



KURZBERICHT – 15.02.2019

Agglomerationseffekte des Durchgangsbahnhofs Luzern

Zuhanden des Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartements
des Kantons Luzern

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan
Titel: Agglomerationseffekte des Durchgangsbahnhofs Luzern
Auftraggeber: Bau-, Umwelt und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern
Ort: Bern
Datum: 15.02.2019

Begleitgruppe

Thomas Buchmann
Patrick Abegg
Danièle Müller

Projektteam Ecoplan

René Neuenschwander
Matthias Setz
Heini Sommer

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Dätwylerstrasse 25
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	1
1	Einleitung	2
1.1	Einführung	2
1.2	Forschung und Umsetzung in der Schweiz	2
1.3	Auftrag	3
2	Vorgehen zur Berechnung der Agglomerationseffekte	4
3	Ergebnisse	5
3.1	Betrachtete Perimeter	5
3.2	Volkswirtschaftliche Datengrundlagen	5
3.3	Erreichbarkeitsveränderungen	7
3.4	Berechnung Agglomerationseffekte	7
3.4.1	Hauptergebnis	8
3.4.2	Sensitivitäten	8
3.4.3	Diskussion	9
	Literaturverzeichnis	11
	Anhang A: Verkehrsmodellauswertung: Vorgehen im Detail	12
	Anhang B: Grundlagedaten im Detail (unkommentiert)	15

1 Einleitung

1.1 Einführung

Der Grundgedanke bei den Agglomerationseffekten besteht darin, dass durch eine verbesserte Erreichbarkeit im Raum ein grösserer verbundener Wirtschaftsraum entsteht, der zu Produktivitätssteigerungen führt. Dieser Effekt ist als zusätzlicher Nutzen (wider economic benefit) zu verstehen, der über die üblicherweise in Kosten-Nutzen-Analysen berücksichtigten Zeitgewinne und anderen Nutzelemente hinausgeht. Die wichtigsten Gründe, wieso eine verbesserte Erreichbarkeit zu Produktivitätssteigerungen führen kann, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Besserer Abgleich auf dem Arbeitsmarkt: Die Chance steigt, dass ein Arbeitgeber exakt diejenige Arbeitskraft findet, die am besten für die Stelle geeignet ist. Umgekehrt steigt die Chance, dass eine Arbeitskraft diejenige Stelle findet, in der sie ihr Talent am passendsten einsetzen kann. Letztlich ermöglicht dies eine Spezialisierung.
- Teilen von positiven Externalitäten: Einerseits steigt die Chance, dass sich Wissen verbreitet, andererseits können Kostenfaktoren wie Ausbildung oder Infrastrukturen günstiger gemeinsam organisiert werden.
- Innovationen: Vielfalt und Kreativität erhöhen sich, was bessere Produktelösungen ermöglicht und deren Überlebenschance während der Markteinführung erhöht.

Die durch diese Effekte ausgelösten zusätzlichen Produktivitätsgewinne manifestieren sich insbesondere in höheren Löhnen.

1.2 Forschung und Umsetzung in der Schweiz

2015 wurde der Zusammenhang zwischen Erreichbarkeitsverbesserungen im ÖV und Produktivität erstmals auch für die Schweiz empirisch untersucht.¹ Dabei wurde mit quantitativen Methoden abgeschätzt, ob eine bessere Erreichbarkeit tatsächlich die Produktivität der Schweizer Volkswirtschaft erhöht, wobei unterstellt wurde, dass sich die ausgelösten Produktivitätsgewinne insbesondere in höheren Löhnen manifestieren. Zwar profitieren auch die Unternehmen direkt von den beschriebenen Agglomerationseffekten, andererseits erwächst ihnen aber auch zusätzliche Konkurrenz durch weitere Unternehmen um die ideal passende Arbeitskraft. Somit sind sie gezwungen, diesen zusätzlichen Nutzen über die Löhne zumindest teilweise weiterzugeben. In Axhausen et al. wurden deshalb die Löhne am Ort ihrer Erwirtschaftung als abhängige Variable zur Quantifizierung des Agglomerationseffekts verwendet. Als unabhängige Variablen fliessen die Erreichbarkeitsveränderungen und eine Vielzahl weiterer struktureller Grössen in die verschiedenen empirischen Schätzgleichungen ein.

Die in Axhausen et al. erhaltenen Resultate zeigen, dass mit den angewendeten Modellen und Daten Agglomerationseffekte auch in der Schweiz beobachtbar und quantifizierbar sind. Die mit verschiedenen Modellansätzen ermittelten Werte liegen zwischen 0.01 und 0.02. Das

¹ Axhausen et al. (2015): Gesamtwirtschaftliche Effekte des öffentlichen Verkehrs mit besonderer Berücksichtigung der Verdichtungs- und Agglomerationseffekte.

bedeutet Folgendes: Eine Verbesserung der ÖV-Erreichbarkeit bezüglich der Bevölkerung um 100% führt zu einer Erhöhung der ausbezahlten Löhne pro Person um 1 bis 2% (im Mittel sind es 1,4%). Dieser Wert liegt im Vergleich zu internationalen Studien eher am unteren Rand der bekannten Bandbreite (was in Anbetracht des vergleichsweise schon gut ausgebauten ÖV-Systems plausibel ist). Die Schätzergebnisse zeigen auch, dass in urban geprägten Gebieten der Schweiz der Agglomerationseffekt höher ausfällt (zwischen 2% bis 4%).

Fazit: Es lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Aufgrund der verfügbaren empirischen Daten über Agglomerationseffekte in der Schweiz lässt sich für den urbanen Raum eine Elastizität der Produktivität (gemessen an den Löhnen) bezüglich der ÖV-Erreichbarkeit der Bevölkerung von 2% vorgeben (Sensitivität mit 1% und 4%). Eine Verbesserung der ÖV-Erreichbarkeit der Bevölkerung um 100% hat somit im urbanen Raum eine Erhöhung des Lohneinkommens um 2% zur Folge.
- Auch wenn die neuen Erkenntnisse zu den Agglomerationseffekten in der Schweiz bisher noch nicht in die etablierten Verfahren zur Bewertung von Verkehrsinfrastrukturprojekten (NIBA, NISTRA resp. die bestehenden Schweizer Normen zur Kosten-Nutzen-Analyse) aufgenommen wurden, könnten sie bei der Ermittlung der Nutzen eines neuen Durchgangsbahnhofs Luzern doch eine bedeutende Rolle spielen. Dies zeigt die erstmalige Bewertung von Agglomerationseffekten auf Basis der Studie von Axhausen et al. für das Projekt «Herzstück Basel».² Dabei wurden für das «Herzstück Basel» Agglomerationseffekte in der Grössenordnung von 40 Mio. Mio. CHF pro Jahr berechnet.
- Der Durchgangsbahnhof Luzern wird Erreichbarkeitsverbesserungen auslösen, die durchaus mit denjenigen des «Herzstückes Basel» vergleichbar sind (oder sogar darüber liegen). Somit ist auch für den Durchgangsbahnhof Luzern mit bedeutenden Agglomerationseffekten zu rechnen.

1.3 Auftrag

Vor diesem Hintergrund hat das Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern am 6. November 2018 EcoPlan den Auftrag erteilt, die Agglomerationseffekte des Durchgangsbahnhof Luzern (DBL) zu berechnen. Der vorliegende Kurzbericht dokumentiert das Vorgehen und die Ergebnisse der entsprechenden Arbeiten.

² EcoPlan (2017), Variantenbeurteilung Bahnknoten Basel mit / ohne Herzstück. Schlussbericht vom 24. März 2017.

2 Vorgehen zur Berechnung der Agglomerationseffekte

Die folgende Tabelle fasst das Vorgehen zur Berechnung der Agglomerationseffekte des DBL zusammen:

Abbildung 2-1: Arbeitsschritte zur Berechnung der Agglomerationseffekte des DBL

Arbeitsschritt 1: Einwohner- und Beschäftigtenzahlen 2040

- Die Einwohner- und Beschäftigtenzahlen müssen für den Prognosezustand 2040 und für die neue Verkehrszonierung des Gesamtverkehrsmodells Luzern (GVM LU) ermittelt werden.
- Diese Arbeiten erfolgten durch die Planteam AG.

Arbeitsschritt 2: Verkehrsmodellauswertungen / Ermittlung Erreichbarkeitsmass

Die Arbeiten erfolgen in mehreren Teilschritten:

- Zu klären sind eingangs insbesondere die räumlichen Abgrenzungen, der Umgang mit dem Aussenverkehr und die exakte Definition des Erreichbarkeitsmasses
- Erstellung des Referenzzustandes 2040 und des Projektfalls mit DBL im GVM Luzern.
- Anschliessend gilt es für den Referenzzustand 2040 und den Projektfall mit DBL je ein Mass für die Gesamterreichbarkeit zu berechnen. Mit dem Verhältnis zwischen Gesamterreichbarkeit im Projektfall mit DBL zur Gesamterreichbarkeit im Referenzfall lässt sich dann die prozentuale Veränderung der Erreichbarkeit messen. Dieses Ergebnis benötigt Ecoplan als Input zur Abschätzung des Agglomerationseffekts.
- Zusätzlich soll auch für den Zustand 2017 die Gesamterreichbarkeit berechnet werden. Dies könnte im Sinne einer Sensitivität zur Plausibilisierung der Ergebnisse beitragen.
- Die Arbeiten erfolgten durch die TransSol GmbH (Philipp Fröhlich). Ecoplan begleitete die Arbeiten.

Arbeitsschritt 3: Abschätzung Vollzeitäquivalente und Lohndaten

- Für zwei Perimeter (MS Region Luzern und Kanton Luzern) ist die Lohnsumme abzuschätzen. Hierzu sind folgenden Datengrundlagen aufzubereiten:
 - Zahl der Vollzeitäquivalente in der Region und im Kanton Luzern.
 - Durchschnittslohn in der Region und im Kanton Luzern.³
- Aus der Multiplikation von Vollzeitäquivalenten und Durchschnittslohn ergibt sich die Lohnsumme, die wiederum in die Berechnung der Agglomerationseffekte fliesst.
- Diese Arbeiten erfolgten durch Ecoplan

Arbeitsschritt 4: Berechnung der Agglomerationseffekte für den DBL

- Nachdem die quantitativen Grundlagen vorliegen, sind die Agglomerationseffekte zu berechnen. Konkret wird abgeschätzt, wie stark sich die Lohnsumme infolge der verbesserten Erreichbarkeit erhöht. Die Berechnung erfolgt auf Basis der in Axhausen et al. hergeleiteten Elastizität der Lohnsumme in Bezug auf eine Veränderung der ÖV-Erreichbarkeit.
- Diese Arbeiten erfolgten durch Ecoplan.

³ Als Quellen für entsprechende Schätzungen zu nennen sind insbesondere: STATENT (BFS-Statistik der Unternehmensstruktur), LUSTAT: Auswertung Lohnstrukturerhebung.

3 Ergebnisse

3.1 Betrachtete Perimeter

Die Berechnung der Agglomerationseffekte erfolgt für die beiden folgenden Perimeter:

- Kanton Luzern: Da der DBL die Ausgestaltung eines grundlegend neue S-Bahn Angebots mit verschiedenen Durchmesserlinien ermöglicht, sind auch ausserhalb des Agglomerationsperimeters bedeutende Erreichbarkeitsverbesserungen zu erwarten. Agglomerationseffekte dürften deshalb für den gesamten Kanton Luzern anfallen und sollen entsprechend für den Perimeter des gesamten Kantons berechnet werden.
- MS⁴-Region Luzern: Dieser Perimeter entspricht annähernd der Agglomeration Luzern, enthält jedoch nur die Agglomerationsgemeinden im Perimeter des Kantons Luzern. Aus datentechnischen Gründen wurden die Berechnungen für die MS-Region Luzern durchgeführt, können aber als gute Annäherung für die gesamte Agglomeration Luzern verwendet werden.

3.2 Volkswirtschaftliche Datengrundlagen

a) Vollzeitäquivalente

Die Vollzeitäquivalente (VZÄ) entsprechen der Anzahl der gearbeiteten Stunden geteilt durch die übliche Arbeitszeit eines Vollzeit-Erwerbstätigen (so entspricht beispielsweise die Summe aus einer 90 %-Stelle, einer 25%-Stelle und zwei 50 %-Stellen 2,15 VZÄ). Die VZÄ wurden mit Hilfe einer Auswertung der STATENT-Daten des BFS ermittelt. Für die beiden betrachteten Perimeter (Kanton Luzern und MS-Region Luzern) ergeben sich die folgenden Ergebnisse:

Abbildung 3-1: Vollzeitäquivalente (VZÄ) in Kanton und MS-Region Luzern 2016

	Anzahl VZÄ im Jahr 2016
Kanton Luzern	186'359
MS-Region Luzern	111'668

b) Monatlicher Bruttolohn

Für die Ermittlung des Lohneinkommens im Kanton Luzern und in der MS-Region Luzern hat die LUSTAT eine Spezialauswertung der Lohnstrukturerhebung durchgeführt. Die Ergebnisse der detaillierten Tabellengrundlagen können wie folgt zusammengefasst werden.

⁴ MS = mobilité spatial.

Abbildung 3-2: Monatlicher Bruttolohn in Kanton und MS-Region Luzern 2016

	Monatlicher Bruttolohn im Jahr 2016 (Mittelwert pro VZÄ)
Kanton Luzern	6'900 CHF
MS-Region Luzern	7'100 CHF

c) Lohneinkommen

Das Lohneinkommen im Kanton Luzern und in der MS-Region Luzern im Jahr 2016 ergibt sich aus der Multiplikation von VZÄ und standardisiertem monatlichen Bruttolohn pro VZÄ

Abbildung 3-3: Lohneinkommen Kanton und MS-Region Luzern im Jahr 2016

	Lohneinkommen im Jahr 2016
Kanton Luzern	15'430.5 Mio. CHF
MS-Region Luzern	9'514.1 Mio. CHF

Obenstehende Ergebnisse wurden mit verschiedenen Plausibilitätschecks geprüft.

- Eine nach Sektoren oder gar nach Branchen differenzierte Ermittlung führt zu sehr ähnlichen Werten.
- Das BIP des Kantons Luzern belief sich gemäss BFS im Jahr 2016 auf 26'716.5 Mio. CHF. Das Lohneinkommen würde somit 57.8% des BIP entsprechen. Im gesamtschweizerischen Durchschnitt betrug der Anteil des Arbeitseinkommens am BIP 59.2%, was nicht weit von den Werten entfernt ist, die wir für den Kanton Luzern berechnet haben.

d) Annahmen über Inbetriebnahme und zukünftiges Wachstum

Ausgehend von den im GVM Luzern zugrunde gelegten Strukturdaten wird für den Perimeter des Kantons Luzern von einem Wachstum der Arbeitsplätze zwischen 2017 und 2040 von 27.8% ausgegangen. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 0.73%. Eine Auswertung für den Perimeter der MS-Region Luzern führt zu einem Wachstum der Arbeitsplätze in praktisch gleicher Höhe.

Weitere wichtige Annahmen für die Berechnung der Agglomerationseffekte betreffen folgende Punkte (und sind konform mit den gängigen Vorgaben in den Normen zur KNA-Methodik resp. in der NISTRA-Methodik des ASTRA):

- Diskontsatz (realer Zinssatz): 2% (Sensitivität 3%)
- Reallohnwachstum pro Jahr: 0.75% (Sensitivität 1% / 0%)

Für die Berechnung der Agglomerationseffekte wird weiter angenommen, dass die Inbetriebnahme des DBL im Jahr 2035 erfolgt.

3.3 Erreichbarkeitsveränderungen

Die Berechnung der Erreichbarkeitsveränderungen infolge der Inbetriebnahme des DBL erfolgte mit dem GVM Luzern. Dazu wurden folgende Vorarbeiten geleistet:

- Die Strukturdaten des GVM Luzern wurden für den Prognosezustand 2040 aktualisiert. Input bildeten die Analysen der Planteam AG, die die entsprechenden Einwohner- und Beschäftigtenzahlen im Jahr 2040 pro Verkehrsmodellzone des GVM Luzern neu berechnet hat.
- Als zweiter wichtiger Input wurde im GVM Luzern das ÖV-Angebotskonzept mit / ohne DBL hinterlegt.

Anschliessend wurde durch Philipp Fröhlich, TransSol GmbH, berechnet, wie sich die gewichtete Gesamterreichbarkeit mit der Inbetriebnahme des DBL im Vergleich zum Zustand ohne DBL verändert. In **Anhang A** ist das dazu verwendete Vorgehen im Detail beschrieben.

Die Ergebnisse der umfangreichen Berechnungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

	Gewichtete Erreichbarkeitsveränderungen im Jahr 2040 (2040 DBL / 2040 ohne DBL)
Kanton Luzern	5.20%
MS-Region Luzern	4.70%

Kommentar: Der DBL generiert bedeutende Erreichbarkeitsverbesserungen. Diese sind für den gesamten Kantonsperimeter sogar grösser als wenn nur die MS-Region Luzern (resp. die Agglomeration Luzern) betrachtet wird. Der DBL führt somit zu einer besseren Erschliessungsqualität insbesondere auch ausserhalb der Agglomeration Luzern. Dies scheint uns in Anbetracht der dank dem DBL neu möglichen Durchmesserlinien durchaus plausibel. Es zeigt sich somit, dass der DBL weit über die Agglomeration Luzern hinausstrahlt und als eigentliches Kantonsprojekt zu verstehen ist.

3.4 Berechnung Agglomerationseffekte

Auf Basis der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Inputdaten werden die Agglomerationseffekte des DBL berechnet.

Wie in Kapitel 1 gezeigt, nehmen wir hierzu an, dass die Elastizität der Produktivität (gemessen an den Löhnen) in Bezug auf Erreichbarkeitsveränderungen 2% beträgt (Sensitivität mit 1% und 4%). Eine Verbesserung der bevölkerungsgewichteten ÖV-Erreichbarkeit der Arbeitsplätze um 100% hätte somit eine Erhöhung des Lohninkommens um 2% zur Folge. Mit dieser Annahme kann berechnet werden, wie stark sich die Lohnsumme infolge der Erreichbarkeitsverbesserungen des DBL erhöht.

Im Folgenden werden die für den DBL so abgeschätzten Agglomerationseffekte vorgestellt und diskutiert.

3.4.1 Hauptergebnis

Abbildung 3-4: Agglomerationseffekte des DBL

	Annuität (in Mio. CHF)	Nettobarwert 2018 (in Mio. CHF)
Kanton Luzern	31.8	633
MS-Region Luzern	17.4	347

Die Ergebnisse in Abbildung 3-4 zeigen, dass die Erreichbarkeitsverbesserungen, die der DBL im Jahr 2040 im Vergleich zu einem ÖV-Angebot im Jahr 2040 ohne DBL auslöst, zu bedeutenden Agglomerationseffekten führt.

- Perimeter Kanton Luzern: Die Agglomerationseffekte belaufen sich auf 31.8 Mio. CHF pro Jahr. Dies entspricht einem Nettobarwert im Jahr 2018 von 633 Mio. CHF.
- Perimeter MS-Region Luzern: Die Agglomerationseffekte belaufen sich auf 17.4 Mio. CHF pro Jahr. Dies entspricht einem Nettobarwert im Jahr 2018 von 347 Mio. CHF.

Die pro Jahr berechneten Agglomerationseffekte entsprechen der Annuität über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren ab dem angenommenen Eröffnungsjahr 2035.

3.4.2 Sensitivitäten

Im Folgenden fassen wir für die Annuitäten zusammen, wie die Höhe der Agglomerationseffekte im Rahmen verschiedener Sensitivitätsanalysen variiert:

**Abbildung 3-5: Agglomerationseffekte des DBL (Annuitäten):
Sensitivität Elastizität der Produktivität bezüglich ÖV-Erreichbarkeit:**

	Hauptfall: 2% (in Mio. CHF)	Sensitivität: 4% (in Mio. CHF)	Sensitivität: 0% (in Mio. CHF)
Kanton Luzern	31.8	63.5	15.9
MS-Region Luzern	17.4	34.8	8.7

**Abbildung 3-6: Agglomerationseffekte des DBL (Annuitäten):
Sensitivität Reallohnwachstum in % pro Jahr**

	Hauptfall: 0.75% (in Mio. CHF)	Sensitivität: 1.5% (in Mio. CHF)	Sensitivität: 0% (in Mio. CHF)
Kanton Luzern	31.8	42.3	24.0
MS-Region Luzern	17.4	23.2	13.1

Die beiden obigen Sensitivitäten zeigen, dass die Agglomerationseffekte insbesondere hinsichtlich der unterstellten Elastizität der Produktivität (resp. des Lohneinkommens) bezüglich der ÖV-Erreichbarkeit schwanken (vgl. Abbildung 3-5). Im Vergleich zur internationalen Literatur ist der Wert von 2%, die für den Hauptfall auf Grundlage der empirischen Arbeiten von Axhausen et. al (2015) angenommen worden sind, ein vergleichsweise tiefer Wert. Da die Berechnung der Agglomerationseffekte für den gesamten Kanton erfolgt ist, lässt sich aber ein höherer Wert von 4% kaum rechtfertigen. Umgekehrt erscheint die untere Bandbreite von 1% für den betrachteten Perimeter als klar zu tief. Wir empfehlen somit, die Höhe der Agglomerationseffekte für den Hauptfall auszuweisen.

Die Agglomerationseffekte schwanken spürbar je nach unterstelltem Reallohnwachstum. Hier scheint uns die sich ergebende Bandbreite (vgl. Abbildung 3-6) durchaus relevant, da die Höhe des zukünftigen jährlichen Reallohnwachstum aus heutiger Sicht ziemlich unsicher ist.

Weitere betrachtete Sensitivitäten wie die Höhe des Diskontsatzes (3% statt 2%) oder die Berechnung der Agglomerationseffekte für den gesamten Agglomerationsperimeter (statt die MS-Region Luzern) führten zu nur unbedeutenden Schwankungen der Höhe der Agglomerationseffekte und werden deshalb nicht aufgeführt.

3.4.3 Diskussion

Der DBL verursacht Agglomerationseffekte in substanzieller Höhe. Bezogen auf den Perimeter des gesamten Kantons Luzern betragen die Agglomerationseffekte rund 32 Mio. CHF pro Jahr. Dieser Betrag führt zu einer spürbaren Verbesserung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses des DBL. Er entspricht einem Nettobarwert von 633 Mio. CHF abdiskontiert auf das Jahr 2018 (bezogen auf das Jahr 2035, dem angenommenen Eröffnungszeitpunkt, entspricht dies einem Nettobarwert von 869 Mio. CHF).

Von diesen 32 Mio. CHF pro Jahr fallen gut 17 Mio. CHF im engeren Perimeter der MS-Region Luzern an (was quasi dem Agglomerationsperimeter Luzern entspricht – nur die ausserkantonalen Agglomerationsgemeinden sind darin nicht enthalten).

Dies zeigt, dass der DBL sowohl im engeren Perimeter der Region Luzern als auch darüber hinaus im Gesamtperimeter des Kantons Luzern erhebliche Zusatznutzen in Form von Agglomerationseffekten verursacht. Diese räumlich weite Wirkung des DBL erscheint plausibel und entspricht den Erwartungen. Denn der DBL ermöglicht eine erhebliche Attraktivierung des S-Bahn-Angebots: Es werden völlig neue Durchmesserlinien möglich, was die Reisezeiten

verkürzt und die Umsteigevorgänge reduziert. Dadurch ergibt sich ein Angebotssprung, wie er wohl in keiner anderen Agglomeration der Schweiz überhaupt noch realisierbar ist.

Die Sensitivitätsanalysen haben gezeigt, dass die Höhe der erwarteten Agglomerationseffekte wesentlich davon abhängig ist, welche Elastizität der Produktivität resp. Lohnsumme in Bezug auf Erreichbarkeitsveränderungen unterstellt wird. Die im obigen Ergebnis unterstellte Elastizität von 2% erscheint aufgrund der vorhandenen empirischen Auswertungen aus heutiger Sicht der plausibelste Wert. Weitere empirische Forschungsarbeiten hierzu wären aber sicherlich erwünscht, um diese zentrale Annahme auf breitere wissenschaftliche Grundlagen zu stellen.

Auch das erwartete Reallohnwachstum beeinflusst die Höhe der Agglomerationseffekte spürbar. Beträgt dieses 1.5% statt den angenommenen 0.75% pro Jahr erhöht dies den Agglomerationseffekt um rund einen Drittel (auf 42 Mio. CHF pro Jahr im Kanton Luzern). Wird umgekehrt von einem Reallohnwachstum von 0% pro Jahr ausgegangen, sinkt der Agglomerations-effekt um rund einen Viertel (auf 24 Mio. CHF pro Jahr im Kanton Luzern).

Literaturverzeichnis

Axhausen K.W., Bischof T., Fuhrer R., Neuenschwander R., Sarlas G. und P. Walker (2015)
Gesamtwirtschaftliche Effekte des OeV mit besonderer Berücksichtigung der
Verdichtungs- und Agglomerationseffekte, Schlussbericht, SBB Fonds für Forschung,
Bern und Zürich.

Ecoplan (2018)
Nutzeffekte Durchgangsbahnhof und Spange Nord Luzern, Schritt 1: Auslegeordnung
und Vorabklärungen. Kurzbericht zuhanden des Bau-, Umwelt- und
Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

Ecoplan (2017)
Variantenbeurteilung Bahnnetz Basel mit / ohne Herzstück, Schlussbericht, Kanton
Basel-Stadt / Projektorganisation Bahnknoten Basel.

Rapp Trans (2015)
Nutzenstudie Tiefbahnhof Luzern.

Anhang A: Verkehrsmodellauswertung: Vorgehen im Detail

Mit dem GVM Luzern soll das Verhältnis zwischen der gewichteten Erreichbarkeit im Referenzfall ohne DBL und der veränderten Erreichbarkeit mit DBL berechnet werden. Zu Kontrollzwecken wurde auch der Zustand 2017 berechnet. Die drei verschiedenen ÖV-Netzzustände sind:

- GVM Luzern 2017: Fahrplan 2017
- Referenz 2040: GVM Luzern 2040 ohne DBL: STEP AS 35 Fahrplanvariante ohne Plateaudrehung, inkl. Änderungen am Busnetz (Agglo Tre)
- Projektfall: DBL laut Netzstudie Rapp (2015) sonstiges ÖV-Netz wie Referenz 2040

Es geht also nicht um reine Reisezeitdifferenzen, sondern um die Berechnung der gewichteten Erreichbarkeit für den Referenzfall und für den Projektfall mit DBL. Das Ergebnis entspricht der prozentualen Veränderung der gewichteten Erreichbarkeit.

Zentrale Frage ist somit, wie die gewichtete ÖV-Erreichbarkeit gemessen wird. Hier gilt es folgende Punkte zu beachten:

a) Ausgangslage

In Axhausen et al. werden darunter «die verfügbaren Möglichkeiten (Einwohner, Arbeitsplätze etc.) eines ganzen Gebietes, bezogen auf einen bestimmten Standort mit Hilfe der generalisierten Kosten» verstanden. Mathematisch formuliert:⁵

$$A_i = \sum_j O_j \times e^{\beta \times C_{ij}}$$

Mit A_i als dem Erreichbarkeitswert in Punkt i bezüglich allen Orten j mit zugehörigen Möglichkeiten O_j zu erreichen mit den generalisierten Kosten C_{ij} , die mit einer negative Exponentialtransformation mit einem geschätzten Parameter β gewichtet werden. Negativ, weil der Parameter β negativ ist. Der Term besteht also aus zwei Teilen: Erstens, aus der Aufsummierung der Möglichkeiten pro Ort (Bevölkerung und Arbeitsplätze) und, zweitens, der jeweiligen „räumlichen Diskontierung“ dieser Summe durch die Widerstandsfunktion.

Die generalisierten Kosten C_{ij} beinhalten die wesentlichen Kostenelemente des Reisens und wandeln sie ins einheitliche Mass «empfundene Zeit» um. Sie bestehen im ÖV aus der Fahrzeit, der Zugangszeit, der Abgangszeit, der Gehzeit, der Startwartezeit (25% des Taktes) und der Umsteigehäufigkeit als Sammelkennzahl.⁶

⁵ Vgl. Axhausen et al. (2015), Kapitel 4.3.

⁶ Die Startwartezeit entspricht der mittleren Wartezeit auf die erste Verbindung (eine Taktverdichtung reduziert die Startwartezeit). Nicht aufgeführt sind die monetären Kosten: Zwar sind diese auch ein Teil der generalisierten Kosten. Da wir davon ausgehen, dass sich diese zwischen den Varianten nicht verändern können sie für die Berechnung der Erreichbarkeitsveränderungen weggelassen werden (andernfalls müsste dieses Vorgehen hinterfragt werden).

Der Gewichtungparameter β ist spezifisch für jeden Verkehrsmodus und variiert zeitlich.

b) Erreichbarkeit gewichten

Es geht um die gewichtete Erreichbarkeit: «Gewichtet» bedeutet, dass die Erreichbarkeit mit den Einwohnern (bei Axhausen plus die Arbeitsplätze) der jeweiligen Zonen gewichtet wird.

c) Erreichbarkeit nach generalisierten Kosten messen (empfundene Reisezeit)

Erreichbarkeit ist nicht gleich reine Reisezeit. Vielmehr wird Reisezeit in Form von «generalisierten Kosten» gemessen. Damit werden unterschiedliche Aspekte des Reisens hinsichtlich der «empfundenen» Reisezeit gewichtet. Die einzelnen Elemente mit ihren Gewichten sind in Abbildung 3-7 zusammengefasst.

Abbildung 3-7: Gewichte der Kostenelemente des ÖV gemäss NPVM

Variable	Gewicht Umlegung	Gewicht empfundene Reisezeit
Fahrzeit im Fahrzeug	1.00	1.00
Zugangszeit	0.71	1.00
Abgangszeit	0.71	1.00
Gehzeit	0.71	1.00
Startwartezeit	0.92	1.00
Umsteigewartezeit	0.00	0.00
Umsteigehäufigkeit	[min/U] 8	[min/U] 8.00

Quelle: GVM Luzern

Im GVM LU sind solche Gewichte hinterlegt und können entsprechend verwendet werden. Die Umsteigewartezeit wurde aufgrund der nicht koordinierten Abstimmung zwischen Bus- und Bahnfahrplan nicht gewichtet. Wichtig war insbesondere, dass das allfällige Wegfallen von Umsteigevorgängen dank den neuen Durchmesserlinien, die mit dem DBK möglich werden, auch entsprechend berücksichtigt werden.

d) Gewichtungsparmeter β

Der Gewichtungsparmeter β ist spezifisch für jeden Verkehrsmodus und variiert zeitlich. Für das Jahr 2010 schätzen Axhausen et al. den Gewichtungsparmeter im ÖV auf -0.0344. Dieser Wert kann auch für die Schätzung der Veränderung der ÖV-Erreichbarkeit in der Agglomeration Luzern verwendet werden.

e) Fazit

Mit dem GVM Luzern wurde eine verkehrsmodellbasierte Analyse der Erreichbarkeitsveränderungen im oben beschriebenen Sinn durchgeführt. Als Grundlage wurde ein ÖV-Angebotskonzept für den Referenzfall und für den Fall mit Durchgangsbahnhof definiert und im GVM Luzern implementiert.⁷

Aus den Strukturdaten des Verkehrsmodells werden die «Möglichkeiten» pro Verkehrsmodellzone ermittelt. Diese sind mit den Einwohnern auf der Quellseite gewichtet. Als Ziel sind die Arbeitsplätze berücksichtigt.

Es wurde auch eine Variante berechnet, wo als Ziele die Einwohnerdaten hinterlegt sind und auf der Quellseite mit den Arbeitskräften gewichtet wurde. Dies ist die Sicht der Unternehmen, welche durch eine bessere Erreichbarkeit das Einzugsgebiet des Arbeitsangebots verbessert. Eine Vergrößerung des Arbeitsmarkts ist auch für die Unternehmerseite von Vorteil.

Die generalisierten Kosten C_{ij} sind ebenfalls aus dem Verkehrsmodell ableitbar sein. Diese entsprechen der gewichteten Reisezeit (wobei beispielsweise die Zeit für einen Umsteigevorgang höher bewertet wird als die reine Fahrzeit).

Der Gewichtungparameter Beta kann aus bestehenden Schätzungen abgeleitet werden. Eine Exponentialfunktion ist deshalb wichtig, weil die Auswirkungen einer Erreichbarkeitsveränderung exponentiell (und nicht linear) geringer werden, je weiter entfernt Ziel und Quelle sind.

⁷ Grundlage für das Angebotskonzept bildete dabei die Nutzenstudie Tiefbahnhof Luzern von Rapp Trans aus dem Jahr 2015.

Anhang B: Grundlagedaten im Detail (unkommentiert)

Abbildung B-1: Standardisierter monatlicher Bruttolohn (Mittelwert in CHF) nach Geschlecht, beruflicher Stellung und Branche 2016, Kanton Luzern

Kanton Luzern
Wirtschaftsabschnitte

		Total	Frauen	Männer	Nach beruflicher Stellung								
					Oberstes, oberes und mittleres Kader			Unteres und unterstes Kader			Ohne Kaderfunktion		
					Total	Frauen	Männer	Total	Frauen	Männer	Total	Frauen	Männer
Total		6'900	6'100	7'400	10'200	8'500	10'700	7'500	6'600	7'900	6'200	5'800	6'500
Sektor 2		6'700	5'700	6'900	9'900	8'000	10'200	7'600	6'600	7'700	6'000	5'300	6'100
Herstellung von Waren	C	6'700	5'600	7'000	10'100	8'300	10'400	7'400	6'500	7'700	5'900	5'100	6'100
Energieversorgung	D	8'900	7'400	9'300	14'900	...	...	10'600	...	10'800	7'500	6'500	7'900
Wasser, Entsorgung	E	6'500	6'100	6'600	...	...	...	...	...	...	5'800	...	5'800
Baugewerbe	F	6'800	6'100	6'800	9'300	...	9'600	7'700	...	7'700	6'100	5'900	6'100
Sektor 3		7'000	6'200	7'800	10'300	8'600	11'000	7'500	6'600	8'100	6'300	5'900	6'800
Handel; Motorfahrzeuge	G	6'000	5'200	6'600	8'800	8'000	9'000	6'800	6'100	7'200	5'400	4'800	5'900
Verkehr, Lagerei	H	6'900	6'100	7'000	9'600	...	10'000	8'700	...	8'800	6'400	5'700	6'500
Gastgewerbe	I	4'600	4'400	4'900	6'500	5'800	7'100	4'800	4'600	5'100	4'200	4'100	4'200
Information, Kommunikation	J	9'100	7'100	9'700	12'400	...	12'600	9'300	7'300	10'000	8'000	6'700	8'400
Finanz-, Versicherungs-DL	K	8'500	6'900	10'100	13'600	11'200	14'300	10'000	8'700	10'500	7'400	6'500	8'700
Grundstücks-, Wohnungswesen	L	7'700	6'200	8'800	11'900	...	11'600	...	...	...	6'000	5'500	6'500
Freiberufl., wissenschaftl., techn. DL	M	8'300	7'000	9'300	12'000	9'400	12'800	8'600	7'900	9'000	6'300	6'100	6'600
Sonstige wirtschaftliche DL	N	6'000	5'500	6'200	9'200	...	9'600	6'200	...	6'900	5'600	5'300	5'700
Öffentl. Verwaltung, Sozialvers.	O	8'000	7'200	8'500	11'300	10'300	11'900	8'600	7'900	8'900	6'800	6'500	7'100
Erziehung, Unterricht	P	8'800	8'200	9'700	10'400	9'400	10'900	8'600	8'000	9'200	8'700	8'200	9'500
Gesundheits-, Sozialwesen	Q	6'800	6'400	8'200	9'300	8'600	10'400	6'900	6'800	7'100	6'600	6'100	8'100
Kunst, Unterhaltung, Erholung	R	6'700	5'700	7'700	9'600	...	...	6'500	...	...	5'500	5'300	5'900
Sonstige DL	S	6'300	5'600	7'700	9'200	7'900	9'800	6'200	5'500	7'500	5'600	5'300	6'200

LUSTAT Statistik Luzern
Datenquelle: Bundesamt für Statistik - Lohnstrukturerhebung

Hochrechnungen auf Basis einer Stichprobe, gerundete Werte
Ergebnisse, die auf weniger als 60 Arbeitnehmenden- oder 5 Unternehmensangaben beruhen, werden nicht ausgewiesen.

w034_005t_kt0003_kt_d_2016_179 / Aktualisiert: 16.1.2019

Abbildung B-2: Standardisierter monatlicher Bruttolohn (Mean in Franken) nach Geschlecht, beruflicher Stellung und Branche 2016, Region Luzern

Region Luzern
Wirtschaftsabschnitte

		Total	Frauen	Männer	Nach beruflicher Stellung								
					Oberstes, oberes und mittleres Kader			Unteres und unterstes Kader			Ohne Kaderfunktion		
					Total	Frauen	Männer	Total	Frauen	Männer	Total	Frauen	Männer
Total		7'100	6'200	7'700	10'800	8'700	11'600	7'800	6'900	8'300	6'300	5'800	6'600
Sektor 2		7'000	6'000	7'200	10'400	7'700	10'800	7'900	7'200	7'900	6'100	5'600	6'200
Herstellung von Waren	C	7'000	5'800	7'300	10'700	7'900	11'200	7'700	7'100	7'900	6'100	5'300	6'300
Energieversorgung	D	8'900	7'400	9'300	...	...	...	10'700	...	10'800	7'500	6'500	7'900
Wasser, Entsorgung	E	7'000	6'500	7'200	...	...	...	...	...	...	6'200	...	6'200
Baugewerbe	F	6'900	6'300	6'900	9'800	...	10'100	7'800	...	7'800	6'100	6'100	6'100
Sektor 3		7'100	6'200	7'900	10'900	8'900	11'900	7'800	6'900	8'400	6'300	5'800	6'800
Handel; Motorfahrzeuge	G	6'200	5'400	6'900	9'400	8'000	10'000	7'000	6'300	7'600	5'500	5'000	6'100
Verkehr, Lagerei	H	6'600	6'000	6'700	9'500	...	9'700	8'200	...	8'300	6'200	5'800	6'200
Gastgewerbe	I	4'600	4'400	4'900	6'900	6'000	7'500	4'800	4'600	5'200	4'200	4'100	4'300
Information, Kommunikation	J	8'700	6'800	9'200	12'000	...	12'300	9'300	...	9'800	7'900	6'500	8'300
Finanz-, Versicherungs-DL	K	9'000	7'100	10'600	14'200	11'300	14'900	10'100	9'000	10'500	7'500	6'500	8'800
Grundstücks-, Wohnungswesen	L	7'000	5'900	8'000	11'100	...	...	...	...	...	5'700	5'300	6'300
Freiberufl., wissenschaftl., techn. DL	M	8'600	7'000	9'900	12'700	9'600	13'700	8'900	7'900	9'600	6'200	6'000	6'500
Sonstige wirtschaftliche DL	N	5'900	5'300	6'200	10'100	...	10'300	6'700	...	6'900	5'600	5'100	5'800
Öffentl. Verwaltung, Sozialvers.	O	8'500	7'500	9'200	12'700	11'800	13'000	8'800	8'000	9'100	7'200	6'800	7'600
Erziehung, Unterricht	P	8'700	8'200	9'600	9'900	8'800	10'700	8'700	7'900	9'500	8'600	8'200	9'400
Gesundheits-, Sozialwesen	Q	6'800	6'300	8'300	9'500	8'800	10'700	7'100	7'200	7'000	6'500	6'000	8'300
Kunst, Unterhaltung, Erholung	R	6'900	5'900	7'900	10'200	...	...	...	...	...	5'700	5'400	6'000
Sonstige DL	S	6'400	5'700	7'600	9'000	...	9'800	6'900	6'000	8'000	5'700	5'400	6'400

LUSTAT Statistik Luzern
Datenquelle: Bundesamt für Statistik - Lohnstrukturerhebung

Hochrechnungen auf Basis einer Stichprobe, gerundete Werte
Ergebnisse, die auf weniger als 60 Arbeitnehmenden- oder 5 Unternehmensangaben beruhen, werden nicht ausgewiesen.

w034_005t_kt0003_kt_d_2016_179 / Aktualisiert: 16.1.2019

Eine Auswertung der Agglomeration nach Agglomerationsperimeter ist leider nicht möglich. Die tiefstmögliche Gliederung ist die Einteilung nach den MS Regionen des BFS. In Luzern sind dies die ehemaligen Ämtern (Luzern, Willisau, Entlebuch, Sursee-Seetal). Obige Tabelle entspricht der Auswertung der Region Luzern mit den Gemeinden Adligenswil, Buchrain, Dierikon, Ebikon, Gisikon, Greppen, Honau, Horw, Kriens, Luzern, Malters, Meggen, Meierskappel, Root, Schwarzenberg, Udligenswil, Vitznau und Weggis.

Abbildung B-3: Herleitung der Summe der VZÄ für den Kanton Luzern im Jahr 2016 (Quelle: Bundesamt für Statistik, STATENT-Daten)

NOGA.Section	Summe von Beschäftigte		Summe von VZÄ		Gesamt: Summe von Beschäftigte	Gesamt: Summe von VZÄ
	männlich	weiblich	männlich	weiblich		
A	8'777	5'098	6'259	2'516	13'875	8'775
B	163	34	155	22	197	177
C	24'419	9'510	23'138	7'076	33'929	30'214
D	554	140	512	114	694	626
E	735	126	611	77	861	688
F	17'698	2'515	16'758	1'423	20'213	18'181
G	14'939	16'465	13'689	11'348	31'404	25'037
H	8'308	2'770	7'151	1'760	11'078	8'911
I	4'605	7'044	3'645	4'399	11'649	8'044
J	4'210	1'541	3'788	1'015	5'751	4'803
K	5'175	4'420	4'556	3'333	9'595	7'889
L	1'843	1'752	1'036	778	3'595	1'813
M	10'881	7'985	9'450	5'354	18'866	14'804
N	7'972	5'343	6'390	2'825	13'315	9'215
O	3'727	3'832	3'097	2'376	7'559	5'473
P	6'996	11'616	4'305	6'123	18'612	10'428
Q	7'393	26'353	5'634	17'970	33'746	23'604
R	2'347	2'341	1'432	1'023	4'688	2'456
S	3'068	5'572	1'965	3'255	8'640	5'220
Gesamtergebnis	133'810	114'457	113'572	72'787	248'267	186'359

Abbildung B-4: Herleitung der Summe der VZÄ für die Region Luzern im Jahr 2016 (Quelle: Bundesamt für Statistik, STATENT-Daten)

NOGA.Section	Summe von Beschäftigte		Summe von VZÄ		Gesamt: Summe von Beschäftigte	Gesamt: Summe von VZÄ
	männlich	weiblich	männlich	weiblich		
A	1'475	755	1'093	379	2'230	1'472
B	54	11	52	7	65	59
C	10'732	4'000	10'181	2'996	14'732	13'176
D	473	132	450	112	605	562
E	326	75	293	49	401	342
F	9'461	1'233	9'031	763	10'694	9'794
G	8'943	10'656	8'184	7'499	19'599	15'683
H	4'431	1'629	3'614	936	6'060	4'550
I	3'401	4'246	2'652	2'762	7'647	5'414
J	3'039	1'181	2'712	782	4'220	3'494
K	4'319	3'766	3'828	2'898	8'085	6'725
L	1'249	1'310	737	622	2'559	1'359
M	7'684	5'473	6'661	3'677	13'157	10'337
N	5'701	3'789	4'500	1'934	9'490	6'435
O	2'970	2'940	2'515	1'814	5'910	4'329
P	4'833	7'392	2'926	3'875	12'225	6'802
Q	5'138	16'983	3'971	11'880	22'121	15'851
R	1'783	1'774	1'100	793	3'557	1'893
S	2'121	3'389	1'360	2'031	5'510	3'391
Gesamtergebnis	78'133	70'734	65'859	45'809	148'867	111'668