Anhang 3

A3.1 Geometrische Ausbaugrössen Stadttunnel lang
A3.2 Variantenübersicht (Differenzenplots)

Faktenblatt: Geometrische Ausbaugrössen Stadttunnel lang

1 Projektierungsgeschwindigkeit

Die Projektierungsgeschwindigkeit ist auf v_p = 60 km/h festgelegt (signalisierte Geschwindigkeit). Die Ausbaugeschwindigkeit sollte ebenfalls v_p = 60 km/h betragen.

2 Ausnahmetransporte

Sowohl bei der zu entlastenden Neuen Jona-, St. Galler- als auch bei der Zürcherstrasse handelt es sich um eine Ausnahmetransportroute des Typs 3. Die Bestimmungen für Ausnahmetransportrouten sind demnach einzuhalten, entweder im Stadttunnel lang oder bei der später rückgebauten St. Galler- und Zürcherstrasse.

3 Trassierung

In den Tunnels gelten für die horizontale und die vertikale Linienführung die Trassierungsparameter gemäss SIA 197/2 sowie SN 640 090b, 640 100a, 640 110 und 640 120. Nachfolgend die wesentlichen Kennwerte für die angenommene Projektierungsgeschwindigkeit v_p = 60 km/h:

- Kurvenradius: min. 120 m
- Klothoidenparameter A: min. 70
- Quergefälle: min. 2.5 %, max. 5 %,
- Quergefällsänderung: max. 0.5 %
- Längsneigung: min. 0.5 %, max. 5 %
- Wannenradius: min. 1‘600 m
- Kuppenradius: min. 3‘000 m
- Geradenlänge: min. 50 m
- Geradenlänge: max. 3‘000 m (nach SN 640 100a: 800 m)
- Geradenlänge: max. 3‘000 m

Neben den Trassierungsparametern sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Als Übergang von Gerade auf Kurve sind Übergangsbögen in Form von Klothoiden vorzusehen.
- Bei längeren Tunnel sollen die Portale nicht in der Geraden liegen (Blendwirkung durch direkte Sonneneinstrahlung).
- Tiefpunkte innerhalb der Tunneläste sind wenn möglich zu vermeiden (Entwässerung).
- Tunnel resp. Tunnelabschnitte mit einer Länge unter 200 m sollen aus Sichtgründen in einer Geraden liegen.
- Basis für den unterirdischen Kreisel sind die Normen- und Regelwerke für oberirdische Kreisel.

4 Sicherheit

Für die Sicherheitsaspekte sind grundsätzlich die geforderten Massnahmen gemäss SIA 197 und 197/2 anzuwenden.

Tunnel mit unterirdischem Kreisel und mehreren Tunnelästen entsprechen nicht einem Standardtunnel, deshalb ist die Erreichung des äquivalenten Sicherheitsniveaus nachzuweisen. Beim Stadttunnel Zug erfolgte der Nachweis mit einer qualitativen Risikoanalyse sowie einer vertieften Risikobetrachtung zur Rauchausbreitung[1]. Als Ergänzung wurde ein Road Safety Audit durchgeführt[2].

In zweistreifigen Tunnel gilt durchwegs ein Überholverbot. In Gegenverkehrstunnel sind keine Pannenstreifen anzuordnen, dafür in regelmässigen Abständen Ausstellbuchten.

[1] Bericht Qualitative Risikoanalyse der unterirdischen Kreiselanlage, Ernst Basler + Partner AG, 20.07.2011
und Bericht zur vertieften Risikobetrachtung grosses Brandereignis, Ernst Basler + Partner AG, 12.09.2011

[2] Road Safety Audit, Ernst Basler + Partner AG / bfu, 20.12.2012

Ein Rückstau in den Tunnel ist gemäss SIA 197/2 wenn möglich zu vermeiden. Bei Portalen mit unmittelbar vorliegenden Knoten ist potenziell mit Rückstau in den Tunnel zu rechnen. Die mögliche Gefährdungssituation muss früh absehbar sein und den Anhaltesichtweiten ist gesondert Rechnung zu tragen. Im Annäherungsbereich an Knoten muss die Anhaltesichtweite gemäss dem Bericht A-Niveau-Knoten im Bereich von Tunneln[3] auf die Geschwindigkeit $v_p' = v_p + 10$ km/h ausgelegt werden. Entsprechend sollten im Annäherungsbereich ausreichende Anhaltesichtweiten für eine Geschwindigkeit von 70 km/h vorhanden sein.

5 Spurabbau

Ein Spurabbau in Tunnel ist gemäss SIA 197/2 nicht zulässig.

Unter bestimmten Randbedingungen ist eine Ausnahme von dieser Regel denkbar:

- Im Vorprojekt Stadttunnel Zug wurde - basierend auf einer Sicherheitsanalyse[4] - ein Spurabbau im Tunnel als zulässig erachtet. Dazu musste die normative Verflechtungsstrecke gewährleistet sein sowie ein Durchrutschweg mit der Länge des normativen Bremsweges sichergestellt werden.
- Im Bauprojekt Zürcher Oberlandautobahn wurde im richtungsgetrennten Tunnel Aathal ebenfalls ein Spurbaubau vorgesehen: Der Abbau erfolgte auf dem durchgehenden Standstreifen.
- Im Uetlibergtunnel sowie im Aeschertunnel (beide Westumfahrung Zürich) wurde ein Spurabbau im Tunnel realisiert. Auch hier wird – wie beim Projekt Zürcher Oberlandautobahn vorgesehen – der Standstreifen über die ganze Tunnellänge weiterzogen.

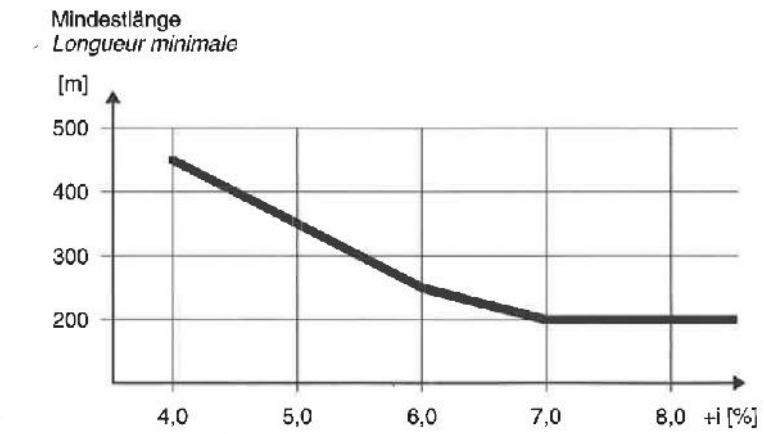
6 Spuraddition

Eine Spuraddition ist generell zulässig. Der korrekten geometrischen Ausbildung ist dabei hohe Beachtung zu schenken.

7 Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen

3-spurige Abschnitte dienen dem Bedürfnis der schnelleren Verkehrsteilnehmer, die langsameren zu überholen. Der bfu-Report Nr. 61[5] empfiehlt deshalb, nach längeren Abschnitten mit einstreifiger Verkehrsführung (> 3 km) eine Überholmöglichkeit mit dem Bau eines zweistreifigen Abschnitts anzubieten.

Gemäss SN 640 138b beginnen oder enden Zusatzstreifen in der Regel dort, wo langsame Lastwagen eine vorab definierte Geschwindigkeit unterschreiten oder wieder erreichen (SN 640 138b). Damit sind Zusatzstreifen insbesondere in Steigungen und Gefällen anzuordnen. Die Minimallänge für die sogenannten Zusatzstreifen variiert bei Strassen ohne bauliche Richtungstrennung in Abhängigkeit der Längsneigung. Bei 5 % beträgt die Minimallänge des Zusatzstreifens rund 350 m. Einschliesslich der notwendigen Ausscher- und Einfädelungsbereiche sowie Verziehungsstrecken zu Beginn und Ende ergibt sich eine Gesamt-Minimallänge von rund 550 - 600 m.



der Vereinigung Schweizeri-

8.02.2012

˘ bfu-Report Nr. 61: Sicherheit auf Ausserortsstrassen, Bern 2009

Abbildung 1: Mindestlängen Zusatzstreifen

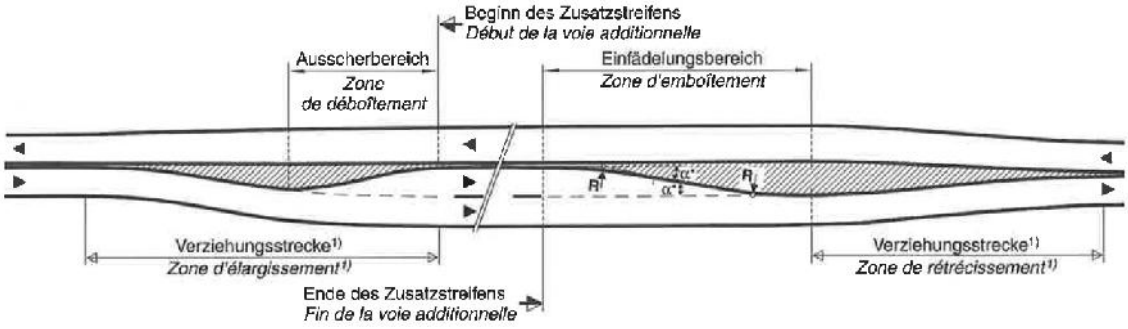


Abbildung 2: Übergangsbereiche bei Zusatzstreifen in Steigungen

Aus Sicht EBP sollte die Anordnung einer Kriechspur zwischen dem unterirdischen Kreisel Grüenfels und dem Portal Meienberg aus folgenden Gründen nochmals überdacht werden:

- Massgeblich für die Länge des Überholvorgangs ist der angenommene Tempounterschied. Die Projektierungsgeschwindigkeit beträgt „lediglich" 60 km/h. Da auch Anhängerzüge und Sattelschlepper aufgrund der relativ kleinen Steigungen diese Geschwindigkeit problemlos erreichen und einhalten können, besteht kein Überholdruck. Somit ist aus rein fahrdynamischen Kriterien – ungeachtet der verkehrstechnischen Anforderungen – die Anordnung eines Zusatzsteifens (Kriechspur) nicht gerechtfertigt.
- Mit den Einfädelungsbereichen werden zusätzliche gefährliche Stellen im Tunnel geschaffen, die die Sicherheit auf der Strecke reduzieren.
- Wegen des bedeutend grösseren Tunnelquerschnitts führt ein Zusatzstreifen zu einer erheblichen Kostensteigerung. Einem relativ geringen Nutzen stehen relativ hohe Kosten gegenüber.

Unter der Voraussetzung, dass am maximalen Längsgefälle von 5% eingehalten werden kann, kann auf eine Kriechspur verzichtet werden.

8 Lichtraumprofil Tunnel

Nach SN 640 200a und SN 640 201 sowie Artikel 182 aus der Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) setzt sich der verkehrstechnische Nutzraum[6] für den massgebenden Begegnungsfall LW / LW und der vorgegebenen Projektierungsgeschwindigkeit von v_P = 60 km/h wie folgt zusammen (siehe auch Tabelle 1):

	horizontal	vertikal
Grundabmessungen (Lastwagen mit Kühlaggregat):	2 x 2.60 m*	4.00 m
Bewegungsspielraum (Lastwagen):	4 x 0.20 m	0.20 m
Sicherheitszuschlag (Lastwagen):	4 x 0.30 m	0.20 m
Gegenverkehrszuschlag:	0.30 m	
Sicherheitszuschlag über LRP		0.30 m
Raum für Betriebs- und Sicherheitsausrüstung		0.30 m
Reserve für spätere Anpassungen		0.20 m
Summe	7.50 m	5.20 m

[6] Nach ASTRA Richtlinie 11001 beträgt die Fahrbahnbreite für 2-streifige Tunnel 7.75 m zwischen den Randabschlüssen, unabhängig von der vorgegebenen Projektierungsgeschwindigkeit.

* Im Sinne einer Reserve und der Tatsache, dass die Fahrzeuge durchschnittlich immer breiter werden, wird die Grundabmessung auf die heute gesetzlich zulässige maximale Breite von 2.60 m gesetzt.

Zur lichten Höhe müssen zusätzlich 10 cm für spätere Anpassungen dazugerechnet und die Bautoleranzen berücksichtigt werden. Um die einschlägigen Normen einzuhalten wird zusätzlich 10 cm Reserve berücksichtigt, die massgebende Höhe beträgt damit 5.20 m.

Das Lichtraumprofil im Tunnel ist nach SIA 197/2 definiert. Beidseitig und über dem verkehrstechnischen Nutzraum kommt ein Sicherheitsabstand von 30 cm hinzu. Weiter ist beidseitig über dem Bankett und als Band über der Fahrbahn der Raumbedarf für die Signalisation und die Betriebsausrüstung anzufügen, womit dann die Umhüllende das Lichtraumprofil für die Tunnel darstellt.

Im Tunnel werden in der Regel zwei Fahrstreifen im Gegenverkehr geführt. Als Gegenverkehrszuschlag werden gemäss SN 640 201 30 cm berücksichtigt. Damit ergibt sich im Regelfall eine Gesamtbreite von Bankett zu Bankett von 7.50 m im zweispurigen Bereich.

Die Spuraufweitungen in den Kurven infolge Schleppkurve sind auch im Tunnel normgemäss umzusetzen.

Für die Sicherheit und Nutzung des Tunnels sind beidseitig Bankette mit einer Mindestbreite von 1 m vorzusehen. Sie werden wo notwendig in Abhängigkeit des Radius auf der Kurveninnenseite verbreitert, um überall die normgemässe Anhaltesichtweite mit v_p einzuhalten.

2-Spur-Tunnel in Gerade, Fahrbahn				
Element	**Abmessungen in m**			
	horizontal	**Quelle**	**vertikal**	**Quelle**
Grundabmessungen (Lastwagen)	2 x 2.60	VTS, Art. 182, klimat. Anhänger	4.00	SN 640201, Tab. 1
Bewegungsspielraum (Lastwagen)	4 x 0.20	SN 640201, Tab. 5	0.20	SN 640201, Tab. 5
Sicherheitszuschlag (Lastwagen)	4 x 0.30	SN 640201, Tab. 5	0.20	SN 640201, Tab. 5
Gegenverkehrszuschlag (Lastwagen)	0.30	SN 640201, Tab. 6	-	-
Sicherheitszuschlag über LRP			0.30	SN 197 / 2
Raum für Betriebs- und Sicherheitsausrüstung			0.30	SN 197 / 2
Kurvenverbreiterung infolge Radius	-	-		
Kurvenverbreiterung infolge Anhaltesicht	-	-		
Reserve für spätere Anpassungen (z.B. Belag)	-	-	0.10	SN 197 / 2
Total	**7.50**		**5.10**	

3-Spur-Tunnel in Gerade, Fahrbahn (Zusatzstreifen)				
Element	**Abmessungen in m**			
	horizontal	**Quelle**	**vertikal**	**Quelle**
Grundabmessungen (Lastwagen)	3 x 2.60	VTS, Art. 182, klimat. Anhänger	4.00	SN 640201, Tab. 1
Bewegungsspielraum (Lastwagen)	6 x 0.20	SN 640201, Tab. 5	0.20	SN 640201, Tab. 5
Sicherheitszuschlag (Lastwagen)	6 x 0.30	SN 640201, Tab. 5	0.20	SN 640201, Tab. 5
Gegenverkehrszuschlag (Lastwagen)	0.30	SN 640201, Tab. 6	-	-
Sicherheitszuschlag über LRP			0.30	SN 197 / 2
Raum für Betriebs- und Sicherheitsausrüstung			0.30	SN 197 / 2
Kurvenverbreiterung infolge Radius	-	-	-	-
Kurvenverbreiterung infolge Radius	-	-		
Kurvenverbreiterung infolge Anhaltesicht	-	-		
Reserve für spätere Anpassungen (z.B. Belag)	-	-	0.10	-
Total	**11.10**		**5.10**	

Tabelle 3: Tabelle Verkehrstechnischer Nutzraum

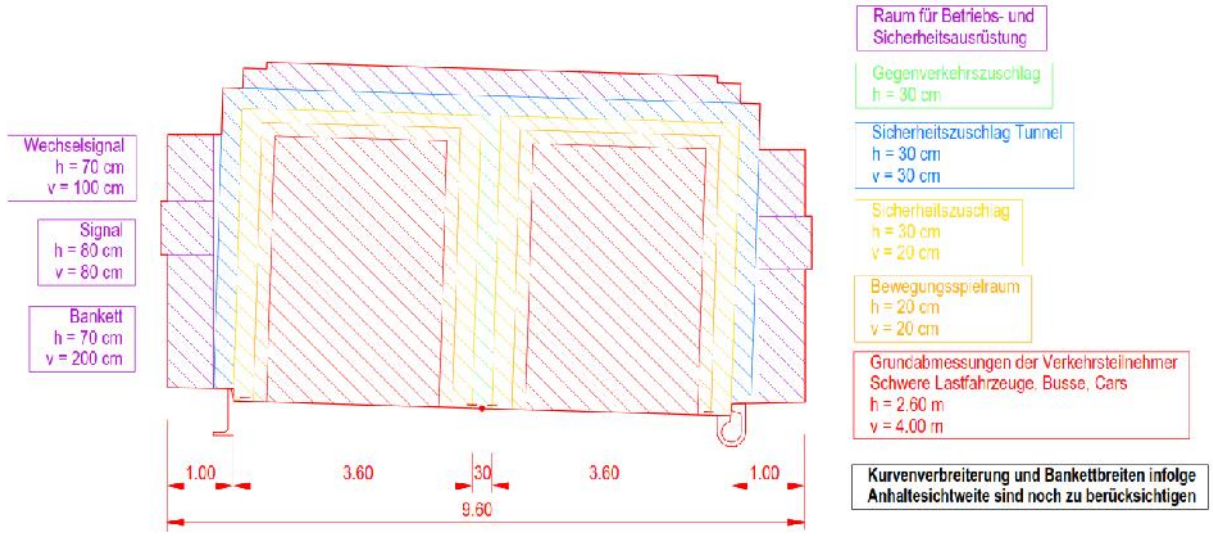


Abbildung 3: Graphik Verkehrstechnischer Nutzraum, zweistreifig

9 Normalprofile

Die Normalprofile für Zwei- bzw. Dreispur-Abschnitte leiten sich vom Lichtraumprofil, von der Lüftung (Strahlventilatoren oder Abluftkanal mit Zwischendecke), dem begehbaren Werkleitungskanal sowie bautechnischen Aspekten ab. Sie beinhalten den notwendigen Raum für die Betriebs- und Sicherheitsausrüstung, Entwässerung und die Löschwasserversorgung.

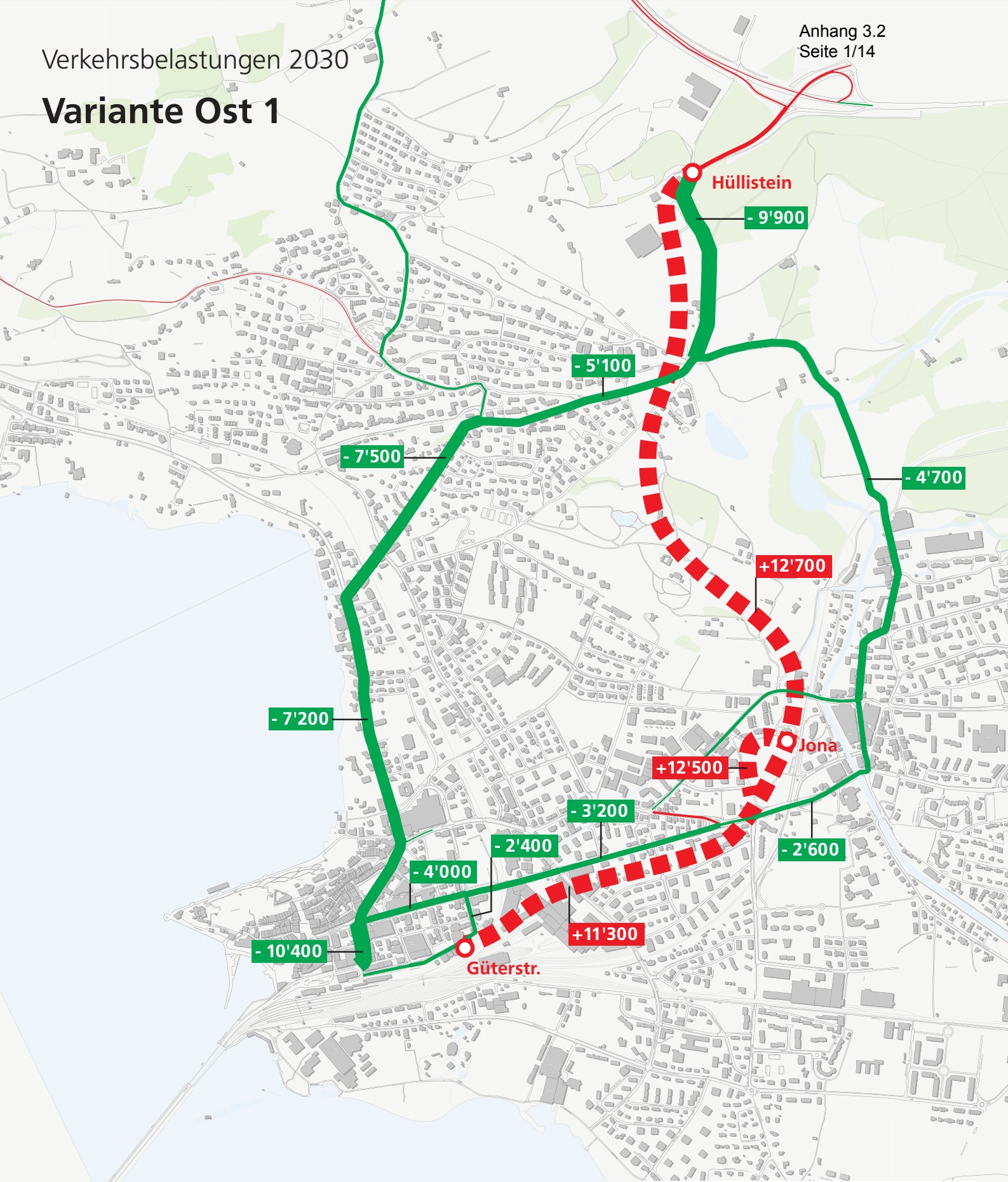
In den Tagbaubereichen sind die Normalprofile zudem bestimmt durch die in grösstmöglichen Abschnitten angestrebte Deckelbauweise. Sie sind neben den üblichen Lastannahmen auf die vorherrschende Überdeckung sowie die Zonen-konforme Oberflächennutzung auszulegen.

Alle Normalprofile berücksichtigen zwischen Lichtraumprofil und Tunnelinnenlaibung einen bautechnischen Nutzraum von 10 cm.

Der Lüftungsquerschnitt über der Zwischendecke ergibt sich aus der Lüftungsberechnung.

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Ost 1



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

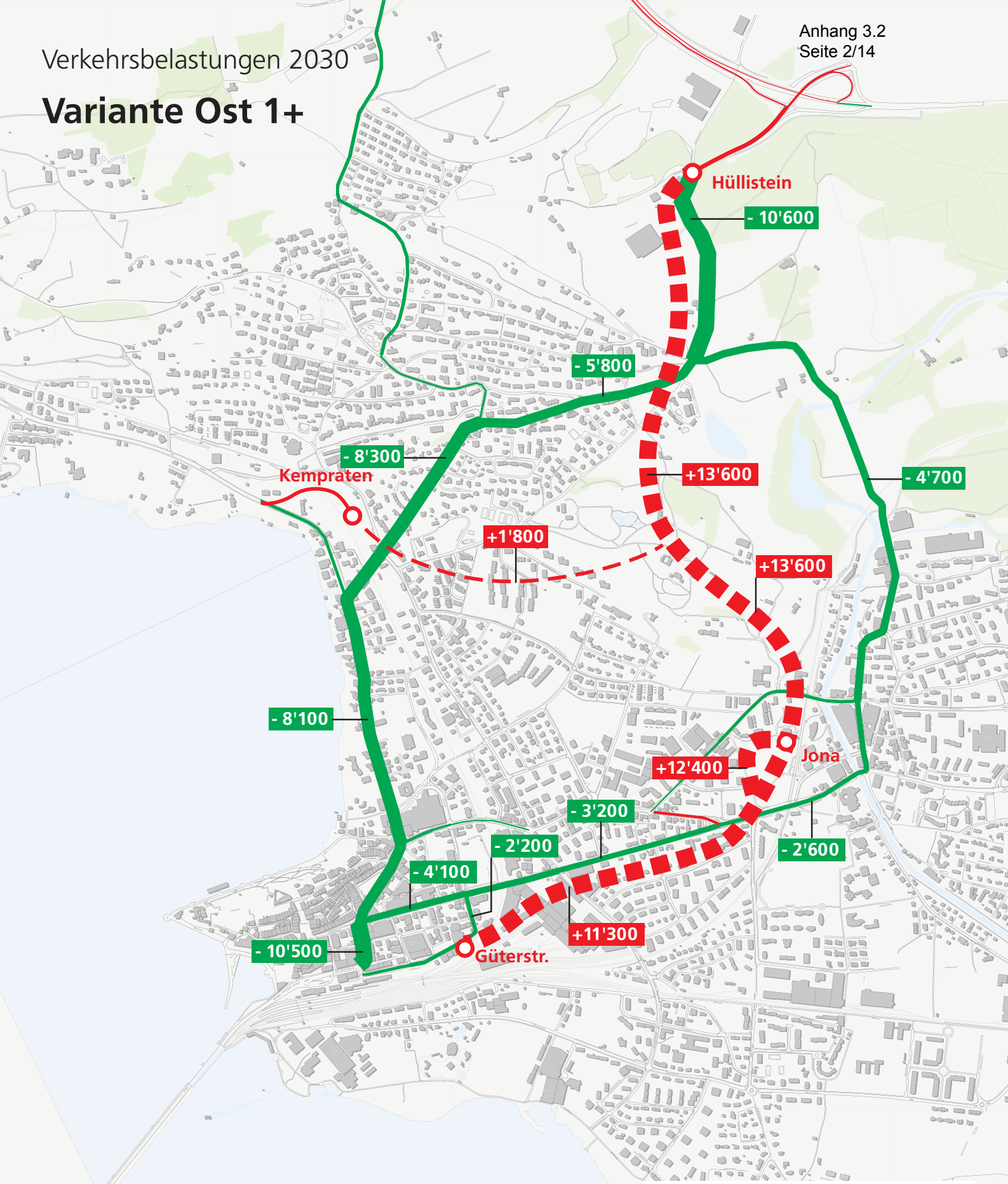
7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler** + **Partner**
September 2016

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Ost 1+



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

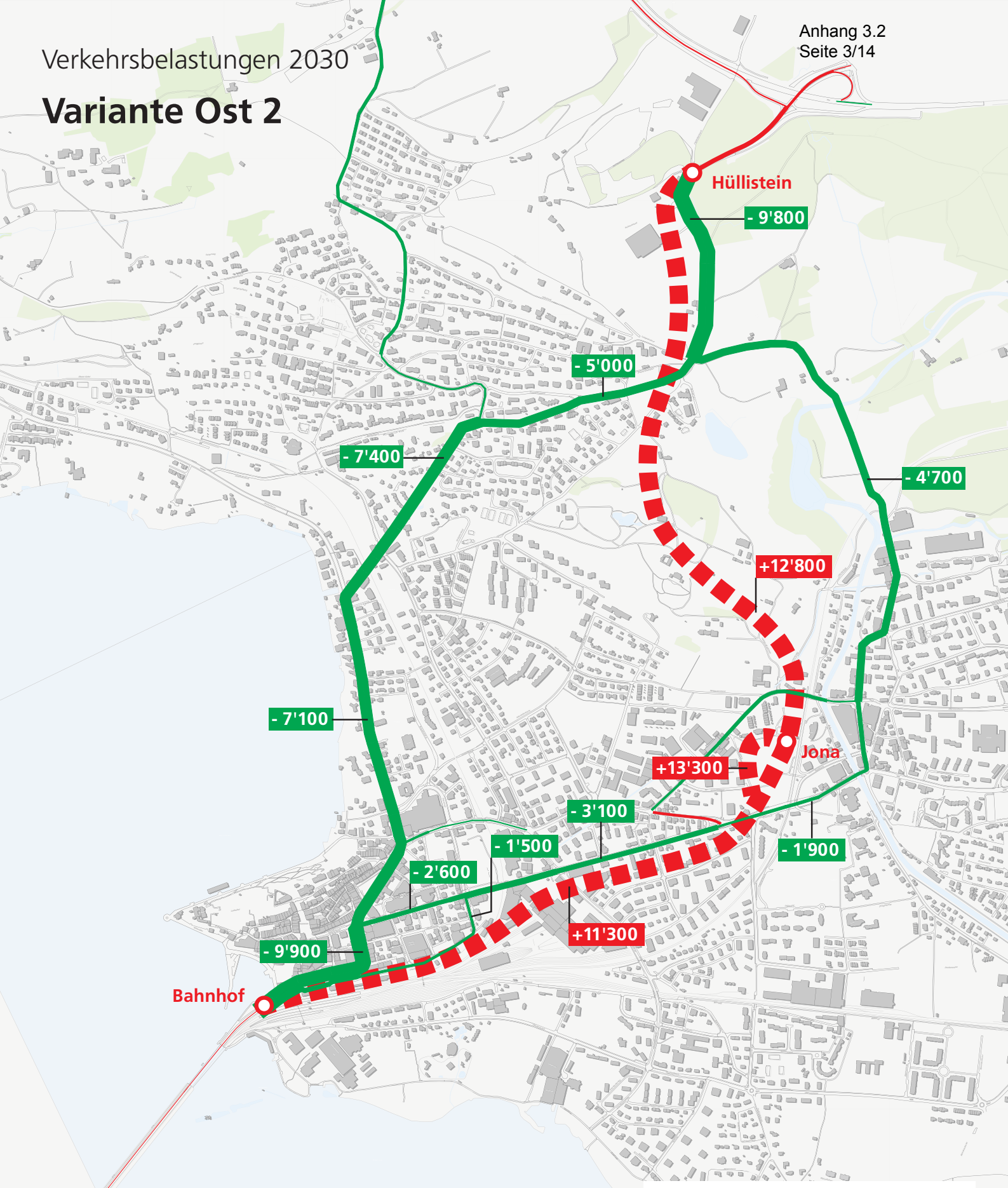
7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler** + **Partner**
September 2016

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Ost 2



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

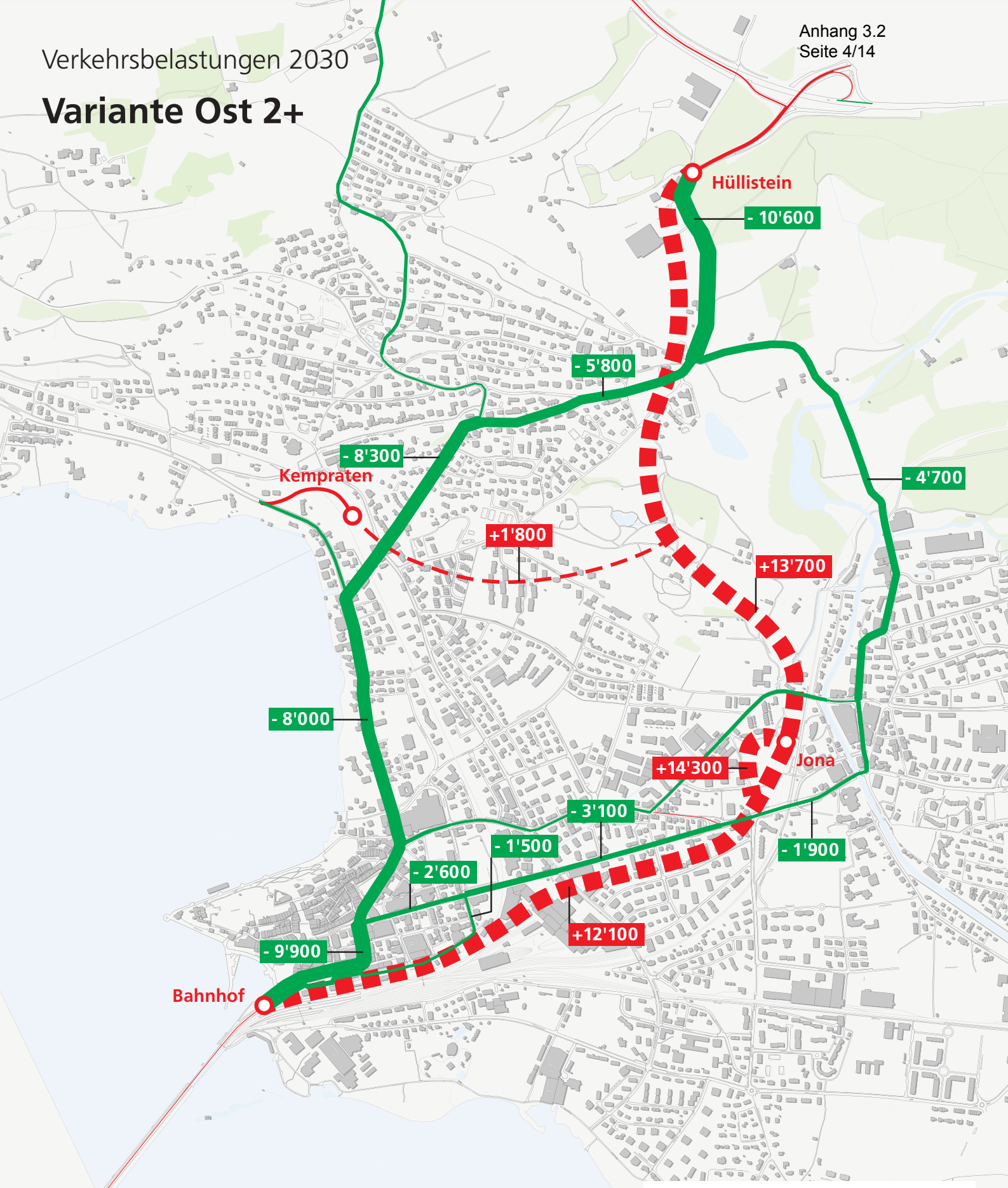
7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler** + **Partner**
September 2016

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Ost 2+



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

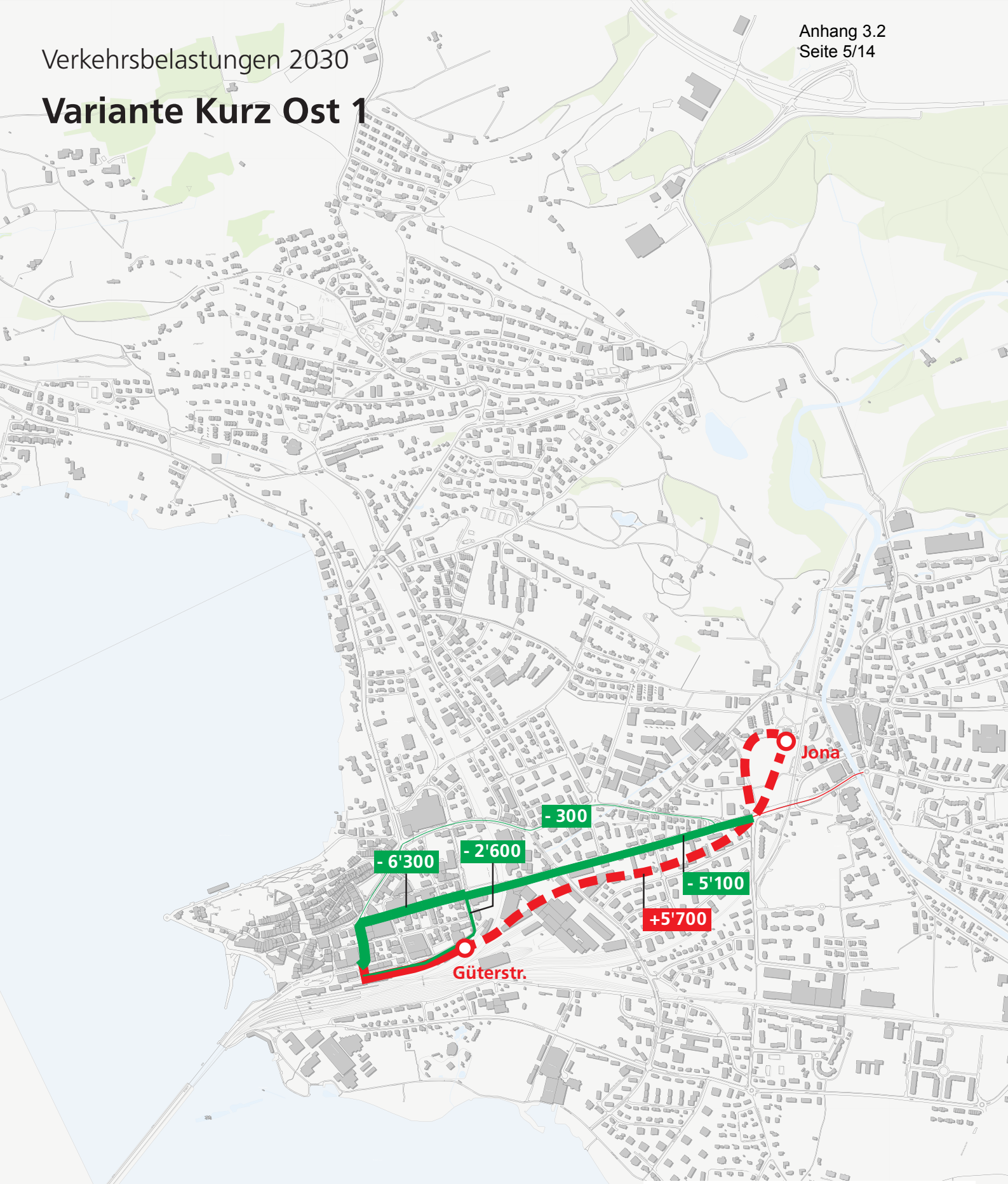
7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler** + **Partner**
September 2016

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Kurz Ost 1



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

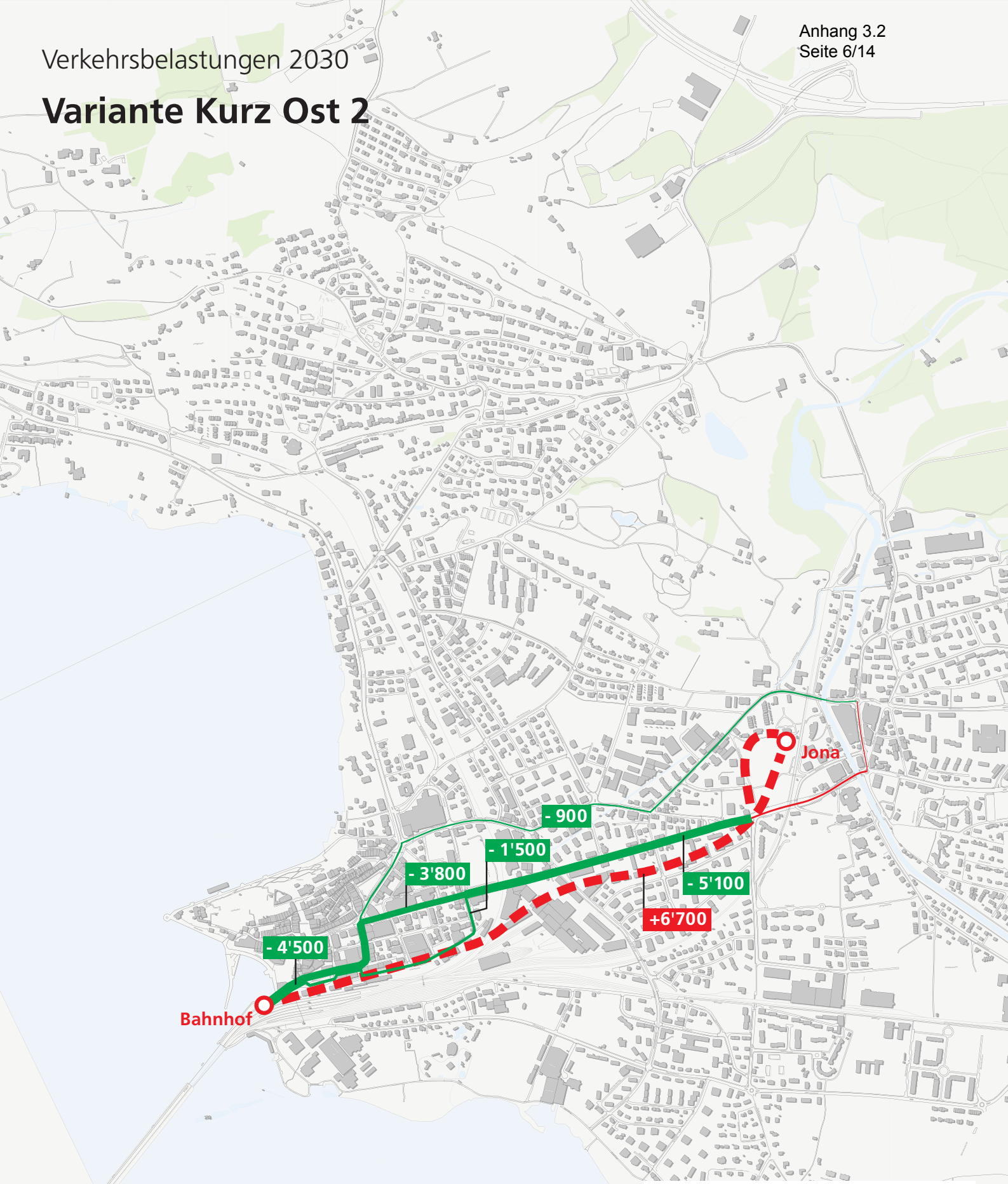
7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler**+**Partner**
September 2016

Verkehrsbelastungen 2030

Variante Kurz Ost 2



Duchschnittlicher täglicher Verkehr
Belastung in Fz.

Verkehrszunahme
Verkehrsabnahme

7'500 15'000 30'000

500m

Ernst **Basler**+**Partner**
September 2016