzelnen Teilräumen oder auf einzelnen Strecken. Dies können bspw. die Anzahl Einwohner eines betroffenen Teilraumes oder die Anzahl Buskurse auf einem definierten Streckenabschnitt sein. Der detaillierte Beschrieb der einzelnen KWA-Indikatoren und die einzelnen Bewertungsergebnisse finden sich im Anhang 2.

In Tabelle 34 sind die Nutzwertpunkte je Oberziel bei Gleichgewichtung der Oberziele dargestellt. Die detaillierten Erläuterungen dazu befinden sich im Anhang 2.

Bei Betrachtung der aufsummierten Nutzwertpunkte (gleichgewichtet), wie in Abb. 52 dargestellt, fällt auf, dass bis auf die Variante Spange Nord lang (mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren) sämtliche Varianten gesamthaft positive Nutzwertpunkte erreichen. Die bisherige Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP_{optimiert}) weist einen ähnlichen Nutzensaldo wie die Varianten Fluhmühlebrücke und Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke auf. Dagegen schneiden die Varianten ohne durchgehende Busspuren signifikant besser ab. Die Punktezahl ist jedoch auch bei diesen Varianten bezogen auf die maximal möglichen +15 Punkte relativ klein.

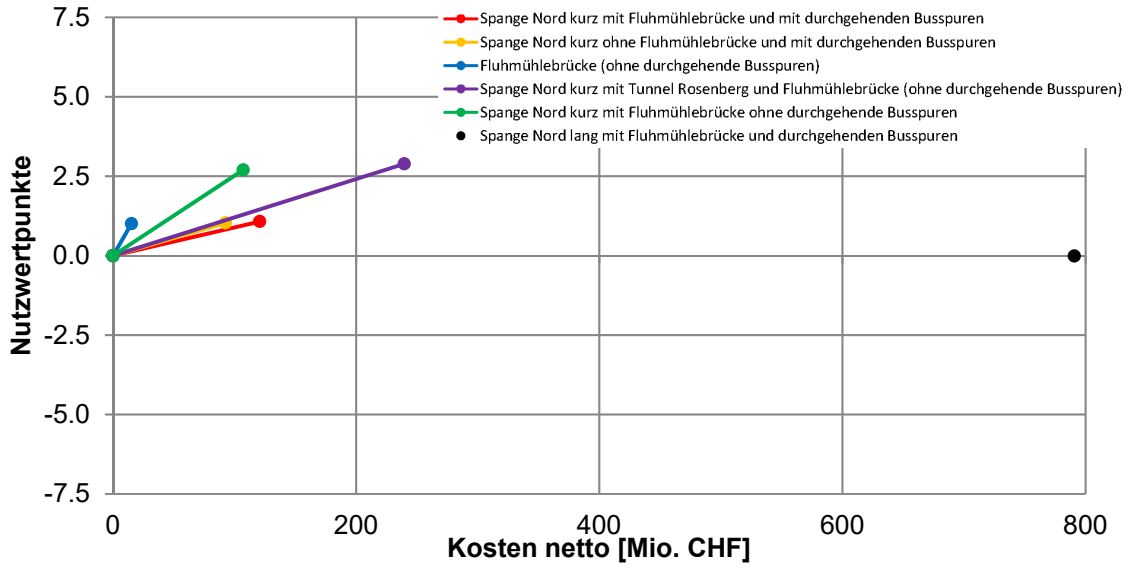


Abb. 53: Kosten-Nutzen-Diagramm und Kostenwirksamkeit bei Gleichgewichtung der Oberziele

Setzt man die Nutzwertpunkte den Kosten gegenüber, so ergibt sich die Kosten-Wirksamkeit, d.h. die Anzahl Nutzwertpunkte, die pro eingesetzte Mio. Franken erzielt werden. Grafisch entspricht die Kosten-Wirksamkeit bei positivem Nutzwert der Steilheit der Linien im Kosten-Nutzen-Diagramm (Abb. 53). Im Diagramm zeigt sich eindeutig, dass die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) mit ihren sehr geringen Kosten klar das beste Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis erreicht.

Tabelle 35: Verkehrsnachfrage im Untersuchungsgebiet (Stadt Luzern und angrenzende Teilgebiete von Emmen und Kriens) für die einzelnen Varianten

Bezugsgrösse	Referenz 2040	FB ohne durch. Bussp. 2040	Spange Nord kurz ohne FB 2040	VP _{optimiert} 2040	Spange Nord kurz ohne durch. Bussp. 2040
DTV					
Fahrtenzahl (Fz/Tag) vgl. zu Ref 2040	454'326	456'120 0.4 %	448'542 -1.3 %	450'971 -0.7 %	457'319 0.7 %
Fahrleistung (Fzkm/Tag) vgl. zu Ref 2040	1'309'041	1'320'535 0.9 %	1'331'699 1.7 %	1'336'010 2.1 %	1'336'890 2.1 %
ASP					
Fahrtenzahl (Fz/Stunde) vgl. zu Ref 2040	38'552	39'555 2.6 %	38'656 0.3 %	39'001 1.2 %	39'782 3.2 %
Fahrleistung (Fzkm/Stunde) vgl. zu Ref 2040	110'430	113'889 3.1 %	113'256 2.6 %	114'166 3.4 %	115'524 4.6 %

FB = Fluhmühlebrücke

Tabelle 36: Ergebnisse der KNA bei reduzierter Verkehrsnachfrage

Variante	Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV	
	Hauptbewertung	mit reduzierter Verkehrsnachfrage
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren	ineffizient	ineffizient
Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren	ineffizient	ineffizient
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	8.34	5.80
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	33.92	23.15
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	4.83	3.31
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	0.28	0.16

6.4 Sensitivitätsanalyse Verkehrsnachfrage

Methodisch wurde festgelegt, dass sämtliche Varianten auf der Basis der Verkehrsnachfrage des Referenzzustandes 2040 bewertet werden. So wird verhindert, dass die Ergebnisse durch den unterschiedlichen Nachfrageeffekt in den einzelnen Varianten beeinflusst werden. Aus Tabelle 35 ist zudem ersichtlich, dass die Fahrleistungen im Untersuchungsgebiet (vgl. Kap. 2.3) in den einzelnen Varianten nur leicht höher liegen als im Referenzzustand 2040 und zwar im Maximum um 2.1 % (DTV). Die DTV-Werte sind massgebend, weil die meisten Indikatoren in der KNA mit diesen und nicht mit den Werten der ASP ermittelt werden. Bezogen auf das gesamte Modellgebiet sind die Unterschiede deutlich geringer. Auf eine Berechnung der Zusatzeffekte in der KNA bei höherer Nachfrage wird deshalb verzichtet.

Hingegen wird mit einer Sensitivitätsanalyse geprüft, ob bzw. wie die Ergebnisse sich bei tieferen Werten der Verkehrsprognose verändern. Ziel dieser Prüfung ist zu erkennen, ob die Bewertung mit tieferen Prognosewerten stabil bleibt oder sich eine andere Bestvariante ergibt.

Die Sensitivität der Ergebnisse der KNA bezüglich der Verkehrsnachfrage wird mit den in NISTRA vorgesehenen starken Veränderungen wie folgt geprüft:

- Reduktion der verkehrlichen Wirkung um 20 %. Dies entspricht der Annahme, dass bis zur Inbetriebnahme der neuen Anlage (voraussichtlich im Jahr 2036) gegenüber 2017 keine Zunahme der Verkehrsnachfrage entsteht;
- Annahme, dass auch nach 2036 (voraussichtliche Inbetriebnahme der neuen Anlage) kein Verkehrswachstum stattfinden wird.

Beide Annahmen werden für die Ermittlung der angepassten KNA-Ergebnisse überlagert. Dies entspricht der Annahme, dass über die gesamte Betrachtungsdauer von 40 Jahren die Verkehrsnachfrage in etwa auf dem Niveau 2017 bleibt.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse mit reduzierter Nachfrage sind in Tabelle 36 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Varianten mit gutem Nutzen-Kosten-Verhältnis auch weiterhin ein solches aufweisen und dass die tiefere Verkehrsnachfrage keine Veränderung der Rangfolge der einzelnen Varianten zur Folge hat. Bei den drei besten Varianten liegt das NKV weiterhin deutlich über 1, d.h. diese Varianten sind volkswirtschaftlich nach wie vor effizient.

In der KWA wird keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, weil die verkehrlichen Wirkungen mit prozentualen Veränderungen der Messgrösse bewertet werden oder nicht verkehrsbezogen sind. Die Belastungsdifferenzen bleiben bei tieferer Nachfrage unverändert, womit die Nutzwertpunkte und damit die Ergebnisse der KWA unverändert bleiben.

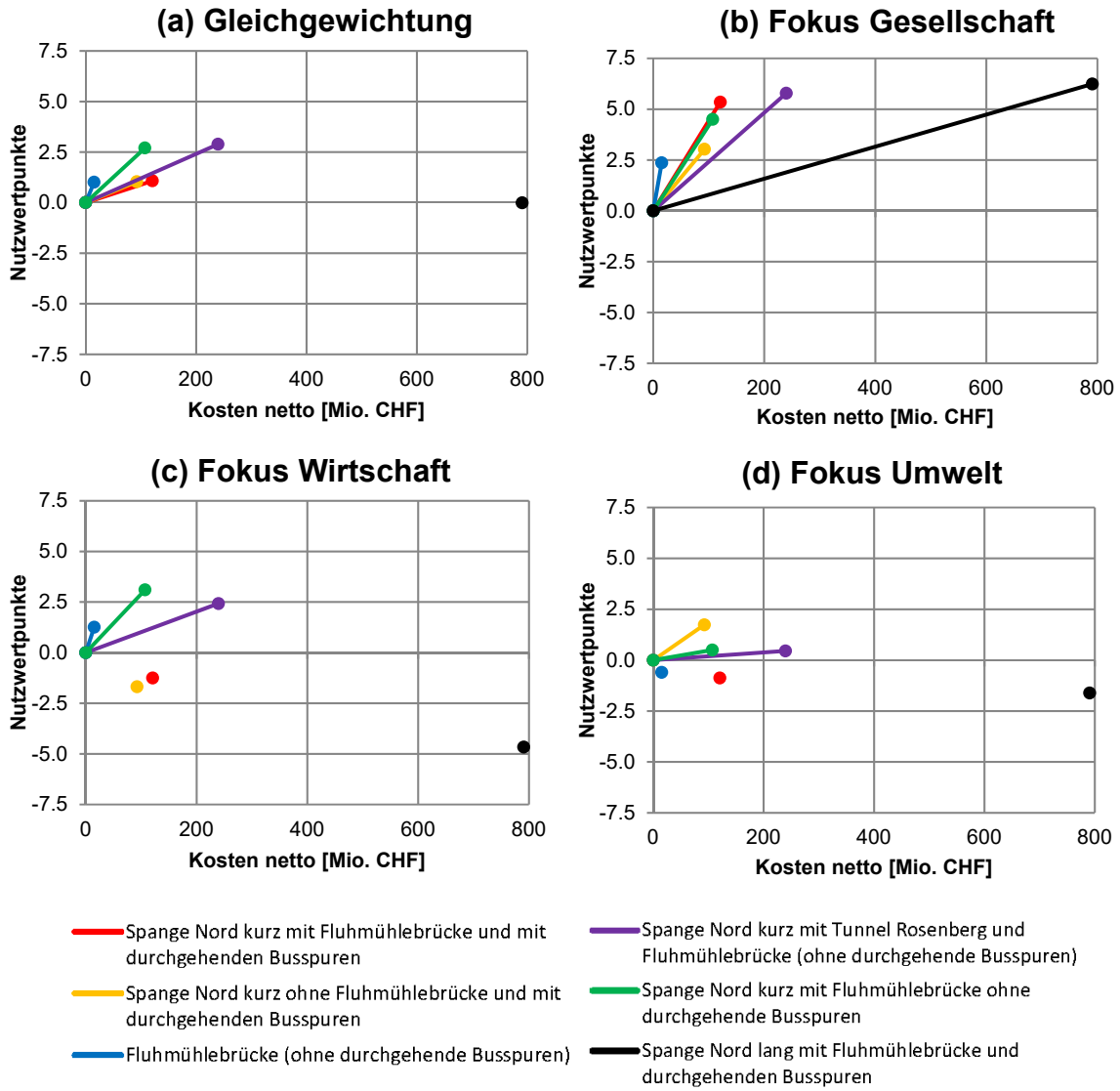


Abb. 54: Kostenwirksamkeit bei Gleichgewichtung, bzw. starker Gewichtung eines Oberziels

6.5 Sensitivitätsanalyse Gewichtungen

In der KWA werden die Gewichtungen in Anlehnung an die Norm VSS 41820 ff variiert. Dabei wird jeweils das Gewicht eines Oberziels auf 60 % erhöht. Wenn der Fokus auf eines der drei Oberziele gelegt und dieses jeweils mit 60 % gewichtet (und die anderen beiden mit je 20 %) wird, so ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse im Vergleich zur Gleichgewichtung (Abb. 54, Grafik a).

Bei einer starken Gewichtung der Gesellschaftsindikatoren (Abb. 54, Grafik b) schneiden alle Varianten positiv ab. Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) verbleibt jedoch klar im Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis auf dem ersten Platz. Die Variante Spange Nord lang (mit durchgehenden Busspuren) verbleibt trotz hoher Nutzen wegen der sehr hohen Kosten auf dem letzten Platz.

Bei einer starken Gewichtung der Wirtschaftsindikatoren (Abb. 54, Grafik c), bei denen insbesondere die Indikatoren Reisezeiten und Erreichbarkeit im Fokus stehen, liegt wiederum die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) vorne, gefolgt von den beiden Varianten Spange Nord kurz ohne durchgehende Busspuren. Hingegen schneiden die drei Varianten mit den durchgehenden Busspuren schlecht ab, bzw. erreichen gesamthaft keine positiven Nutzwertpunkte.

Bei einer starken Gewichtung der Umweltindikatoren (Abb. 54, Grafik d) schneidet die Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren am besten ab, da sich bei ihr die positiven Ergebnisse der Umweltindikatoren verstärken. Alle anderen Varianten schneiden leicht positiv bis leicht negativ ab.

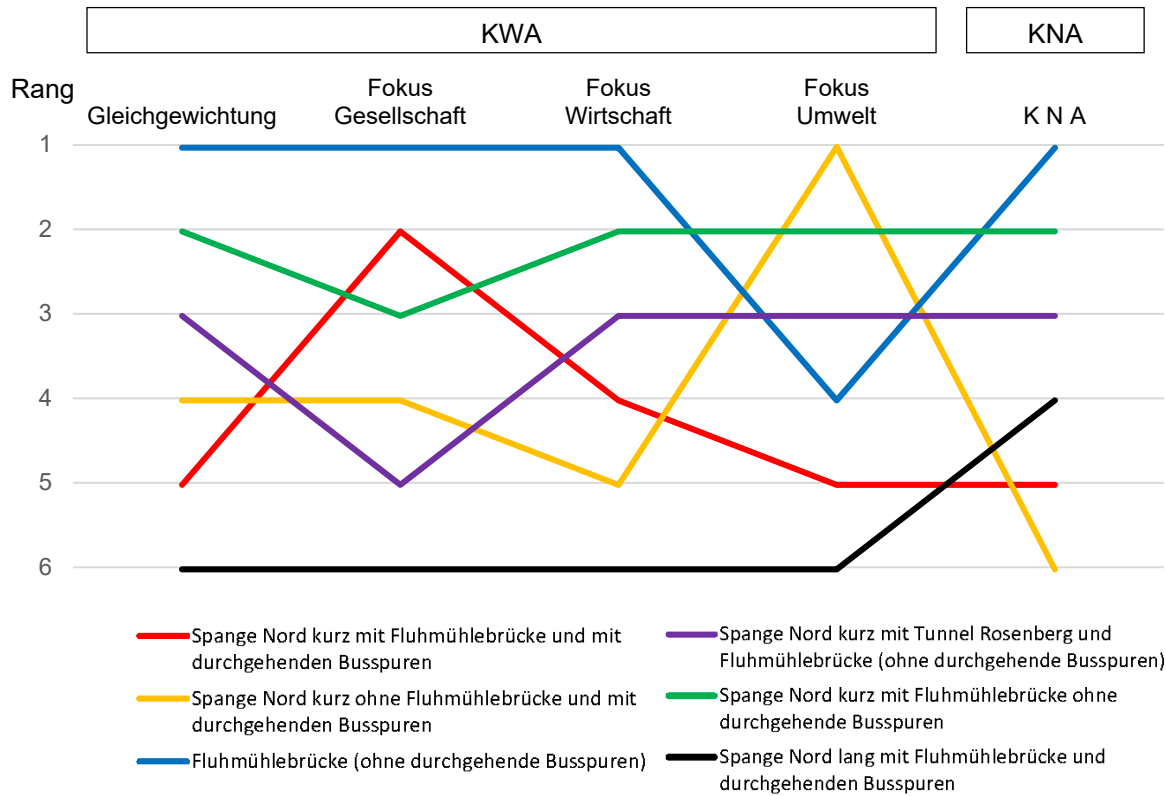


Abb. 55: Rangfolge der Varianten, je nach Fokus

6.6 Zusammenstellung der Ergebnisse

Auf der Grundlage der durchgeführten KNA und KWA kann eine Rangfolge der Varianten erstellt werden. Bei der KWA wird der Rang aufgrund des Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisses festgelegt, sofern dieses positiv ist. Bei negativem Nutzensaldo ist der Rang besser, wenn das Ausmass und die Kosten im Verhältnis zum Ausmass gering sind. Die Variante auf dem 1. Rang stellt die Bestvariante dar, wobei diese je nach Schwerpunkt der Gewichtung (KWA) oder der Bewertungsart (KWA oder KNA) wechseln kann (Abb. 55).

Aus der Rangfolge können die nachstehenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden. Dabei ist zu beachten, dass der Basisausbau als Referenz definiert wurde, weshalb sich dazu keine Beurteilung ergibt. Diese erfolgt in der Gesamtbeurteilung im Kap. 7.

Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) schneidet in vier von fünf Betrachtungen am besten ab. Sie kostet nicht nur am wenigsten, sondern bringt volkswirtschaftlich im Bezug auf ihre Kosten das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis.

Die Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke schneidet in der Gesamtbilanz bei der KNA und der KWA am zweitbesten ab, wenn man auf die im bisherigen Projekt vorgesehenen, durchgehenden Busspuren verzichten würde. Wenn die positiven Aspekte einer Spange Nord kurz genutzt werden sollen, dann kommt die Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und ohne durchgehende Busspuren in Betracht. Wenn die durchgehenden Busspuren unbesehen von den Folgewirkungen implementiert werden, rutscht die Variante mehrheitlich auf den vierten oder fünften Platz und vermag lediglich bei den gesellschaftlichen Indikatoren zu überzeugen.

Die Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke schneidet in vier von fünf Bewertungen schlecht ab, weil die Nutzen auf dem Strassennetz westlich der Reuss wegfallen.

Die Variante Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg ohne durchgehende Busspuren kommt in keiner Bewertung über den 3. Rang hinaus und stellt keine adäquate Alternative zur ursprünglichen Lösung dar. Der Mehrnutzen der Tunnellösung ist gering und rechtfertigt die hohen Zusatzkosten gegenüber der Spange Nord kurz mit offener Strassenführung im Bereich Rosenberg nicht.

Die Variante Spange Nord lang liegt in der KWA immer auf dem letzten Rang, in der KNA auf dem vierten Rang, jedoch mit einem schlechten Nutzen-Kosten-Verhältnis. Im Vergleich zu den hohen Investitionskosten können weder genügend hohe monetäre Nutzen noch Nutzwertpunkte generiert werden.

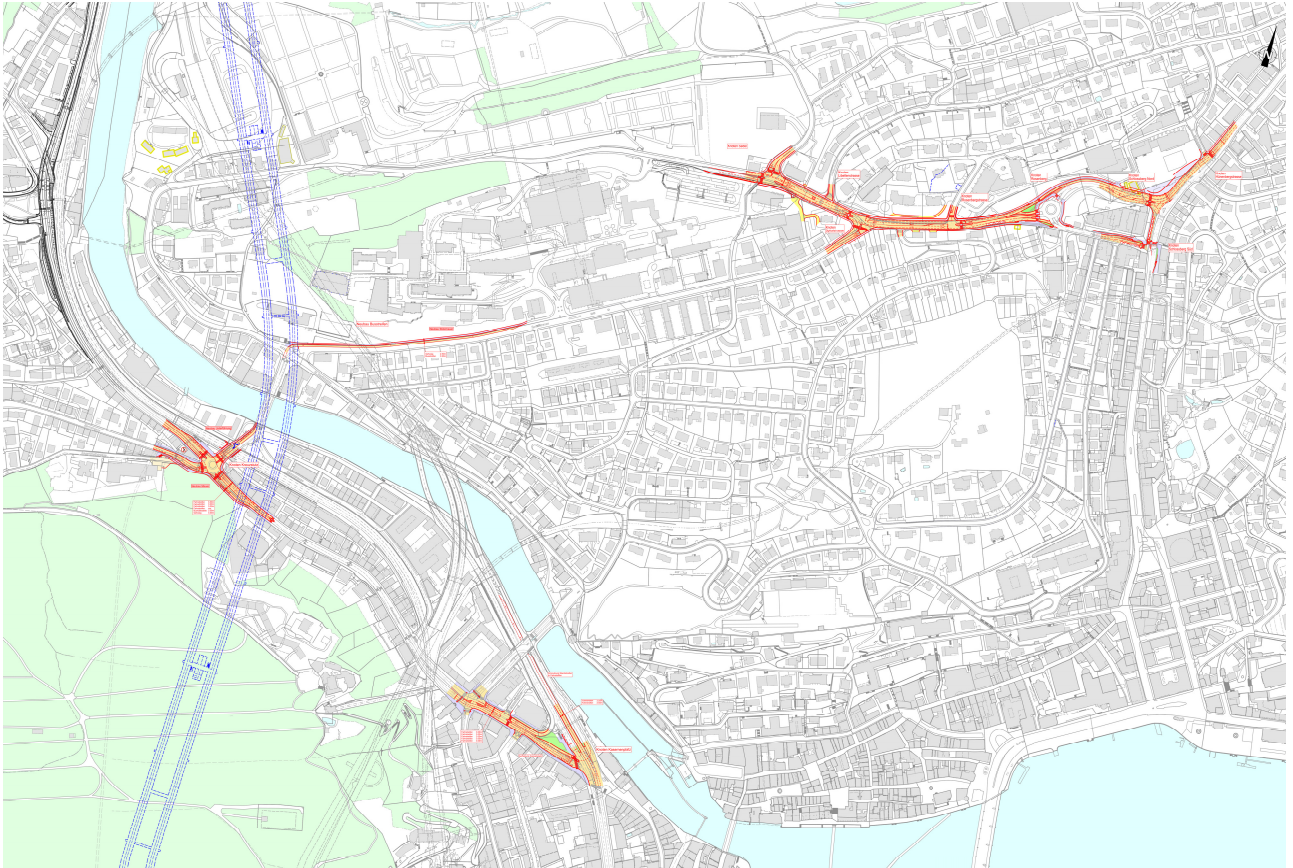


Abb. 56: Massnahmenübersicht Basisausbau

Tabelle 37: Innerstädtische Entlastungen durch die Variante Fluhmühlebrücke (DTV)

Querschnitt	Belastungsdifferenz im Vergleich zum Referenzzustand 2040 (DTV)	
	Absolut (Fz/Tag)	%
Anschluss Luzern-Zentrum	-3'100	-8
Baselstr. südl. Kreuzstutz	-11'500	-57
Gütschstrasse	-6'100	-35
Bruchstrasse	-2'400	-38
Hirschengraben	-900	-2
Obergrundstr. nördl. Bundesstr.	-2'900	-10
Spitalstrasse (Ost)	-900	-7
Einbahnring Seetalplatz	-2'500	-11

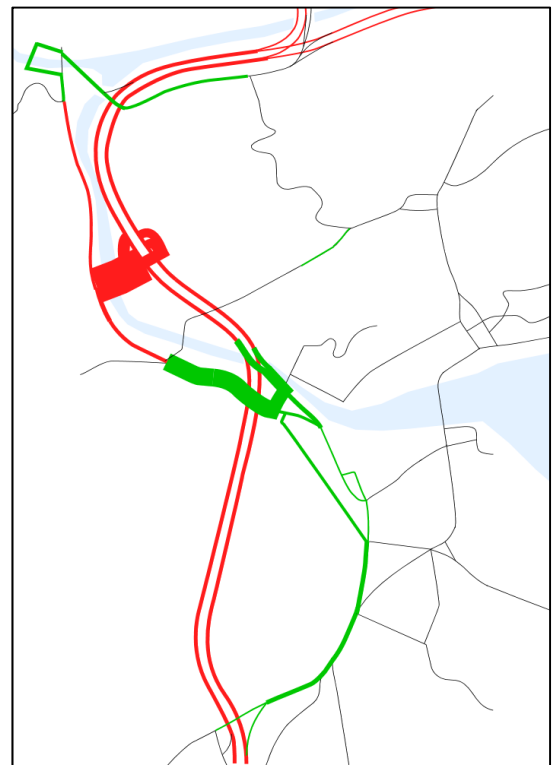


Abb. 57: Belastungsdifferenzen (DTV 2040) durch die Fluhmühlebrücke im Vergleich zum Basisausbau (rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung)

7 Gesamtbeurteilung und Empfehlungen

Die Bewertung im Kap. 6 umfasst alle Neubauvarianten, d.h. Varianten mit neuen Infrastrukturelementen. Der Basisausbau (vgl. Kap. 5.3) beinhaltet demgegenüber nur die Anpassung bzw. den Ausbau von bestehenden Infrastrukturen (z.B. Knoten), um die Funktionsfähigkeit nach Inbetriebnahme des Gesamtprojekts Bypass Luzern (ohne Anschluss Luzern-Lochhof) zu gewährleisten. Nachstehend wird der Basisausbau mit der erstplatzierten Variante Fluhmühlebrücke verglichen. Zudem werden Gesamtbetrachtungen beschrieben, die für das Verständnis und die Plausibilisierung der Bewertungsergebnisse von Bedeutung sind. Als Schlussfolgerung werden die fachlichen Empfehlungen aus der ZMB formuliert.

7.1 Vergleich zwischen Basisausbau und Variante Fluhmühlebrücke

Der Basisausbau umfasst Ausbauten entlang der Friedentalstrasse zwischen der Einmündung Sedelstrasse und dem Kreisel Rosenberg, am Schlossberg, am Knoten Kreuzstutz mit Spitalstrasse und beim Kasernenplatz sowie eine bauliche Busspur an der Spitalstrasse (s. Abb. 56). Die Gesamtkosten betragen CHF 85 Mio.

Die Autobahneinfahrt Luzern-Zentrum bleibt weiterhin überlastet, wobei die Situation mit den vorgesehenen Massnahmen (Rampenbewirtschaftung, Erstellung Stauraum) verbessert werden kann.

Der Knoten Kreuzstutz bleibt trotz des Ausbaus und der LSA-Steuerung vollständig ausgelastet und lässt keine öV-Bevorzugung zu. Es muss eine bauliche Busspur auf der Spitalstrasse erstellt werden, um dem öV eine teilweise Bevorzugung zu ermöglichen. Entlang der Friedentalstrasse bis zum Schlossberg kann mit den Ausbaumassnahmen eine deutliche Verbesserung erreicht werden, welche insbesondere den Busbetrieb stärkt.

Im Vergleich zur Variante Fluhmühlebrücke sind erhebliche Eingriffe am Knoten Kreuzstutz und auf der Spitalstrasse sowie auf der Baselstrasse zwischen Kreuzstutz und Kasernenplatz erforderlich. Dennoch liegt die Auslastung in diesen Bereichen weiterhin an der kritischen Grenze. Im Gegenzug kann auf den Bau der Fluhmühlebrücke verzichtet werden.

Für die Friedentalstrasse und den Bereich Rosenberg bis Schlossberg ergeben sich keine Unterschiede, weil die notwendigen Ausbauten identisch sind.

Gegenüber dem Basisausbau, der nur der Funktionalität des bestehenden Strassennetzes dient, bringt die Variante Fluhmühlebrücke eine Entlastung auf der Nord-Süd-Verbindung durch die Stadt. Die wesentlichen Werte sind in Tabelle 37 für den DTV zusammengestellt und in Abb. 57 schematisch dargestellt. Auf der Baselstrasse führt diese Entlastung zu einer erheblichen Verbesserung der Lärmsituation, der Wohnlichkeit und der Bedingungen für den öV sowie den Fuss- und den Veloverkehr. Auf den übrigen Strecken führt die Entlastung an den kritischen Knoten zu einer Abnahme der Auslastung, welche für die Bevorzugung des öV genutzt werden kann. Dies stellt für die Obergrundstrasse, den Pilatusplatz und den Hirschengraben einen deutlichen Nutzen dar. Darüber hinaus führt die leichte Entlastung der Spitalstrasse ebenfalls zu einer Verbesserung für den öV.

Die Inbetriebnahme des Anschlusses Luzern-Lochhof mit der Fluhmühlebrücke führt zu einer Entlastung der übrigen Autobahnanschlüsse, insbesondere der hochbelasteten Anschlüsse Luzern-Zentrum und Luzern-Kriens. Dies kommt insbesondere den regionalen und überregionalen Verkehrsbeziehungen mit der Stadt Luzern zu Gute. Damit verbunden sind leichte Reisezeitverkürzungen bzw. eine verbesserte Erreichbarkeit des Kantonszentrums für den westlichen (insbesondere Malters) und den südlichen (insbesondere Kriens, Horw) Kantonsteil sowie für die Agglomerationsgebiete im Norden und Osten von Luzern.

Tabelle 38: Wirkung der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (DTV)

Querschnitt	Belastungsdifferenz Spange Nord kurz mit Fluhmühle-brücke mit durchg. Bus-spuren im Vergleich zu ohne (DTV 2040)	
	Absolut (Fz/Tag)	%
Sonnenbergtunnel (A2)	+5'900	+14
Spange Nord (Friedental)	+3'500	+15
Spitalstrasse (Ost)	+2'400	+23
Diebold-Schilling-Strasse	+2'100	+49
Baselstr. südl. Kreuzstutz	+1'200	+14
Seebrücke	-10'200	-30
Obergrundstr. nördl. Bundesstr.	-8'200	-33

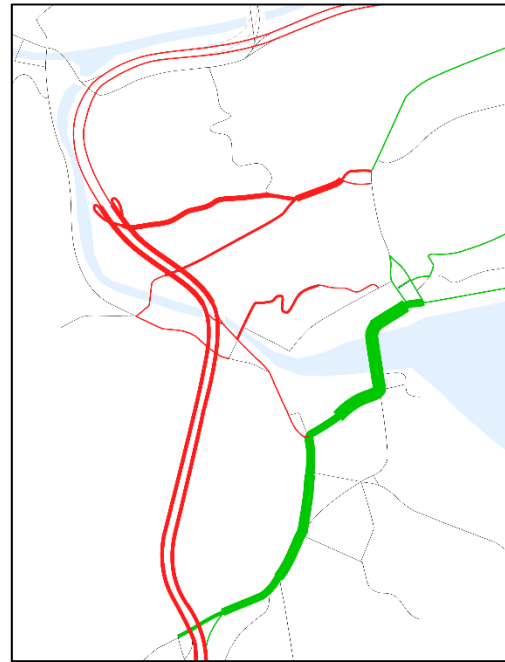


Abb. 58: Verkehrliche Effekte der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke (Differenzplot DTV 2040; rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung)

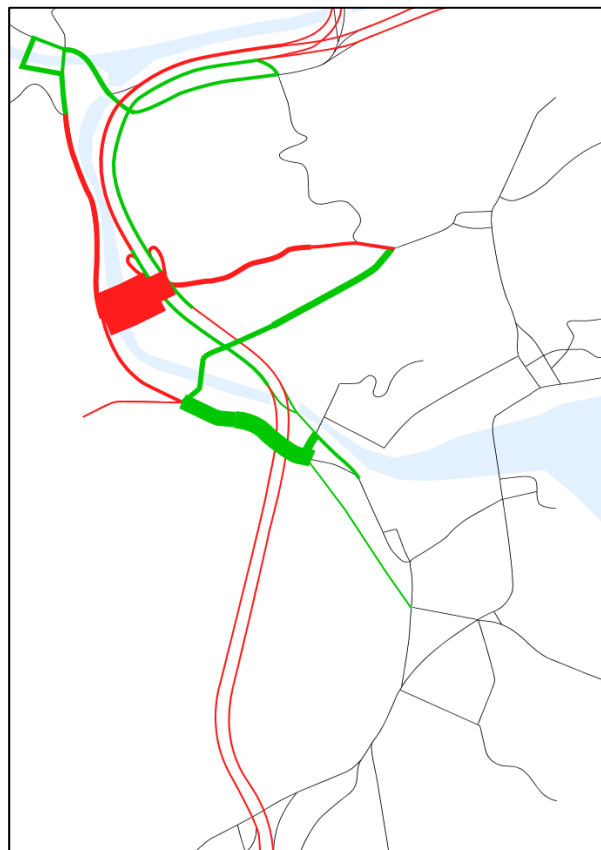


Abb. 59: Verkehrliche Effekte der Fluhmühlebrücke (Differenzplot Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke im Vergleich zu ohne, DTV 2040; rot: Zunahme, grün: Abnahme; proportionale Darstellung)

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich, dass die Variante Fluhmühlebrücke deutliche Mehrwerte gegenüber dem Basisausbau aufweist, der praktisch die gleichen Kosten verursacht. Weiter spricht die Redundanz der Autobahnanschlüsse mit Umleitungsmöglichkeiten im Ereignisfall klar für die Variante mit Fluhmühlebrücke.

7.2 Wirkung der durchgehenden Busspuren in der Variante Spange Nord kurz

Die Variantenbewertung hat aufgezeigt, dass die Variante $VP_{\text{optimiert}}$ nur einen volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen (Nutzen-Kosten-Verhältnis grösser als 1.0) bringt, wenn auf die Umsetzung der im bisherigen Projekt vorgesehenen durchgehenden Busspuren verzichtet wird. Ebenso weist die Variante ohne durchgehende Busspuren in der KWA zusätzliche Nutzwertpunkte (1.6) gegenüber $VP_{\text{optimiert}}$ auf.

Die durchgehenden Busspuren führen zwar zu einer Entlastung der innerstädtischen öV-Achsen und somit zur Möglichkeit der öV-Beschleunigung, gleichzeitig aber zu Umwegfahrten und damit zu einer Zunahme der Reisezeiten und damit verbundenen negativen Nutzen bei den Reisezeiterparnissen und den Betriebskosten für Fahrzeuge.

Aus Abb. 58 und Tabelle 38 gehen die massgebenden Differenzen für die Variante Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und mit durchgehenden Busspuren im Vergleich zu ohne durchgehende Busspuren hervor. Die Wirkungen gelten sinngemäss auch für den Vergleich bei anderen Varianten. Es ist eine deutliche Entlastung der öV-Achse Obergrundstrasse – Pilatusstrasse – Seebrücke ersichtlich. Diese Entlastung führt ihrerseits zu gewünschten Verkehrsverlagerungen auf die Autobahn, aber auch zu deutlichem Ausweichverkehr über die Spitalstrasse und das umliegende Strassennetz. Zudem ergeben sich leichte, aber unerwünschte Verkehrszunahmen im Hirschengraben und der Baselstrasse südlich des Kreuzstutzes sowie am Anschluss Luzern-Zentrum und dem Kasernenplatz. Wenn der Ausweichverkehr durch die Quartiere mit rigorosen Massnahmen unterbunden wird, steigt dafür die Überlastung auf den Hauptachsen. Diese Betrachtungen bestätigen, dass die vollständige Umwidmung von zwei MIV-Spuren zur Einrichtung von durchgehenden Busspuren kein Gesamtoptimum darstellt.

Falls eine Spange Nord als tangentielle Verbindung zwischen der Hauptstrasse (K 13) und dem Schlossberg (mit den Vorteilen einer Entlastung der Sedelstrasse, einer leichten Entlastung der Zürichstrasse und der Seebrücke, einer stärkeren Entlastung Obergrundstrasse und Hirschengraben/Bruchstrasse als in der Variante Fluhmühlebrücke) erwogen würde, müsste aus den beiden Eckvarianten eine weiterentwickelte Variante mit angepassten Bevorzugungsmassnahmen für den öV erarbeitet werden. Diese Variante müsste möglichst grosse öV-Verbesserungen auf Stadtgebiet bringen ohne spürbare Verkehrszunahmen auf den Quartierstrassen. Sie müsste zudem volkswirtschaftlich vertretbar sein, d.h. ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von mindestens 1.0 aufweisen.

7.3 Effekte des Verzichts auf die Fluhmühlebrücke bei einer Spange Nord kurz

In der KNA (vgl. Kap. 6) schneidet die Variante Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke schlechter ab als mit Fluhmühlebrücke. Die Effekte, die zu dieser Bewertung führen, können aus Abb. 59 herausgelesen werden. Die Abbildung zeigt die Verkehrsverlagerungen beim Einbezug der Fluhmühlebrücke als Element der Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren.

Demnach führt der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke zu einer noch stärkeren negativen Bilanz bei den Reisezeitgewinnen, da eine Durchbindung der Spange zu den westlich der Reuss liegenden Strassen fehlt und der Anschluss Luzern-Lochhof nur von Osten her genutzt werden kann. Insgesamt ergibt sich eine geringere Nutzung der Spange Nord, wodurch auch die Entlastung im übrigen Netz (Baselstrasse, Spitalstrasse) geringer ausfällt. Im Gegenzug führt dies in der KWA zu

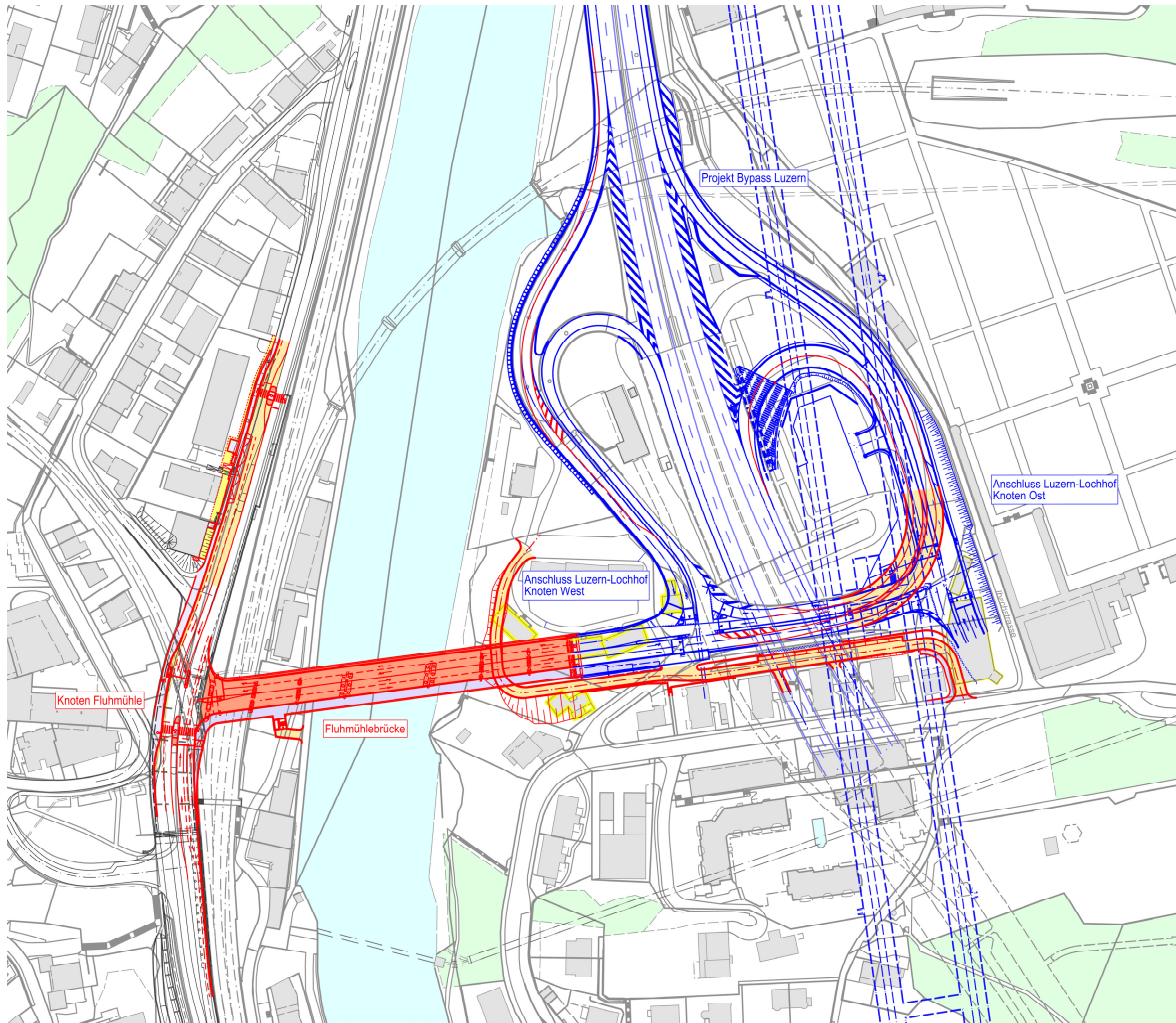


Abb. 60: Empfohlene Variante Fluhmühlebrücke als Ergänzung zum Projekt Bypass Luzern (blau: Dritprojekt ASTRA Anschluss Luzern-Lochhof, ohne Detailanpassungen)

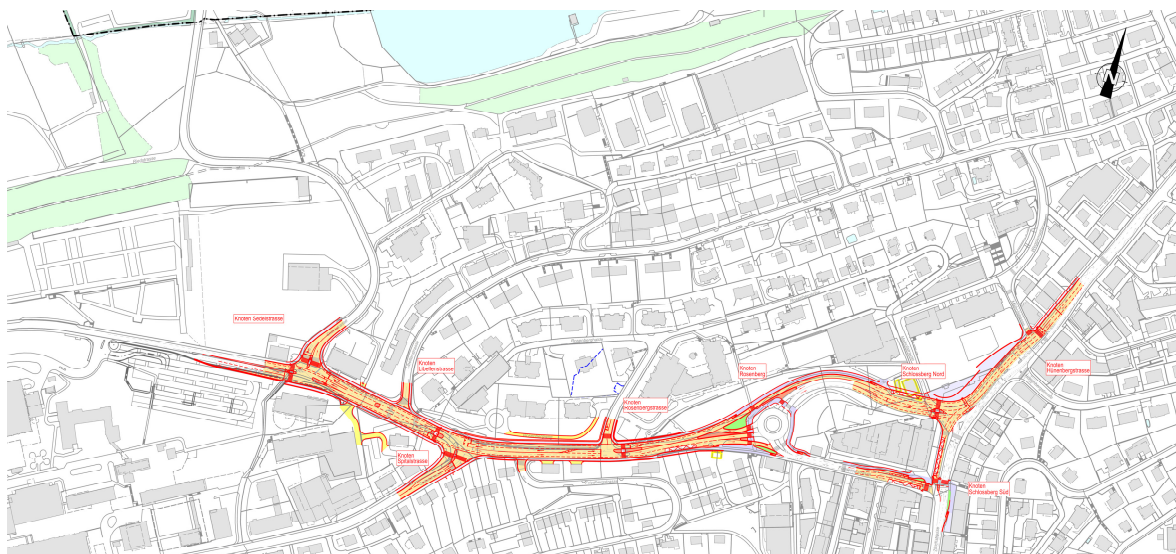


Abb. 61: Massnahmen im Bereich Rosenberg/Schlossberg (unabhängig vom Projekt Fluhmühlebrücke)

einer verbesserten Bewertung bei den lärmbelasteten Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten sowie bei den bautechnischen Risiken und der Beeinträchtigung von Gewässern. Der (positive) Saldo der Nutzwertpunkte ist jedoch leicht tiefer als in der Variante mit Fluhmühlebrücke.

Insgesamt führt der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke dazu, dass ein gewisses Verlagerungspotenzial des Infrastrukturausbaus nicht aktiviert werden kann. Diese Schlussfolgerung gilt analog, wenn die Varianten ohne durchgehende Busspuren betrachtet würden.

7.4 Empfehlungen

Aus dem methodischen Variantenvergleich und den vorstehenden Beurteilungen ergeben sich die folgenden fachlichen Empfehlungen als Ergebnis der ZMB:

- Die Variante Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren) (Abb. 60) stellt die Bestvariante dar, um das Projekt Bypass Luzern zu ergänzen. Sie kostet am wenigsten und weist das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis auf. Zudem ergibt sich ein positiver Saldo der Nutzwertpunkte.
- Bei der Weiterbearbeitung der Variante Fluhmühlebrücke sind die Planung des Brückenbauwerks und die Erarbeitung von flankierenden Massnahmen zur öV-Bevorzugung (insbesondere auf der Achse Obergrundstrasse – Hirschengraben – Baselstrasse) als besondere Schwerpunkte zu formulieren. Dabei sind die im Bauprogramm der Kantonsstrassen bereits vorgesehenen Projekte einzubeziehen und weiter zu entwickeln.
- Der Basisausbau führt zu bedeutenden Eingriffen beim Knoten Kreuzstutz inkl. Spitalstrasse, auf der Baselstrasse und am Kasernenplatz, ohne dass im Strassennetz auf Stadtgebiet Verkehrsentlastungen entstehen.
- Die Spange Nord kurz steht nicht im Vordergrund, da sie mit den durchgehenden Busspuren für sich allein keine volkswirtschaftlich ausgewogene Lösung darstellt. Der Nutzen der durchgehenden Busspuren ist zudem begrenzt, weil damit keine wesentliche städtebauliche Aufwertung erfolgt.
- Die Spange Nord kurz ohne Fluhmühlebrücke ist zu verwerfen, weil sie volkswirtschaftlich die schlechteste Lösung darstellt.
- Die Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg soll nicht weiterverfolgt werden, weil der zusätzliche Nutzen gering ist im Vergleich zu den Mehrkosten.
- Die Spange Nord lang ist zu verwerfen, weil den extrem hohen Kosten dieser Variante weder genügend hohe monetäre Nutzen noch positive Nutzwertpunkte gegenüberstehen.
- Im Knotensystem Schlossberg und auf der Friedentalstrasse im Bereich Rosenberg bestehen bereits heute Leistungsengpässe, die auch eine Schwachstelle für den öV und den Langsamverkehr bilden. Die im Strassenbauprogramm bereits vorgesehenen Projekte sollen deshalb unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorliegenden ZMB angepasst und unabhängig vom Projekt Fluhmühlebrücke bzw. Bypass Luzern erarbeitet und umgesetzt werden (Abb. 61).

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AEM	Aufwertungs- und Ersatzmassnahmen
AP	Ausführungsprojekt
AS	Anschluss
ASP	Abendspitzenstunde
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BP	Bauprojekt
BSA	Betriebs- und Sicherheitsanlagen
BUWD	Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement Luzern
CAD	vom Englischen computer-aided design, zu Deutsch: rechnerunterstütztes Konstruieren
CHF	Schweizer Franken
DTV	durchschnittlicher Tagesverkehr (Fz/24h)
FB	Fluhmühlebrücke
Fz	Fahrzeug
GP	Generelles Projekt (Projektstufe gemäss NSV)
GVM	Gesamtverkehrsmodell
h	Stunde
HLS	Hochleistungsstrasse
HVZ	Hauptverkehrszeit
Kap.	Kapitel
Kat.	Kategorie
km	Kilometer
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
KVM	Kantonales Verkehrsmodell
KWA	Kosten-Wirksamkeits-Analyse
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Langsamverkehr
m	Meter
M	Massnahmen
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Morgenspitzenstunde
MwSt.	Mehrwertsteuer

NISTRA	Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
NSV	Nationalstrassenverordnung
öV	Öffentlicher Verkehr
PL	Projektleiter(in)
PWE	Personenwageneinheiten
QS	Querschnitt
Rtg.	Richtung
SBB	Schweizerische Bundesbahnen AG
SG	Steuerungsgruppe
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SN	Schweizer Norm
SpN	Spange Nord
TP	Teilprojekt
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
Var.	Variante
vif	Dienststelle Verkehr und Infrastruktur Luzern
VP	Vorprojekt
VQS	Verkehrsqualitätsstufe
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
WELK	Werkleitungskanal
ZA	Zusatzabklärungen (zum Projekt Spange Nord)
ZMB	Zweckmässigkeitsbeurteilung

Quellenverzeichnis

- [1] Rapp Trans AG, „Verkehrsentwicklung auf der Strasse Stadt und Agglomeration Luzern,“ 2018.
- [2] VSS, „SN 641 800, Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten,“ Zürich, 2008.
- [3] K. Simmen und M. D. Simmen, „Spange Mitte, Lösungsidee,“ *Magazin Stadtsicht*, 2019.
- [4] Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, „Nordtangente Luzern, Generelles Projekt (Auszug aus Staatsarchiv),“ 1984.
- [5] EVED Bundesamt für Strassenbau, „Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen, FA 47/95 auf Antrag der SVI, J+G AG, Juli 1997“.
- [6] Kanton Luzern, „Kantonaler Richtplan Luzern,“ 2015.
- [7] Kanton Luzern, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur (vif), SNZ AG, „KVM-LU: Siedlungsdaten 2015, 2030, 2040,“ 2019.
- [8] Bundesamt für Raumentwicklung ARE, „Übersicht zu Stated Preference-Studien in der Schweiz und Abschätzung von Gesamtelastizitäten, Statusbericht,“ 2012.
- [9] Bundesamt für Strassen ASTRA, „A2/A14 Gesamtsystem Bypass Luzern, Flyer,“ 2016.
- [10] Bundesamt für Strassen ASTRA, „Autobahn A2/A14, Bypass Luzern, Zweckmässigkeitsbeurteilung, Zusatzabklärungen 2008/2009, Machbarkeit zusätzlicher Lösungsansätze,“ Ernst Basler + Partner / Locher, 2009.
- [11] Bundesamt für Strassen ASTRA, „Handbuch NISTRA, Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte,“ 2018.
- [12] Metron Verkehrsplanung AG, „AggloMobil 4,“ Verkehrsverbund Luzern, Luzern, 2019.
- [13] Metron Verkehrsplanung AG, „Konzept AggloMobil tre,“ Verkehrsverbund Luzern, Luzern, 2015.
- [14] Kanton Luzern, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur, „K 2 / 4 / 13 / 17 / 31 Luzern, Spange Nord und Massnahmen für den öffentlichen Verkehr, Vorprojekt optimiert, Technischer Bericht,“ Emch+Berger WSB / AKP, 2016.
- [15] K 31 Luzern, „Spange Nord, Projektdossier Vorprojekt optimiert, Vernehmlassung, Planer "Lochhof - Schlossberg" c/o Emch+Berger WSB AG,“ 2016.
- [16] ewp AG, „K 17/K31 Luzern, Umgestaltung Strassenraum Schlossberg,“ Kanton Luzern, Dienststelle Verkehr und Infrastruktur, Luzern, 2009.

Anhänge

- Anhang 1.1: In Phase 1 gewählte Variantenkombinationen innerhalb des gesamten Variantenfächers
- Anhang 1.2: Charakteristische Variantenkombinationen / Variantenfamilien in der Phase 1
- Anhang 2: Erläuterungen zur KNA und zur KWA

Anhang 1.1: In Phase 1 gewählte Variantenkombinationen innerhalb des gesamten Variantenfächers
(grau hinterlegt)

Lösungsansatz/Variantenfamilie		AS Lochhof	Fluhmühlebrücke ¹	Elementbezeichnung Spange Nord	öV-Massnahmen ²	Weiteres	
Variante 0+: Durchgehende Busspuren («Umsetzung öV-Massnahmen»)		-	-	-	X		
Spange Nord kurz	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg	X	Opt.	F10 – S20	X	Untervariante mit zusätzlichem Tunnel Rosenberg	
		X	Opt.	F11 – S20	X		
		X	Opt.	F10 – S21	X		
		X	Opt.	F11 – S21	X		
		X	Opt.	F10 – S50	X		
		X	Opt.	F11 – S50	X		
		X	Opt.	F20 – S50	X		
		X	Opt.	F20 – F21 – S50	X		
	Anschluss Spange Nord an Spitalstrasse	X	Opt.	F30	X		
		X	Opt.	F31	X		
X		Opt.	F32	X			
X		Opt.	F20 – S60	X			
Spange Nord lang	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und Löwenplatz	X	Opt.	F20 – F21 – S60	X		
		X	Opt.	F20 – S50 – S61	X		
		X	Opt.	F20 – F21 – S50 – S61	X		
		X	Opt.	F22 – S50 – S61	X		
		X	Opt.	F10 – S10	X		
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Maihofstrasse	X	Opt.	F11 – S10	X		
		X	Opt.	F20 – S50 – S30	X	Untervariante mit zusätzlichem Tunnel Rosenberg	
	X	Opt.	F20 – F21 – S50 – S30	X			
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Haldenstrasse	X	Opt.	F22 – S50 – S30	X		
		X	Opt.	F10 – S21 – S30	X		
		X	Opt.	F10 – S21 – S30	X		
		X	Opt.	F20 – S40	X		
		X	Opt.	F20 – F21 – S40	X		
		X	Opt.	F20 – S50 – S41	X		
		X	Opt.	F20 – F21 – S50 – S41	X		
		X	Opt.	F22 – S50 – S41	X		
	Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Maihof- und Haldenstrasse	X	Opt.	F10 – S10 – S30	X		
		X	Opt.	F11 – S10 – S30	X		
Anschluss Lochhof ohne Spange Nord		X	X	-	X		
	mit Brücke Sedel	X	X	-	X		
	Mit Einbahnring Friedental- – St. Karlstrasse	X	Opt.	-	X		
Alternative Variante	Musegg-tunnel		-	-	-	Zus. Sperrung Bahnhofplatz für DV, Zufahrt Bahnhof möglich	
		Wendemöglichkeit Rtg. Süden via Lochhof	-	-	-		
	Tunnel Rotsee	Anschluss an A14		-	-	-	X
			Fortsetz. bis Haldenstr.	-	-	-	X
		Anschluss bei Emmen Süd		-	-	-	X
			Fortsetz. bis Haldenstr.	-	-	-	X
Seetunnel mit Spange Süd		-	-	-	X		
öV-Variante		-	-	-	X		

¹: Opt. = Option

²: Annahme in Phase 1; Differenzierung in Phase 2

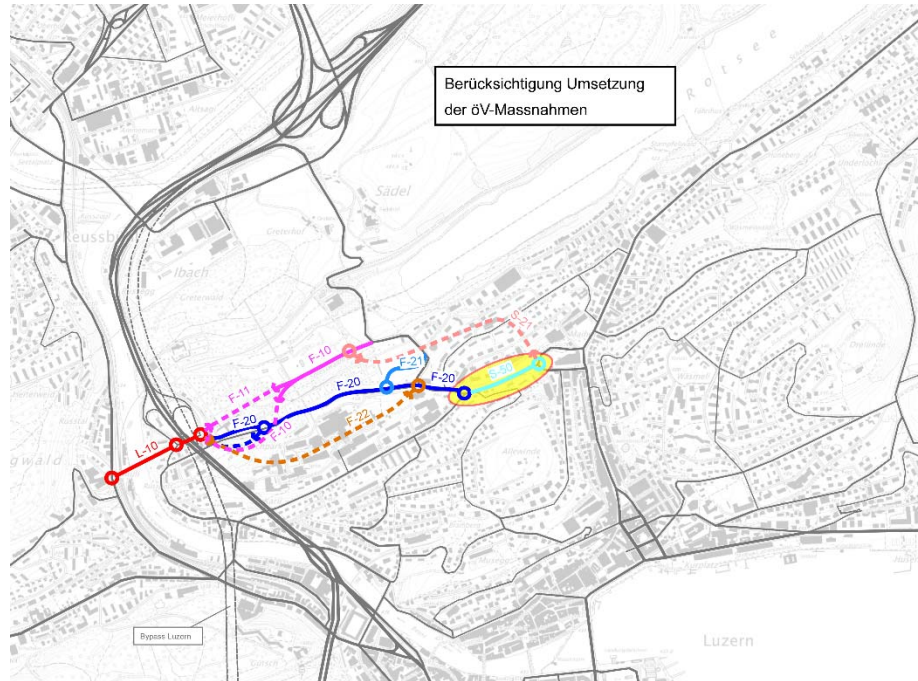
Anhang 1.2: Charakteristische Variantenkombinationen / Variantenfamilien in der Phase 1

Variante 0+

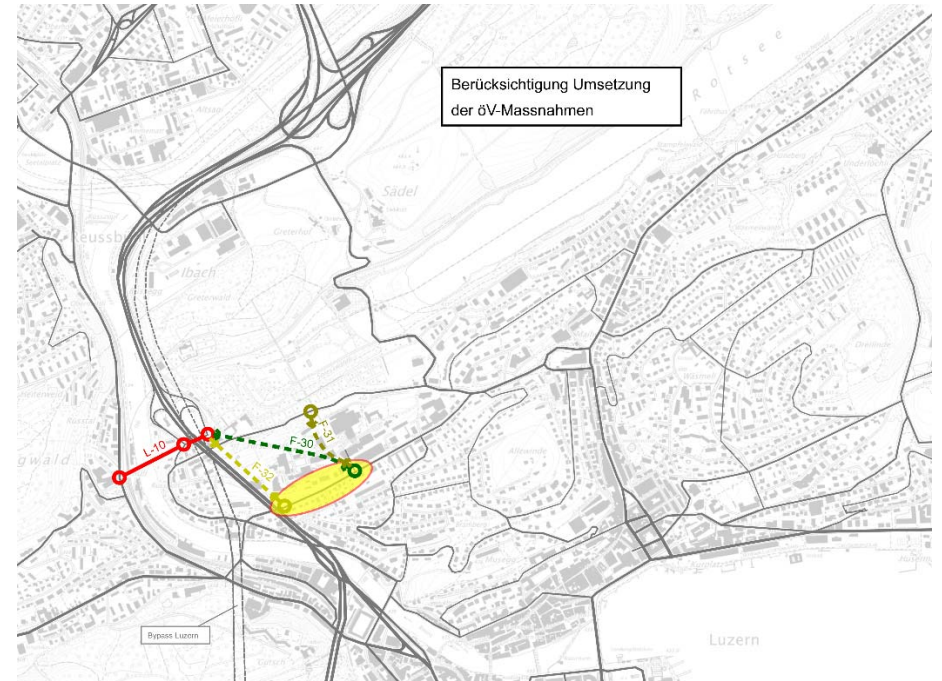
Durchgehende Busspuren Kupferhammer (Kriens) bis Luzernerhof («öV-Massnahmen»)

Spange Nord kurz

Anschluss Spange Nord bei Schlossberg

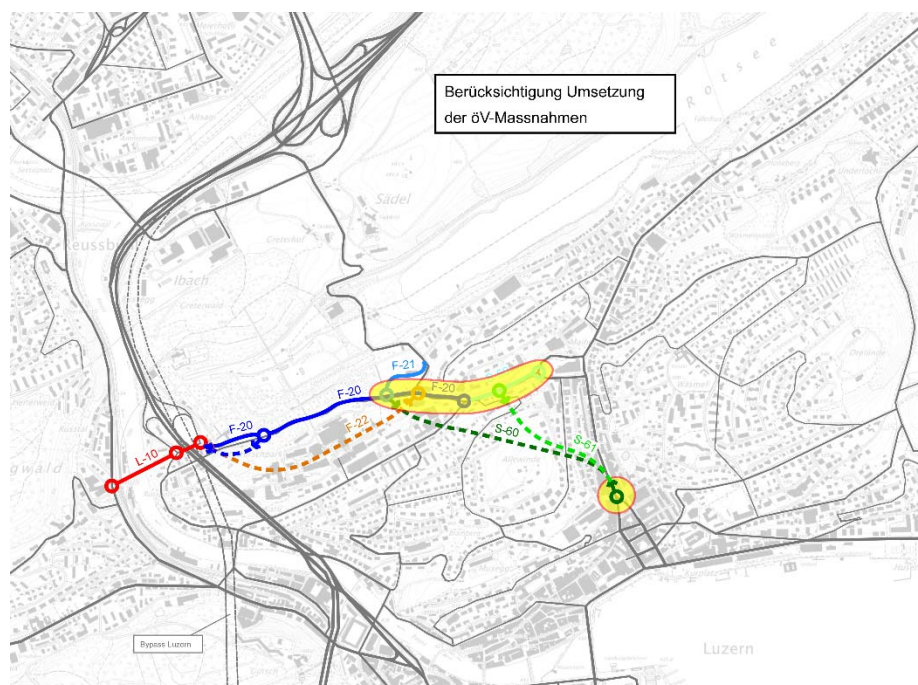


Anschluss Spange Nord an Spitalstrasse

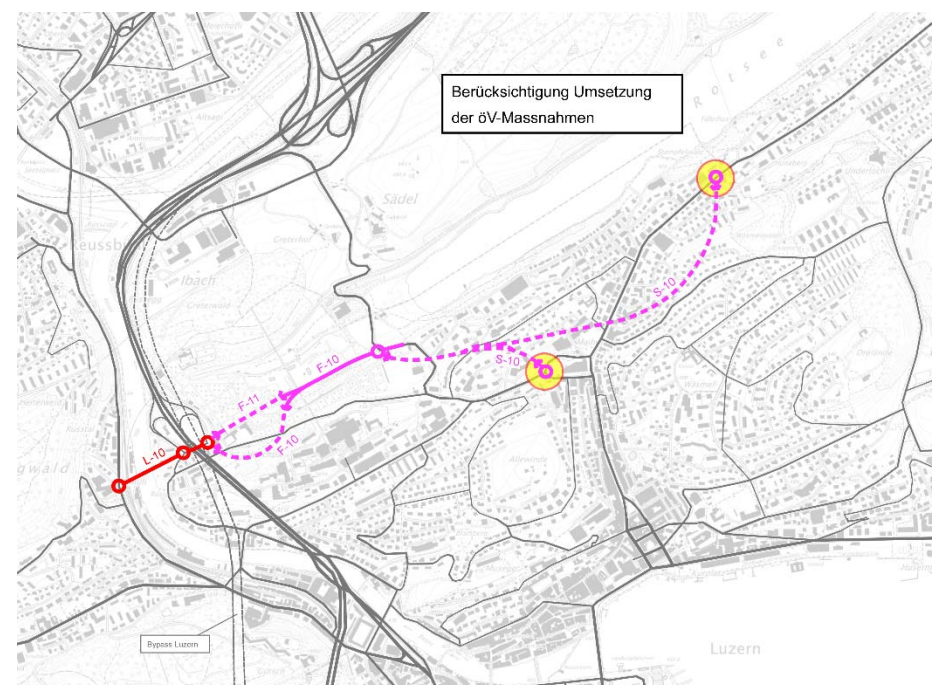


Spange Nord lang

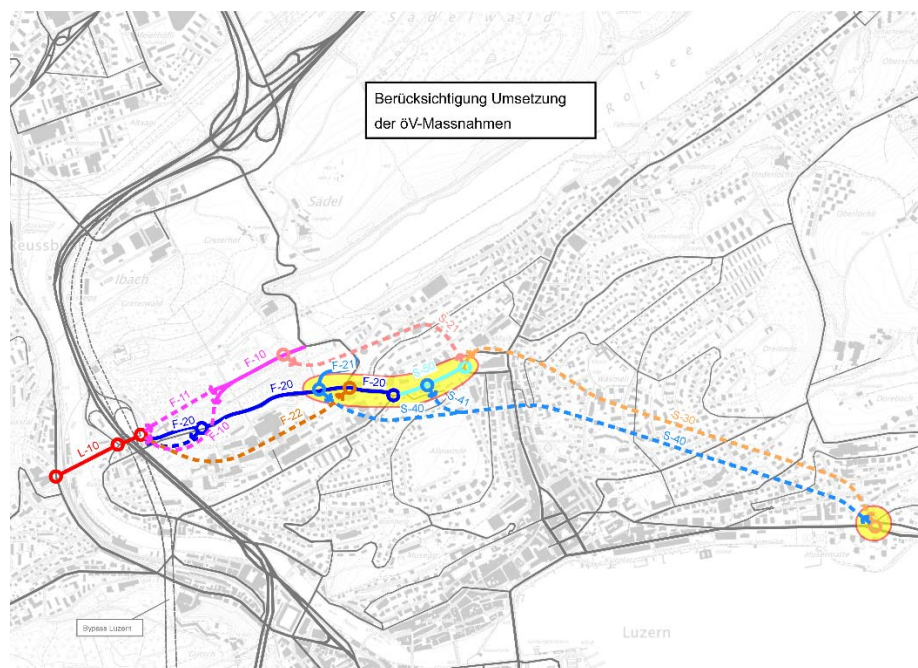
Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und Löwenplatz



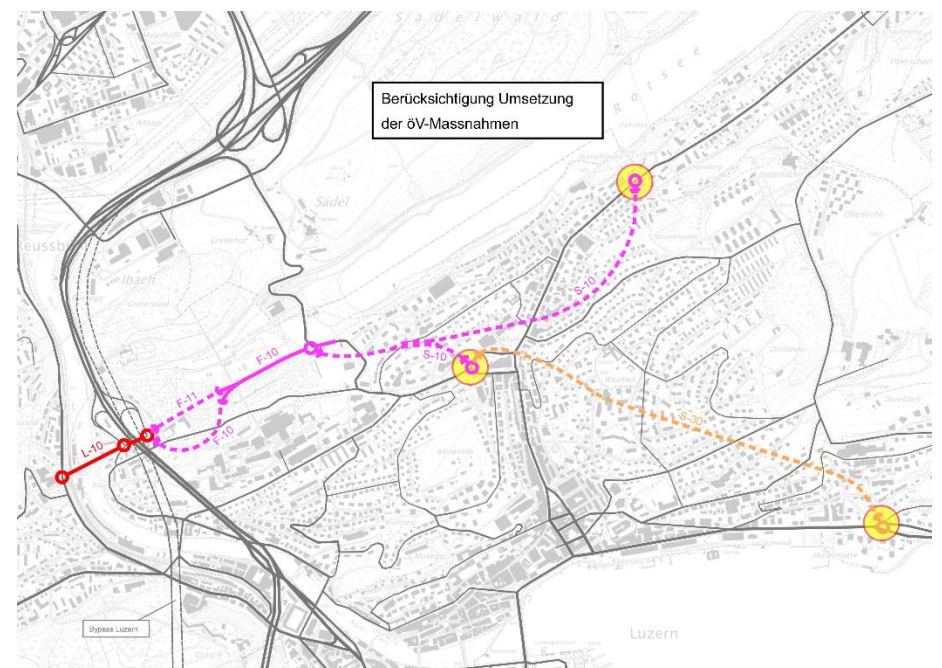
Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und an Maihofstrasse



Anschluss Spange Nord bei Schlossberg und Haldenstrasse

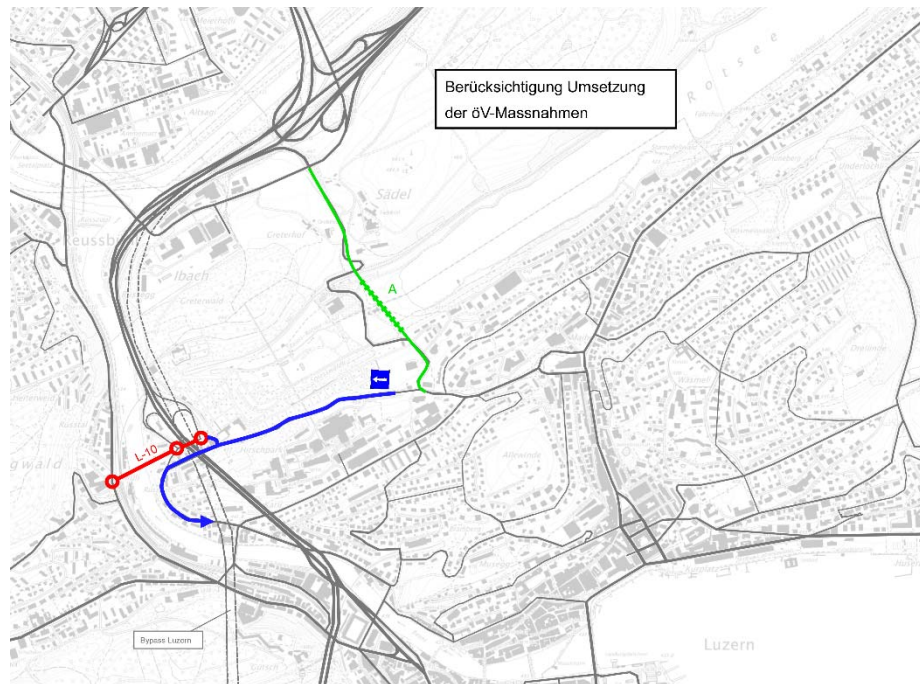


Anschluss Spange Nord bei Schlossberg, an Maihof- und Haldenstrasse



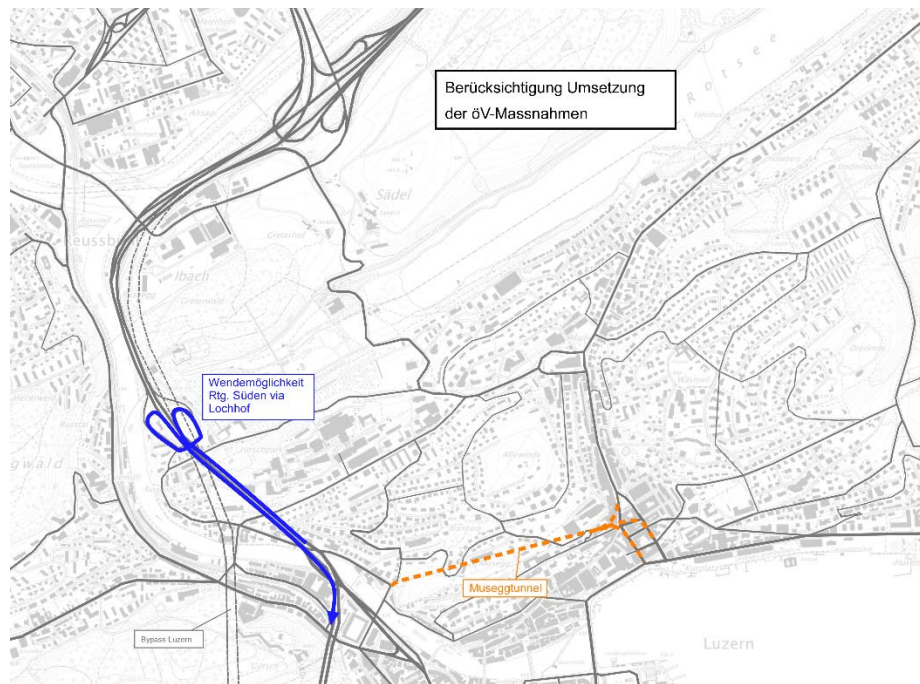
Varianten Anschluss Lochhof ohne Spange Nord

Anschluss Lochhof und Fluhmühlebrücke (ohne Spange Nord)

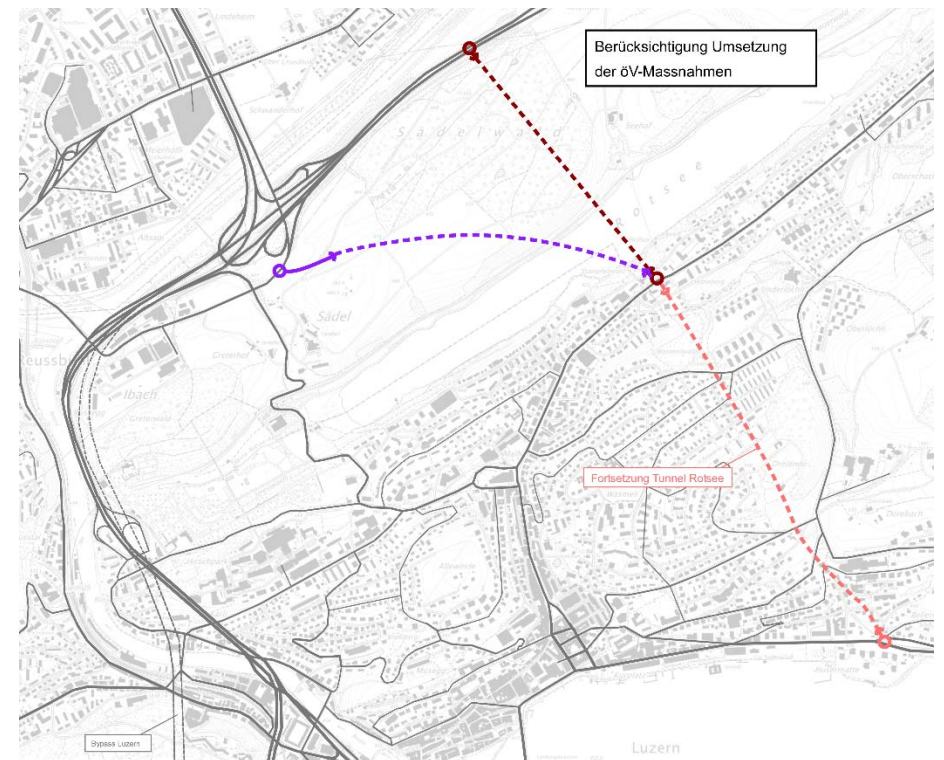


Alternative Varianten

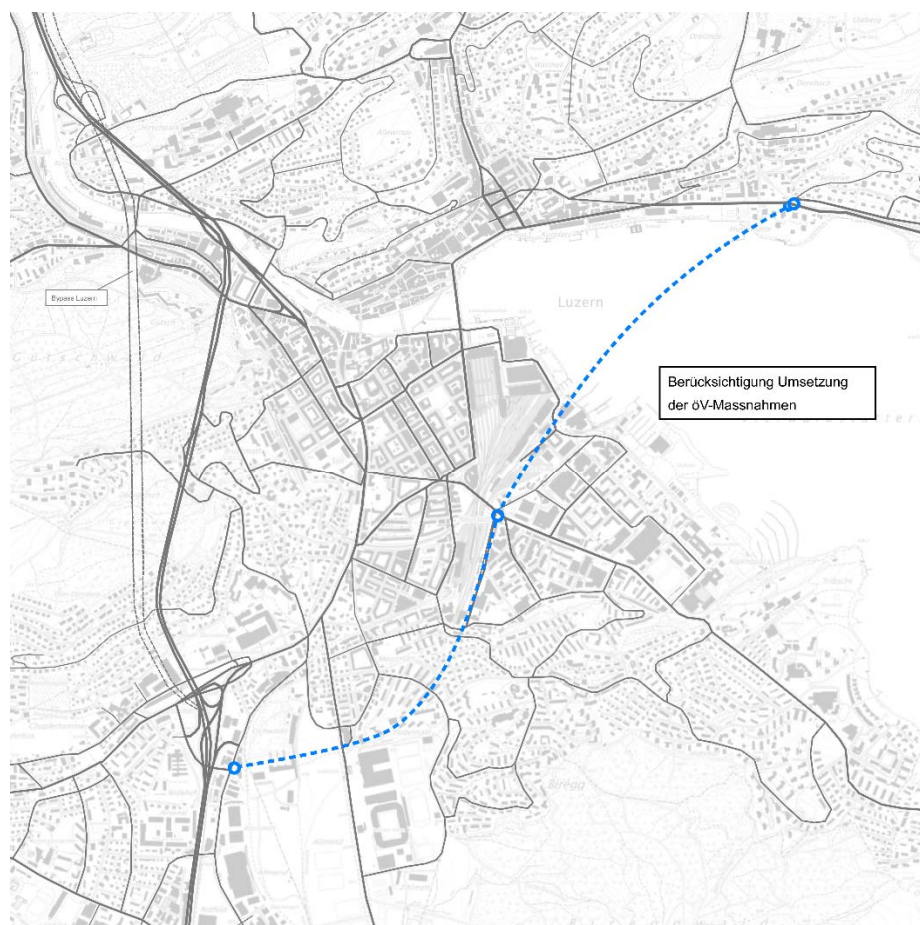
Musegg tunnel



Tunnel Rotsee

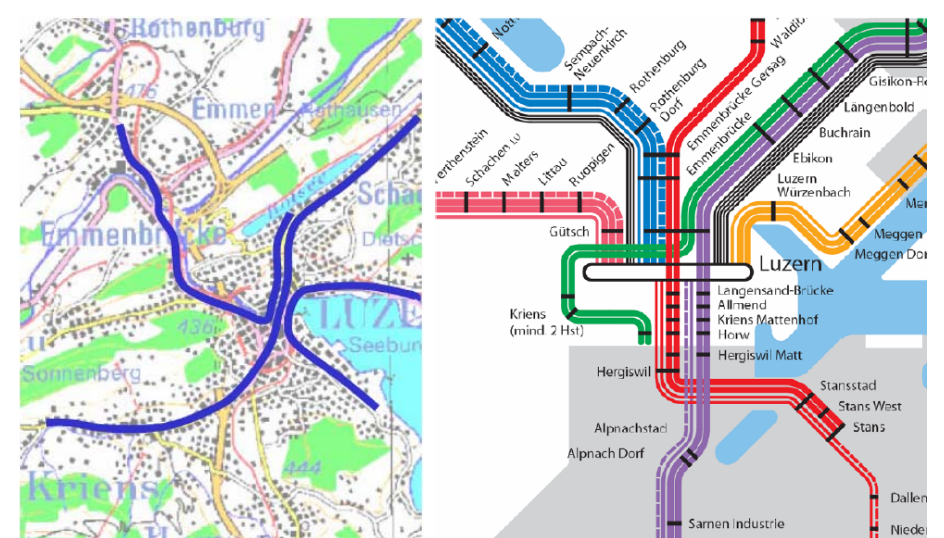


Seetunnel mit Spange Süd



öV-Variante

Ansatz «Tram Luzern» oder «S-Bahn-Vision» gem. ZMB Bypass Luzern



Anhang 2: Erläuterungen zur KNA und zur KWA**1 Teilergebnisse für die Indikatoren der Kosten-Nutzen-Analyse****1.1 DK 1: Baukosten**

Die Investitionskosten werden ohne MWSt. berücksichtigt, da diese in der KNA ohne Belang ist.

Variante	Baukosten (exkl. MWSt.) zum Investitionszeitpunkt [Mio. CHF]
Basisausbau (Vergleichsfall)	73.2
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	185.7
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	160.7
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	172.1
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	83.5
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	293.8
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	820.7

Von den Baukosten der Varianten werden die im Vergleichsfall benötigten Investitionskosten in der Höhe von 73.2 CHF in Abzug gebracht und für die KNA verwendet (Anmerkung: leichte Differenzen ergeben sich aus den Rundungen). Es ist zudem zu beachten, dass die Anpassungen des Anschlusses Lochhof (rund 14 Mio. CHF exkl. MWSt.) als Kosten des ASTRA bei allen Varianten anfallen. Diese Kosten sind in der Kostenschätzung der Phase 2 nicht enthalten, da dort lediglich die Kosten für den Kanton aufgeführt sind. In der KNA, welche eine volkswirtschaftliche Betrachtung ist, spielt die Zuteilung der Kosten nach Kostenträger keine Rolle.

Bei den in eNISTRA ermittelten Kosten wird unterschieden zwischen den Investitionskosten, dem Nettobarwert (abdiskontierte Investitionskosten zum Entscheidungsjahr 2019) und der Annuität (jährliche Kapitalkosten).

Variante	Relevante Baukosten (exkl. MWSt.) zum Investitionszeitpunkt [Mio. CHF]	Kosten (Annuität) [Mio. CHF]	Kosten (Nettobarwert) [Mio. CHF]
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	112.4	3.85	76.67
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	87.4	2.99	59.49
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	98.8	3.33	66.42
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	10.3	0.38	7.62
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	220.5	7.65	152.41
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	747.4	25.66	511.33

Ergebnis: Die Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* ist mit Investitionskosten von rund 750 Mio. CHF klar am teuersten. Die Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* ist mit rund 10 Mio. CHF (unter Abzug der Ohnehin-Kosten für den Basisausbau) die kostengünstigste.

1.2 DK 2: Ersatzinvestitionen

Da bei eNISTRA eine Betrachtung über 40 Jahre erfolgt, müssen Bauteile mit einer geringeren Lebensdauer innerhalb der Betrachtungsdauer erneuert werden. Dadurch entstehen sogenannte Ersatzinvestitionen:

Variante	Kosten (Annuität) Mio. CHF	Kosten (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	0.44	8.74
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.42	8.32
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	0.12	2.43
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.00	-0.08
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.23	4.52
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	2.52	50.26

Ergebnis: Analog zu den Investitionskosten (DK1) sind auch die Ersatzinvestitionen bei der Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* mit grossem Abstand am höchsten, die Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* wiederum hat die geringsten Ersatzinvestitionen, bzw. diese sind sogar negativ, da die Differenzbetrachtung mit dem Vergleichsfall zu weniger Bauteilen mit einer kurzen Lebensdauer führt. Zudem wird der Restwert von Bauteilen mit einer Lebensdauer grösser 40 Jahre dem Projekt gutgeschrieben (Restwert).

1.3 DK 3: Landkosten

Die Landkosten (exkl. MWSt.) werden in eNISTRA separat von den Baukosten betrachtet. Auch hier werden die Landkosten im Basisausbau (5.12 Mio. CHF, nicht diskontiert) bei den Varianten in Abzug gebracht.

Variante	Relevante Landkosten (exkl. MWSt.) zum Investitionszeitpunkt [Mio. CHF]	Kosten (Annuität) Mio. CHF	Kosten (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	8.24	0.21	4.21
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	5.04	0.13	2.57
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	8.24	0.21	4.21
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	4.86	0.15	2.92
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	19.03	0.57	11.42
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	43.39	1.10	21.89

Ergebnis: Auch hier weist die Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* die höchsten Landkosten auf.

1.4 DK 4: Betriebs- und Unterhaltskosten Strasse

Bei den Betriebs- und Unterhaltskosten spielen unter anderem die Art der Tunnelstrecke (Anzahl Fahrstreifen) oder die Verkehrsmenge eine Rolle. Da die Entlastungseffekte auf die Unterhalts- und Betriebskosten von bestehenden Strassen nur einen vernachlässigbaren Einfluss haben, wurden bewusst nur die Neubausrecken berücksichtigt. Sie werden in eNISTRA automatisch generiert.

Variante	Kosten (Annuität) Mio. CHF	Kosten (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	0.81	16.22
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	1.06	21.14
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	0.16	3.10
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.01	-0.12
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.08	1.59
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	1.29	25.67

Ergebnis: Erwartungsgemäss weist die Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* mit einem rund 3 Kilometer langen Tunnel die grössten Unterhalts- und Betriebskosten auf. Am anderen Ende befindet sich die Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)*, bei welcher diese Kosten sogar negativ sind, da die Kosten für die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung auf dem gesamten Netz zurückgehen (Basis ist in eNISTRA die Verkehrsleistung auf dem gesamten Netz).

1.5 VQ1n: Reisezeit Stammverkehr

Der Indikator Reisezeiten gehört zu den wichtigsten KNA-Indikatoren auf der Nutzenseite. Die Reisezeiterparnisse (Pers.-Stunden/Jahr) werden sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr mit entsprechenden Kostensätzen (23.29 CHF/Pers.-Stunde im Personenverkehr und 15.03 CHF/Pers.-Stunde im Güterverkehr) berechnet. Die Kosten basieren auf den beiden VSS-Normen VSS-41 822a (Zeitkosten im Personenverkehr) und VSS-41 823 (Zeitkosten im Güterverkehr).

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-11.97	-238.45
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-26.39	-525.87
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	28.21	562.23
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	14.54	289.65
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	36.63	729.87
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	9.54	190.16

Ergebnis: Hier zeigt sich deutlich der Effekt der öV-Massnahmen im Netz. Durch die dafür notwendigen durchgehenden Busspuren wird der Verkehr auf Routen gelenkt, welche zu einer gesamthaften Fahrzeitverlängerung führen. Deswegen sind bei den beiden Variante *Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP_{optimiert})* sowie die Variante *Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke* die Reisezeitnutzen sogar negativ. Bei der Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* können Reisezeitgewinne zwischen dem Verkehrshaus und dem Autobahnanschluss diese Reisezeitverlängerungen kompensieren. Bei allen anderen Varianten

ohne öV-Massnahmen führt der Anschluss mit und ohne die Spange Nord zu entsprechenden Reisezeitgewinnen, da direktere Wege möglich sind.

1.6 VQ2n: Veränderung Zuverlässigkeit

Bei der Zuverlässigkeit werden die Veränderungen der Verspätungen bzw. Verfrühungen auf Nationalstrassen (Autobahnen – für andere Strassentypen ist die Berechnungsmethode nicht geeignet) bewertet. Die Bauphase wird dabei nicht berücksichtigt, da eine Berechnung zu aufwändig wäre.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-0.82	-16.28
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-0.91	-18.22
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-0.37	-7.41
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.06	-1.10
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.47	-9.33
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-0.87	-17.43

Ergebnis: Da der Verkehr auf der Autobahn in sämtlichen Varianten zunimmt, entsteht bei allen Varianten ein volkswirtschaftlicher Schaden. Da der Verkehr mit den durchgehenden Busspuren aus der Luzerner Innenstadt auf die Autobahn verlagert wird, schneiden die Varianten mit durchgehenden Busspuren am schlechtesten ab. Bei den übrigen Varianten steigt der Schaden, je umfassender die neue Infrastruktur ist, da diese als neuer Autobahnzubringer dient.

1.7 VQ3: Betriebskosten Fahrzeuge Stammverkehr

Eine allfällige Reduktion der Fahrzeugbetriebskosten ergibt sich aus der Verringerung der Fahrzeugleistungen (Fzkm/Jahr) und Fahrzeiten (Fzh/Jahr), welche wiederum mit Treibstoffkosten, Fahrerlöhnen (Güterverkehr) und fixen Kosten multipliziert werden.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-4.11	-81.83
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-6.18	-123.08
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.89	57.52
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.74	34.76
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.98	79.36
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-1.46	-29.06

Ergebnis: Vergleichbar mit den Reisezeitgewinnen (VQ1n) schlagen auch hier die durchgehenden Busspuren negativ zu Buche. Dies liegt ebenfalls an der Erhöhung der Fahrzeit und der Fahrleistung. Varianten ohne diese durchgehenden Busspuren sind auch bei diesem Indikator wiederum positiv bzw. generieren volkswirtschaftliche Nutzen, da zwar auch die Fahrleistung zunimmt, aber die Fahrzeit (schnellere Route) zurückgeht.

1.8 VQ4: Reduktion öV-Verlustzeiten (modifiziert)

Dieser Indikator wurde dahingehend modifiziert, dass er die durch die durchgehenden Busspuren induzierten Reduktionen der Verlustzeiten auf dem innerstädtischen Busnetz berücksichtigt. Dabei wurden die bereits in der KNA für das Generelle Projekt "Gesamtsystem Bypass Luzern" ermittelten Reisezeitgewinne verwendet. Diese wurden aber bewusst leicht auf 3.15 Mio. CHF im Jahr 2040 reduziert, da zwischenzeitlich auf der Pilatusstrasse Richtung Bahnhof bereits eine Busbeschleunigung umgesetzt werden konnte, deren Nutzen deshalb bereits im Vergleichsfall zum Tragen kommen. Allfällige Effekte aufgrund des Durchgangsbahnhofs Luzern (mehr Passagiere im ÖV) werden nicht berücksichtigt, da mit dem Ausbau des S-Bahn-Netzes auch eine verstärkte Verlagerung des ÖV auf die Schiene erfolgt.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	5.28	105.27
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	5.28	105.27
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-	-
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-	-
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-	-
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	5.28	105.27

Ergebnis: Erwartungsgemäss können bei den drei Varianten mit durchgehenden Busspuren entsprechende Reduktionen der Reisezeiten realisiert werden. Bei den anderen Varianten ohne durchgehende Busspuren ist bei diesem Indikator mit keinem volkswirtschaftlichen Nutzen zu rechnen.

1.9 SI1n: Unfälle

Dieser Indikator misst die Veränderung der Verkehrssicherheit. Hierfür werden anhand der Verkehrsleistungen (in Mio. Fzkm/Jahr) pro Strassentyp (HLS, HVS innerorts und ausserorts) die Unfallhäufigkeiten (gemäss vorgegebenen Unfallraten) ermittelt. Den Unfallfolgen (Unfälle, Verletzte, Getötete) liegen entsprechende Kostensätze zugrunde. Bei diesem Indikator entstehen innerhalb der KNA massgebende Nutzen durch die Verkehrsverlagerung auf "sicherere" Strassentypen.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Nettobarwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	1.83	36.50
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.70	13.99
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	1.71	34.04
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.29	25.80
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	2.04	40.56
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	1.05	20.98

Ergebnis: Ausgelöst durch die starke Verlagerung des Verkehrs auf die Autobahn entsteht bei allen Varianten ein entsprechender Nutzen. Dieser ist bei den Varianten mit einer Spange Nord und einer Fluhmühlebrücke am höchsten, während der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke oder die Spange Nord zu einem entsprechend geringeren Verlagerungspotenzial auf die Autobahn führt.

1.10 UW1n: Luftbelastung

Die vom Strassenverkehr verursachte Luftbelastung führt zu Kosten an Gesundheit, Gebäuden und Vegetation. Die Gesundheitskosten und Gebäudeschäden werden auf Grundlage der Feinstaubemissionen (PM10) berechnet. Ernteauffälle und Waldschäden werden über NOx und die Bodenqualität über Zink bewertet. Basis der Berechnungen bildet die Veränderung der Verkehrsbelastungen in Fzkm/Jahr. Ferner kann die jeweilige Belastung bebauten und unbebauten Gebieten anteilmässig zugeordnet werden. Die Monetarisierung erfolgt über definierte Kostensätze automatisch in eNISTRA.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Netto-barwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-0.87	-17.28
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-1.00	-19.96
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-0.37	-7.44
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.09	1.82
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.90	-17.84
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-4.24	-84.41

Ergebnis: Bedingt durch den Anstieg der Fahrzeugkilometer (mit Ausnahme der Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)*) nehmen bei allen Varianten die Fahrleistungen zu und somit entsteht ein negativer Nutzen. Ausnahme bildet die Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)*. Hier können Fahrleistungen eingespart werden. Bei den Varianten mit durchgehenden Busspuren ist der Effekt der Fahrleistungszunahme noch ausgeprägter.

1.11 UW4n: Klimabelastung

Der Indikator misst den Ausstoss von CO2 und anderer Treibhausgase wie Methan CH4 und Lachgas N2O auf Basis der Verkehrsleistung. Die Monetarisierung erfolgt über definierte Kostensätze automatisch in eNISTRA.

Variante	Nutzen (Annuität) Mio. CHF	Nutzen (Netto-barwert) Mio. CHF
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-0.73	-14.59
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-0.91	-18.20
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-0.16	-3.22
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.02	-0.45
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-0.11	-2.16
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-0.64	-12.84

Ergebnis: Dieses Ergebnis ist analog zu demjenigen bei der Luftbelastung. Auch bei der Klimabelastung steigen infolge zunehmender Fahrleistung die Emissionen an und somit entstehen auch hier negative Nutzen.

2 Bewertung der Indikatoren der Kosten-Wirksamkeits-Analyse

2.1 G1: Attraktivität Fussverkehr

Der Indikator betrachtet die MIV-Entlastung auf relevanten Streckenabschnitten und berücksichtigt zudem deren Streckenlänge im Sinne einer Betroffenheit.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	6.2
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	6.1
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.1
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.3
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	2.2
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	8.4

Ergebnis: Die Varianten mit durchgehenden Busspuren schneiden signifikant besser ab als jene ohne solche Massnahmen. Es zeigt sich, dass die durchgehenden Busspuren eine stark positive Wirkung erzielen. Bei der Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* ist die Wirkung für den Fussverkehr sehr gering, da die verkehrlichen Änderungen auf den Fussverkehr bzw. die relevanten Strecken sehr gering sind.

2.2 G2: Attraktivität Veloverkehr

Der Indikator betrachtet die MIV-Entlastung auf relevanten Streckenabschnitten und berücksichtigt zudem die Streckenlänge im Sinne einer Betroffenheit.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	2.1
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-0.1
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.3
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.6
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	5.0
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	6.6

Ergebnis: Augenfällig ist, dass die Variante *Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke* eine leichte Verschlechterung bringt. Dies liegt daran, dass insbesondere bedingt durch den Verzicht auf die Fluhmühlebrücke die Spitalstrasse mehr belastet wird. Bei der Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* ist der Entlastungseffekt sehr gering. Bei den restlichen Varianten ist die Entlastung auf einzelnen Strassenabschnitten mittel bis hoch.

2.3 G3: Attraktivität öV

Hier werden auf relevanten öV-Abschnitten die MIV-Reduktionen bewertet und mit der Anzahl von öV-Kursen im Sinne einer Betroffenheit verrechnet.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	5.7
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	4.2
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.8
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.4
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.5
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	8.6

Ergebnis: Die Varianten mit den durchgehenden Busspuren schneiden naturgemäss klar besser ab als jene ohne diese Massnahmen, da dadurch auf den untersuchten Abschnitten keine so starke MIV-Entlastung erreicht werden kann.

2.4 G4: Wohnlichkeit

Bei diesem Indikator wird die Reduktion der MIV-Belastung auf den relevanten Achsen (insgesamt 10) untersucht und beurteilt. Die Betroffenheit orientiert sich dabei an der Anzahl der Einwohner eines Streckenabschnitts im Verhältnis der Summe aller Personen in allen Teilräumen.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	4.1
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	1.1
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.0
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.6
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.6
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	4.0

Ergebnis: Die beiden Varianten *Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke* und *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* schneiden weniger positiv ab als die anderen Varianten. Im Gegenzug schneiden die beiden Varianten *Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* (VP_{optimiert}) und *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* am besten ab. Die Entlastung durch die Neuanlage wird als städtebauliche Chance gesehen.

2.5 G5: Grad der Abstimmung mit der Siedlungsplanung

Auf Basis der 6 relevanten Teilräume im städtischen Raum wird der Grad der Abstimmung mit der Siedlungsplanung beurteilt und dabei im Sinne der Betroffenheit mit der Anzahl Einwohner multipliziert.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	auf 0 gesetzt
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	4.8
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	1.7
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	3.8
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.3
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	3.8
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	3.3

Ergebnis: Es fällt auf, dass bei der Spange Nord der Verzicht auf die Fluhmühlebrücke klar einen geringeren Grad der Abstimmung mit der Siedlungsplanung aufweist. Die restlichen Varianten werden diesbezüglich ähnlich gut bewertet, wobei die ursprüngliche Lösung (VP_{optimiert}) weiterhin den besten Abstimmungsgrad aufweist.

2.6 G6: Auslastungsgrad

Dieser Indikator misst den Auslastungsgrad sowohl der relevanten Autobahnstrecken als auch der Knotenpunkte an den Autobahnanschlüssen.

Variante	Wirksamkeitspunkte (Summe der beiden Teilindikatoren)
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	1.7
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.2
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	1.5
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.6
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.4
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	1.4

Ergebnis: Beim Auslastungsgrad zeigt sich deutlich, dass bei einem Verzicht auf die Fluhmühlebrücke das Verlagerungspotenzial auf die Autobahn nicht ausgeschöpft wird und in der Folge der Auslastungsgrad der relevanten Knoten und Autobahnstrecken entsprechend höher (schlechter) als bei den anderen Varianten ist.

2.7 G7: Lärmbelastete Personen am Wohnort

Dieser Indikator berücksichtigt die Veränderung der MIV-Menge auf relevanten Streckenabschnitten und berücksichtigt dabei im Sinne der Betroffenheit die Anzahl Einwohner, jeweils 200 Meter rechts und links der Strasse.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	2.8
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.9
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.2
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.3
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	4.0
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	4.0

Ergebnis: Durch den Verzicht auf die Fluhmühlebrücke wird die Spange Nord weniger stark genutzt. Dies hat zur Folge, dass die bewertungsrelevanten Strecken weniger stark entlastet werden und in der Folge die Lärmbelastung für die Bewohner weniger stark zurückgeht. Ebenso vermag der Bau der Fluhmühlebrücke allein auch nur eine begrenzte Entlastungswirkung auf dem restlichen Netz zu erreichen. Im Gegenzug schneiden die beiden Varianten mit Tunnelabschnitten signifikant besser ab als die restlichen Varianten.

2.8 W1: Verbesserung der Erreichbarkeit der Teilräume

Dieser Indikator misst für die relevanten Teilräume in der Agglomeration die Veränderung der Erreichbarkeit von Luzern (Zentrum). Dabei werden alle Fahrten aus dem jeweiligen Teilraum berücksichtigt, um eine potenzielle Erreichbarkeit zu bewerten (d.h. es wird eine allfällige Veränderung des Modal-Splits nicht berücksichtigt).

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-2.8
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-3.3
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	1.7
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.5
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	2.1
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-1.7

Ergebnis: Die Anlage von durchgehenden Busspuren führt zu längeren Reisezeiten im MIV und somit zu keiner Reisezeitverkürzung aus den festgelegten Teilräumen von/nach Luzern Zentrum. In der Folge wird auch die Erreichbarkeit, welche sich aus den Reisezeiten zusammensetzt, nicht verbessert, sondern sogar verschlechtert. Bei den Varianten ohne durchgehende Busspuren ist hingegen eine Verbesserung der Erreichbarkeit in Folge der Reduktion der Reisezeiten festzustellen.

2.9 W2: Reisezeitgewinne aus verschiedenen Teilräumen

Bei diesem Indikator wird die Veränderung der Reisezeiten aus den relevanten Teilräumen in der Agglomeration von Luzern in die Stadt Luzern untersucht und beurteilt. Dabei werden – im Gegensatz zum Erreichbarkeit – die effektiven Fahrten zwischen einem Teilraum und Luzern ausgewertet.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-1.8
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	-2.6
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	2.2
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.8
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	2.7
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	0.1

Ergebnis: Das Ergebnis deckt sich mit dem monetären Indikator Reisezeiten aus der KNA (VQ1n). Die Anlage von durchgehenden Busspuren führt zu längeren Reisezeiten für den MIV und somit zu keiner Reisezeitverkürzung aus den festgelegten Teilräumen von/nach Luzern Zentrum. Hingegen kann bei allen Varianten ohne durchgehende Busspuren von Reisezeitgewinnen gesprochen werden.

2.10 W3: Bautechnische Risiken

Dieser Indikator bewertet das bautechnische Risiko, das z.B. durch komplexe Bauwerke, Naturgefahren oder Altlasten entsteht. Nicht Bestandteil dieses Indikators sind Risiken aufgrund von Akzeptanzthemen (z.B. Verfahrensrisiken infolge Einsprache).

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	auf 0 gesetzt
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-0.1
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.2
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-0.1
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	0.4
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-3.0
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-10.1

Ergebnis: Die Variante *Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren* weist den grössten negativen Nutzen auf, da der Bau der Kunstbauwerke, insbesondere des Tunnels bis zum Verkehrshaus, für den detaillierte Untersuchungen noch ausstehen, am kompliziertesten ist und die bautechnischen Risiken mit Abstand am grössten sind.

2.11 U1: Lärmbelastete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten

Aus Basis der MIV-Veränderung erfolgt eine Beurteilung der Veränderung in relevanten Teilräumen. Dabei wird die Veränderung mit einer Betroffenheit multipliziert. Diese Betroffenheit pro Gebiet ergibt sich durch den Grad der Intensität der Freiflächennutzung.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	1.6
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	2.4
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	1.6
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-1.2
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.2
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	1.0

Ergebnis: Die Variante *Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke* vermag die beste Wirkung für die Schutz- und Erholungsgebiete zu erzielen. Bei den restlichen Varianten ist der positive Effekt eher gering. Bei der Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* ergibt sich für einen Teilraum eine höhere Verkehrsbelastung, weshalb die Variante gesamthaft schlechter als der Vergleichsfall abschneidet.

2.12 U2: Landschafts- und Ortsbild

Bei diesem Indikator wird die Veränderung in den fünf relevanten Teilräumen untersucht und bewertet. Dabei wird auch hier die Veränderung mit der Betroffenheit (Qualität und Art des Teilraums) multipliziert.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	auf 0 gesetzt
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	0.6
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0.4
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	1.6
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	4.2
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	1.6
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	1.0

Ergebnis: Die Variante *Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)* ist hier die Bestvariante, da sie im Vergleich zum Basisausbau vor allem im Gebiet Kreuzstutz, Gütschwald, Baselstrasse bis Kasernenplatz positiv und im Gebiet Maihof und Friedental weniger negativ als die anderen Varianten abschneidet. Alle anderen Varianten verfügen gegenüber dem Basisausbau über ein leicht positives Ergebnis.

2.13 U3: Beeinträchtigung Grundwasser/Oberflächengewässer

Bei diesem Indikator werden die Veränderung bzw. der Einfluss auf die Gewässer mit der Betroffenheit (Art bzw. Qualität des natürlichen Lebensraums) multipliziert.

Variante	Wirksamkeitspunkte
Basisausbau (Vergleichsfall)	keine Veränderung
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren (VP _{optimiert})	-6
Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke	0
Spange Nord kurz mit Fluhmühlebrücke ohne durchgehende Busspuren	-6
Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-6
Spange Nord kurz mit Tunnel Rosenberg und Fluhmühlebrücke (ohne durchgehende Busspuren)	-6
Spange Nord lang mit Fluhmühlebrücke und durchgehenden Busspuren	-6

Ergebnis: Der Eingriff in die Gewässer wird bei allen Varianten, welche die Fluhmühlebrücke beinhalten, als negativ beurteilt. In der Folge weist lediglich die Variante Spange Nord kurz mit durchgehenden Busspuren ohne Fluhmühlebrücke keine negativen Nutzwertpunkte auf.