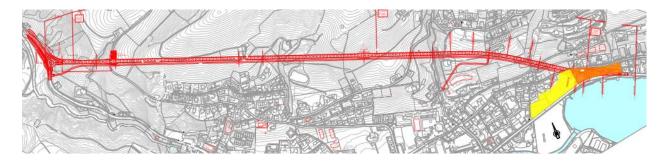


Umfahrung Unterägeri Projektstudie und Generelles Projekt



Impressum

EBP Schweiz AG
Mark Sieber, Dipl. Kulturing. ETH/SIA (PL)
Remo Baumberger, MSc ETH Bau-Ing.
Jonas Hess, MSc ETH REIS
Jürg Portner, dipl. Bauing. ETH
Marco Zumstein, MSc ETH Bau-Ing.

Baudirektion, Amt für Raum und Verkehr
Stefan Bürgler, Projektleiter
René Hutter, Kantonsplaner
Baudirektion, Tiefbauamt
Marc Amgwerd, Kantonsingenieur
Philipp Klingenbeck
Stefan Vollmann
Gemeinde Unterägeri
Fridolin Bossard, Gemeindepräsident
Marc Lutzmann, Abteilungsleiter Bau und Bereichsleiter Tiefbau

Inhalt

1.	I. Zusammenfassung	
2.	Ausgangslage und Auftrag	8
2.1.	Ausgangslage	8
2.2.	Auftrag	8
2.3.	Beschreibung der Varianten	9
3.	Grundlagen	10
3.1.	Allgemein	10
3.2.	Geologie	10
3.2.1.	Grundlagen, Untersuchungen	10
3.2.2.	Geologische und hydrologische Verhältnisse	10
3.3.	Gesamtverkehrsmodell (GVM)	11
3.3.1.	Referenzzustand 2040	11
3.3.2.	Codierung der Flankierenden Massnahmen	11
3.3.3.	Ergebnisse der Verkehrsmodellanwendung	12
4.	Punktuelle Konkretisierung der Machbarkeitsabklärungen	13
4.1.	Überprüfung Lage der Portale	13
4.1.1.	Portal See 10a und N+	13
4.1.2.	Portal West Variante 10a	13
4.1.3.	Portal West Variante N+	13
4.2.	Verkehrstechnische Überprüfung Anschlussknoten	13
4.2.1.	Anschlussknoten See Variante 10a	13
4.2.2.	Anschlussknoten See Variante N+	14
4.2.3.	Anschlussknoten West Variante 10a	14
4.2.4.	Anschlussknoten West Variante N+	14
4.3.	Horizontale und vertikale Linienführung	15
4.4.	Überprüfung Tunnel	15
4.4.1.	Tunnelbau	15
4.4.2.	Sicherheitsstollen	15
4.4.3.	Zentralen	16
4.5.	Flankierende Massnahmen	16
5.	Variantenvergleich	17
5.1.	Ablauf der Bewertung	17
5.2.	Indikatorensystem und Gewichtung	18
5.3.	Methodik Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA)	19
5.4.	Weitere qualitative Indikatoren	20
5.5.	Varianten	20

5.6.	Verkehrliche Wirkungen	21
5.7.	Bewertungsergebnisse	22
5.7.1.	Kostenwirksamkeitsanalyse	22
5.7.2.	Sensitivitätsanalyse Kostenwirksamkeitsanalyse	23
5.7.3.	Weitere qualitative Indikatoren	25
5.8.	Wahl der Bestvariante	26
6.	Generelles Projekt Variante N+	28
6.1.	Allgemein	28
6.2.	Offene Strecken und Trassee	28
6.2.1.	Portalbereich West	28
6.2.2.	Portalbereich See	29
6.2.3.	Normalprofil offene Strecke	31
6.2.4.	Entwässerung offene Strecke	31
6.2.5.	Flankierende Massnahmen im Dorf	31
6.2.6.	Ergebnisse Verkehrsmodell	31
6.3.	Linienführung	32
6.3.1.	Horizontale Linienführung	32
6.3.2.	Vertikale Linienführung	32
6.3.3.	Spezialmassnahmen Objekte	33
6.4.	Tunnelbau	33
6.4.1.	Tunnelbauwerk mit Nebenanlagen	33
6.4.2.	Baugruben und Tagbaubereiche	37
6.4.3.	Bergmännische Vortriebe	37
6.4.4.	Entwässerung Tunnelstrecke	38
6.4.5.	Lüftungssystem	38
6.4.6.	Lüftungszentrale und Abluftkamin	40
6.4.7.	Lüftung der Sicherheitsstollen	40
6.4.8.	Betriebs- und Sicherheitsausrüstung	41
6.5.	Umwelt, Landschaft, Gestaltung	44
6.6.	Installationsplätze, Baulogistik	44
6.6.1.	Installationsplätze	44
6.6.2.	Logistik, Transportwege	44
6.7.	Kosten und Termine	45
6.7.1.	Abschätzungen der Baukosten	45
6.7.2.	Kostenübersicht	45
6.7.3.	Betriebs- und Unterhaltskosten	46
6.7.4.	Bauzeit	47
7.	Fazit und weitere Schritte	48

Anhänge:

- Anhang A: Verkehrsmodellergebnisse für die Varianten 10a und N+ (Tagesverkehr DWV)
- Anhang B: Kostenübersichten der Varianten 10a und N+
- Anhang C: Variantenvergleich Indikatorenblätter
- Anhang D: Ergebnisse Gesamtverkehrsmodell für das GP (Spitzenstunden)
- Anhang E: Lüftungsbericht Tunnel zum GP
- Anhang F: Bericht Betriebs- und Sicherheitsausrüstung Tunnel zum GP
- Anhang G: Geologisches Längenprofil zum GP

Beilagen Generelles Projekt (Pläne)

- Situationsplan (1:2'000)
- Situationsplan BSA und Lüftungszentrale (1:1'000 / 1:250)
- Längenprofil (1:2'000 / 200)
- Normalprofile (1:100)

1. Zusammenfassung

Eine Umfahrungsstrasse für Unterägeri ist seit einiger Zeit in Diskussion. 2014 wurden alle bis dahin ausgearbeiteten Varianten als Zwischenergebnis in den Richtplan eingetragen. Ein definitiver Variantenentscheid ist gemäss Richtplan bis 2024 zu fällen.

Der Regierungsrat beabsichtigt, die Bestvariante für die Umfahrung Unterägeri als Festsetzung in den Richtplan einzutragen und alle anderen Varianten zu streichen sowie einen gemeinsamen Rahmenkredit für die beiden Projekte Zentrumstunnel Zug und Umfahrung Unterägeri zu beantragen.

Anfangs 2022 bereitete die kantonale Baudirektion die Mitwirkung für die Richtplananpassung vor, die von Mitte März bis Mitte Mai 2022 dauerte. Die darin auf der Basis eines einfachen Variantenvergleichs vorgeschlagene Variante 10a wurde von den Vernehmlassungsteilnehmenden abgelehnt: 90% der Eingaben sprachen sich für die Variante N+ und gegen 10a aus. 10% lehnten beide Varianten ab.

Im März 2022 beauftragte die Baudirektion EBP mit der Erarbeitung der vorliegenden Projektstudie mit einem vertieften Variantenvergleich der Varianten 10a und N+ sowie der Ausarbeitung eines Generellen Projekts für die Bestvariante.

Wesentlichste Grundlagen

Wesentliche Bestandteile konnten aus dem Teil-Vorprojekt der Variante 10a vom 25. Januar 2008 sowie dem Teil-Vorprojekt der Variante N+ vom 18. November 2011 übernommen werden. Für die Geologie standen Berichte der Firma Dr. von Moos AG aus den Teil-Vorprojekten zur Verfügung. Grundlage für die Verkehrsbelastungen sind eigene Berechnungen mit dem kantonalen Gesamtverkehrsmodell (GVM).

Variantenstudien und Variantenvergleich

Einzelne Projektabschnitte wurden bereits vor dem Variantenvergleich auf ihre technische und verkehrliche Machbarkeit untersucht. Mit wenigen Ausnahmen wird an den Festlegungen der früheren Teil-Vorprojekte festgehalten. Für den Vergleich der beiden Varianten 10a und N+ wurde eine Kostenwirksamkeitsanalyse durchgeführt mit dem Ziel, die Varianten anhand der gewählten Indikatoren möglichst umfassend beschreiben zu können und Unterschiede zwischen den Varianten deutlich aufzuzeigen. Anhand von Indikatoren in den Bereichen 'Verkehrsqualität', 'Sicherheit', 'Siedlung', 'Umwelt', 'Kosten' und weiteren qualitativen Indikatoren wurden die beiden Varianten auf ihre Wirkungen untersucht und qualitativ, sowie teils quantitativ bewertet und miteinander verglichen. Auf der Basis des Variantenvergleichs wurde entschieden, das Generelle Projekt für die Variante N+ zu erstellen.

Verkehr

Mit dem Gesamtverkehrsmodell (GVM) des Kantons Zug wurden die verkehrlichen Wirkungen der beiden Varianten für das Jahr 2040 im Vergleich zum Referenzzustand 2040 berechnet. Dabei wurden flankierende Massnahmen auf der Zugerstrasse (Ortsdurchfahrt im Siedlungsgebiet) und auf der Alten Landstrasse angenommen. Die Variante N+ entlastet die Ortsdurchfahrt von Unterägeri mit dem Umfahrungstunnel und den flankierenden Massnahmen stärker als die Variante 10a. Wesentlicher Grund dafür ist, dass durch die direkte Linienführung deutliche Reisezeitvorteile

entstehen, wodurch auch Teile des Quell-/Zielverkehrs von Unterägeri auf die Umfahrung verlagert werden können.

Tunnelbau

Das 1'808 m lange Tunnelbauwerk der Variante N+ setzt sich aus einem 1'733 m langen bergmännischen Abschnitt sowie zwei Tagbaubereichen bei den Portalen mit insgesamt 75 m Länge zusammen. Die Normalprofile wurden basierend auf den aktuell gültigen Normen- und Richtlinien des SIA und des ASTRA gewählt. Es ist ein paralleler Sicherheitsstollen mit einer Länge von 1'720 m vorgesehen.

Der Vortrieb erfolgt von beiden Seiten hauptsächlich im Fels. Der bergmännische Teil des Tunnels wird im Kalottenvortrieb mit nachlaufendem Stross- und Sohlausbruch geplant. Das Abdichtungskonzept geht von einer Vollabdichtung im Lockergestein und einer Teilabdichtung im Felsbereich aus.

Die Betriebs- und Sicherheitsausrüstung (BSA) wurde entsprechend den aktuellen Richtlinien des ASTRA sowie dem momentanen Stand der Technik neu projektiert. Bei beiden Portalen sind BSA-Zentralen für die Versorgung und Steuerung der Tunneleinrichtungen vorgesehen. Die Zentrale im Westen liegt rund 170 m zurückversetzt vom Portal im Berg und beinhaltet neben den elektrotechnischen Anlagen auch die Lüftungszentrale für die Brandluftabsaugung mit einem Abluftkamin 66 m über der Zentrale. Auf Basis der Tunnellänge und des errechneten Verkehrs wird für die Lüftung eine mechanische Längslüftung mit Strahlventilatoren und Absaugung im Ereignisfall vorgesehen. Die Entwässerung des Tunnels erfolgt im Trennsystem.

Installationsplätze, Baulogistik

Für die Planung des Strassentunnels der Variante N+ und des Sicherheitsstollens wurden notwendige Installations- und Bauflächen abgeschätzt. Insbesondere beim Portal See werden grössere Teile des Bodens während der Bauzeit beansprucht, die nach Abschluss der Arbeiten wieder freigegeben werden können. Beim Westportal ist nur ein kleiner Platz zur Installation verfügbar.

Kosten und Termine

Die Investitionskosten für die Variante N+ der Umfahrung Unterägeri betragen 275.2 Mio. CHF (inkl. MWST.) +/-30 % und wurden auf Preisbasis Oktober 2021 abgeschätzt. Die Betriebskosten werden auf rund 900'000 CHF/Jahr geschätzt. Unter der Annahme mittlerer Vortriebsleistungen kann von einer Gesamtbauzeit von ca. 3 ½ Jahren ausgegangen werden.

2. Ausgangslage und Auftrag

2.1. Ausgangslage

Eine Umfahrungsstrasse für Unterägeri ist seit längerem in Diskussion. 2006 wurde die erste Planungsstudie der Dorfkernumfahrung Unterägeri mit einem Vergleich unterschiedlicher Linienführungen durchgeführt, wobei schliesslich die Variante 10a für die weitere Bearbeitung empfohlen wurde. 2008 beschloss der Kantonsrat eine Festsetzung der Variante 10a im Zuger Richtplan und die Baulinien wurden aufgelegt, worauf zahlreiche Einsprachen und eine Motion eingereicht wurden. Die Bebauung im Zentrum von Unterägeri sollte nicht behindert werden.

2010 wurde ein Vergleich zwischen der Variante 10a und der neuen Variante N durchgeführt. Da die Eidgenössischen Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) in einer Stellungnahme zum Schluss kam, dass die Variante N im Westen mit den Schutzinteressen nicht verträglich sei, wurde sie zu einer optimierten Variante N+ weiterentwickelt. Diese reduziert die sichtbaren Eingriffe beim Westportal, indem die BSA- und Lüftungszentrale in den Berg verlegt und der Kreisel im Durchmesser reduziert werden.

Es wurde keine Bestvariante ausgewählt. Die Festsetzung der Variante 10a im kantonalen Richtplan wurde 2014 wieder aufgehoben. Stattdessen wurden alle drei Varianten als Zwischenergebnis festgelegt. Die Frist zur Festsetzung der Bestvariante wurde auf 2024 festgeschrieben.

Der Gemeinderat stellte fest, dass die unterschiedlichen Varianten im Richtplan eine weitere Entwicklung blockierten. Die Variante 11 mit Zentrumsanschluss solle nicht mehr weiter berücksichtigt werden, da sie im Widerspruch zur geplanten Ortskernentwicklung und der geplanten Verdichtung stehe.

Der Regierungsrat beabsichtigt, die Bestvariante für die Umfahrung Unterägeri als Festsetzung in den Richtplan einzutragen und alle anderen Varianten zu streichen sowie einen gemeinsamen Rahmenkredit für die beiden Projekte Zentrumstunnel Zug und Umfahrung Unterägeri zu beantragen. Ein Postulat zweier Kantonsräte¹ forderte ihn im Dezember 2021 dazu auf, die notwendigen Schritte einzuleiten. Anfangs 2022 bereitete die kantonale Baudirektion die Mitwirkung für die Richtplananpassung vor. In diesem Rahmen führte sie einen einfachen Variantenvergleich durch, der aus den beiden betrachteten Varianten 10a und N+ die Variante 10a als die erfolgversprechendste ergab. Diese Variante wurde der von Mitte März bis Mitte Mai 2022 dauernden Mitwirkung der Richtplanänderung zugrunde gelegt. Diese Variantenwahl wurde in den Rückmeldungen zur Mitwirkung nicht bestätigt: Von den rund 200 Eingaben sprachen sich 90% für die Variante N+ aus, darunter jene der Parteien Die Mitte, SVP (Kantonalpartei und Sektion Unterägeri) und Alternative Unterägeri. Die FDP forderte, beide Varianten seien als Optionen im Richtplan zu belassen. Einige Eingaben sprechen sich gegen beide Varianten aus, darunter jene der SP. Auch ein Postulat im Kantonsrat² forderte die Beibehaltung der Variante N+ im Richtplan.

2.2. Auftrag

Das Amt für Raum und Verkehr (ARV) des Kantons Zug hat EBP mit der Durchführung einer Projektstudie beauftragt. Die Projektstudie soll die Variantenwahl zwischen den Varianten 10a und N+ unterstützen und die Bestvariante soweit nötig aufarbeiten. Zudem ist ein Generelles Projekt zu

¹ Postulat (3354) von Markus Spörri, Unterägeri, und Peter Letter, Oberägeri.

² Postulat (3400) von Esther Monney und Thomas Werner, beide Unterägeri.

erstellen, das die Voraussetzung für einen Kreditantrag ist und nach § 14 des Gesetzes über Strassen und Wege (GSW) des Kantons Zug «Linienführung, Normalprofile, Anschlüsse sowie eine Kostenschätzung» umfasst.

Der Auftrag beinhaltet insbesondere folgende Arbeitsschritte:

- Analyse der vorliegenden Grundlagen und bisherigen Studien
- Konkretisierungen der Varianten 10a und N+ (z.B. Portale)
- Systematische Bewertung und vertiefter Vergleich der Varianten 10a und N+
- Erstellung Generelles Projekt der Bestvariante

2.3. Beschreibung der Varianten

Bei Variante 10a handelt es sich um eine 1'378 m lange Tunnellösung zur Umfahrung von Unterägeri mit einem westlichen Portal beim Sportcenter Ägeri und einem östlichen Portal am See (siehe Abbildung 1).

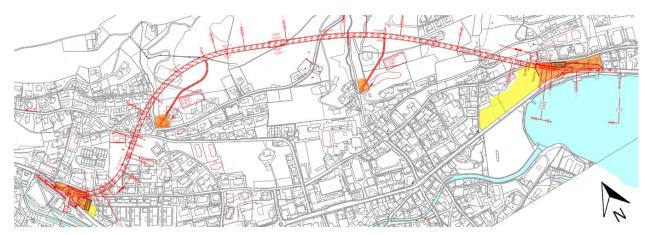


Abbildung 1: Situation des Umfahrungstunnels Variante 10a, Stand Variantenvergleich 2022 (temporärer Flächenbedarf gelb, permanenter Flächenbedarf orange)

Bei Variante N+ handelt es sich um eine 1'808 m lange Tunnellösung zur Umfahrung von Unterägeri mit einem westlichen Portal im Lorzentobel und einem östlichen Portal am See, welches exakt jenem der Variante 10a entspricht (siehe Abbildung 2).

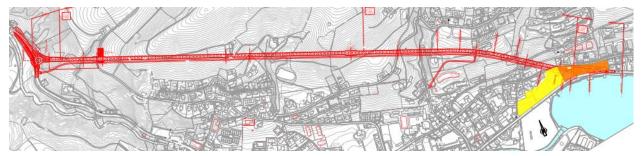


Abbildung 2: Situation des Umfahrungstunnels Variante N+, Stand GP 2022 (temporärer Flächenbedarf gelb, permanenter Flächenbedarf orange)

3. Grundlagen

3.1. Allgemein

Für das Variantenstudium der Varianten 10a und N+, den Variantenvergleich und die Erarbeitung des Generellen Projekts dienen das Teil-Vorprojekt der Variante 10a vom 25. Januar 2008 (ab jetzt TVP 2008 genannt), sowie das Teil-Vorprojekt der Variante N+ vom 18. November 2011 (ab jetzt TVP 2011 genannt) als massgebende Grundlagen, woraus wesentliche Bestandteile übernommen wurden.

3.2. Geologie

3.2.1. Grundlagen, Untersuchungen

Basis für die Geologie bilden der Geologische Kurzbericht vom 15. April 2005 (Dr. von Moos AG, Bericht Nr. 7800) und der Geologische Bericht vom 10.03.2006 (Dr. von Moos AG, Bericht Nr. 7800-2). Ergänzend dazu wurden im Sommer 2007 zusätzliche Erkundungen durchgeführt.

Der Geologische Bericht vom 26. September 2007 (Dr. von Moos AG, Bericht Nr. 8328) und die dazugehörenden Beilagen integrieren alle Erkenntnisse und enthalten zusätzliche bautechnische Beschreibungen sowie Grundwasseraufzeichnungen. Der Bericht Nr. 9061 vom 27. Januar 2010 (Dr. von Moos AG) stellt eine Zusammenfassung dar und erweitert die Beschriebe mit Angaben zum portalnahen Bereich im Westen. Aufgrund der unveränderten Linienführungen wurden 2022 keine weiteren geologischen Grundlagen mehr erhoben.

3.2.2. Geologische und hydrologische Verhältnisse

Ca. 1'671 m des Tunnels liegen im Fels und die restlichen 137 m im Lockergestein oder Tagbauabschnitt. Die Felsgesteine des Projektgebiets gehören zur sog. Höhronen-Schuppe der gefalteten mittelländischen Molasse. In den höheren Hangteilen ist über dem Fels über weite Strecken eine Moränendecke zu erwarten. Am Hangfuss und speziell im Ortskernbereich von Unterägeri ist die Lockergesteinsmächtigkeit zum Teil gross.

Im Bereich des Westportals der Variante N+ ist unter einer dünnen Deckschicht aus Hangschutt / Moräne rasch mit anstehendem Fels zu rechnen, wodurch die Überdeckung bereits wenige Meter hinter dem Tunnelportal auf 20 m und mehr ansteigt. Dadurch liegen sowohl der Voreinschnitt als auch der Tunnel praktisch vollständig im Molassefels. Die BSA- und Lüftungszentrale und der Abluftkamin liegen vollständig im Fels.

Beim Portal See ist mit einem Bodengemisch aus Moräne und glazial vorbelasteten eiszeitlichen Seeablagerungen zu rechnen, welches auf unterschiedlichen Niveaus wenig ergiebiges Hangwasser führt. Die natürliche Deckschicht besteht aus Hang- oder Bachschutt. Die jungen, weichen Seeablagerungen und die künstlichen Auffüllungen im Seeuferbereich reichen mit einiger Sicherheit nicht in den Tunnelbereich der Varianten 10a und N+. Nach einer Länge von rund 100m ist mit dem Erreichen der Felsoberfläche zu rechnen. Besonders in den kiesigen Lagen der Moräne und im Bachschutt kann Hangwasser erwartet werden.

Der aufgeschlossene Fels der unteren Süsswassermolasse besteht aus einer Wechsellagerung von Nagelfluhbänken, harten und gut zementierten Sandsteinen und Zwischenlagen aus Siltsteinen und Mergeln. Die erbohrten und verwitterten Mergel zuoberst könnten glazial verschleppt sein. Die nächstgelegenen Felsaufschlüsse im Gebiet «Litzi», westlich der Spinnerei zeigen, dass das Verhältnis von Nagelfluh zu Sandstein sehr wechselhaft ist, und Mergel und/oder Tonsteine eher untergeordnet auftreten.

Im "gesunden" Fels sind grundsätzlich sehr steile Böschungen möglich; allerdings kann die auf steiler Felsoberfläche anzutreffende Lockergesteinsdecke rutschgefährdet sein und muss entsprechend flach geneigt ausgebildet werden. Es ist mit geringen Kluftwassermengen zu rechnen. Gleichwohl müssen zur Verhinderung von Wasserdruckbelastungen die Böschungssicherungen und Baugrubenabschlüsse durchlässig ausgebildet werden. Das allenfalls vorhandene Steinschlagrisiko im Voreinschnitt West muss im Rahmen der weiterführenden Planung berücksichtigt werden. Gemäss Gewässerschutzkarte des Kantons Zug wird das Areal des Tunnels dem Bereich Au zugeordnet, da eine Vielzahl kleiner, wenig ergiebiger Quellen tangiert ist.

3.3. Gesamtverkehrsmodell (GVM)

Die Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen der Varianten 10a und N+ erfolgt mit dem Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zug (GVM), Version Modellaktualisierung 2017.

Als Grundlage wurde der Prognosezustand 2040 verwendet. Der durchschnittliche Werktagsverkehr (DWV) 2040 wurde für den Variantenvergleich verwendet (siehe Kapitel 5), die Morgenspitzenstunde (MSP) und die Abendspitzenstunde (ASP) 2040 für die Leistungsfähigkeitsberechnungen des Generellen Projekts (siehe Kapitel 6).

Der Umlegungsalgorithmus berücksichtigt die Abhängigkeit der Fahrzeit auf einer Strasse von der dort vorhandenen Auslastung der Strassenkapazität. Bei der Modellierung werden die Widerstände der Strecken mit Hilfe der Streckentypen und den zugehörigen Kapazitätsbeschränkungsfunktionen (CR-Funktionen) simuliert, die den Zusammenhang zwischen der aktuellen Verkehrsstärke und der Kapazität einer Strecke herstellen. Das Ergebnis ist die aktuelle Reisezeit im belasteten Netz. Vor allem innerorts bestimmen die Knotenpunkte die Kapazität des Verkehrsnetzes. Berücksichtigt werden je nach Abbiegebeziehung und Knotentyp (LSA, Kreisel, Vorfahrt, ungeregelt) Zuschläge an den Knoten.

3.3.1. Referenzzustand 2040

Der Prognosezustand des GVM Zug berücksichtigt die Veränderungen in der Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur und Veränderungen im Verkehrsangebot, die im Jahr 2040 realisiert sind. Die im GVM nicht berücksichtigte Unterbrechung der Alten Landstrasse auf Höhe der Pfarrkirche in Unterägeri wurde ergänzt.

3.3.2. Codierung der Flankierenden Massnahmen

In dieser Projektphase können die flankierenden Massnahmen nicht im Detail geplant werden. Die Reduktion der Geschwindigkeit im bebauten Bereich der Zugerstrasse in Unterägeri ist deshalb eine Annahme für die Simulation der verkehrlichen Wirkungen im GVM (siehe Abbildung 3). Um Ausweichverkehr auf der Alten Landstrasse zu vermeiden, wird die Geschwindigkeit auch dort reduziert.



Abbildung 3: Mit flankierenden Massnahmen belegte Strecken in Unterägeri

3.3.3. Ergebnisse der Verkehrsmodellanwendung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Varianten 10a und N+ die Ortsdurchfahrt in Unterägeri entlasten, wobei die Umfahrung in der Variante N+ mehr Verkehr anzieht und die Belastungen im Dorfzentrum insgesamt stärker reduziert (siehe Tabelle 1). Der längere, direkter geführte und mit höherer Geschwindigkeit befahrbare Tunnel der Variante N+ führt dazu, dass auch Verkehr mit Quelle oder Ziel im östlichen Teil von Unterägeri die Umfahrung nutzt, da sie trotz längerer Fahrt über den Anschlussknoten See kürzere Fahrzeiten erlaubt als die Route über die verkehrsberuhigte Ortsdurchfahrt. Dies führt jedoch auch dazu, dass der östliche Teil der Zugerstrasse weniger stark entlastet wird als in der Variante 10a, da durch den beschriebenen Effekt neben der Entlastung auch eine gewisse neue Belastung durch Quell- und Zielverkehr des östlichen Teils von Unterägeri entsteht. Die detaillierten Ergebnisse der Verkehrsmodellberechnungen für den durchschnittlichen Werktagsverkehr (DWV) sind im Anhang A zu finden.

Betrachtungsort	Referenz	10a mit FlaMa	N+ mit FlaMa
Ortseingang West (Spinnerei)	17'900	+100	-11'900
Ortsmitte (Bushaltestelle Zentrum)	15'200	-8700	-11'200
Ortseingang Ost (Seefeld)	12'900	-6600	-2300
Tunnel	0	+8800	+12'600

Tabelle 1: Ergebnis Verkehrsmodell 2040, Differenzen im durchschnittlichen Werktagsverkehr [Fz/Tag] mit den Varianten 10a und N+

4. Punktuelle Konkretisierung der Machbarkeitsabklärungen

4.1. Überprüfung Lage der Portale

4.1.1. Portal See 10a und N+

Im Rahmen des TVP 2008 wurden am Portal See verschiedene Linienführungen für die Variante 10a untersucht und nach spezifisch gewünschten Kriterien und übergeordneten Zielen evaluiert, da die Linienführung hier zuvor Anlass zu Diskussionen gab.

→ An den Feststellungen aus dem TVP 2008 wird festgehalten. Die Bestlösung kombiniert ein gutes Mass an verkehrlichem Nutzen, Anwohner- und Landschaftsschutz mit vertretbaren Kosten. Bei allen Lösungen mit weiter östlich liegenden Portalen wäre davon auszugehen, dass aufgrund heute aktueller ASTRA-Vorgaben vom Konzept mit Längslüftung zu einer Lösung mit einer Zwischendecke gewechselt werden müsste. Die Kostensteigerung durch einen solchen Systemwechsel würden ca. 20-30% betragen.

4.1.2. Portal West Variante 10a

Direkt nach dem Portal West ist ein Gebäude an der Alten Landstrasse zu unterqueren. Im Rahmen des TVP 2008 wurden verschiedene Baumethoden zur Gebäudeunterquerung verglichen und evaluiert.

→ Analog zum TVP 2008 wird im vorliegenden Projekt für die Variante 10a die bergmännische Untertunnelung des Gebäudes mit Teilausbruch zur Minimierung der Setzungen vorgeschlagen. Der Vortrieb erfolgt im Schutze eines kombinierten Jet- / Rohrschirmes um ein steifes Gewölbe zu erreichen, welches sowohl in Längs- als auch in Querrichtung trägt.

4.1.3. Portal West Variante N+

Der optimale Standort des Knotens beim Westportal der Variante N+ wurde bereits im TVP 2011 evaluiert. Die gewählte Lage des Knotens ist eine Kompromisslösung zwischen den Anforderungen der Strassengeometrie und der Zielsetzung, den Landschaftsraum möglichst wenig zu beeinträchtigen.

→ An der Kompromisslösung aus dem TVP 2011 wird festgehalten und der Knoten an derselben Lage geplant.

4.2. Verkehrstechnische Überprüfung Anschlussknoten

4.2.1. Anschlussknoten See Variante 10a

Der Standort des Anschlussknotens ausserhalb des dicht besiedelten Gebiets und direkt am Ägerisee stellt besonders hohe Anforderungen an die landschaftliche Verträglichkeit der neuen Verkehrsanlage. Im Rahmen des TVP 2008 Variante 10a wurden Varianten von verschiedenen Knoten am Ostportal verglichen und evaluiert. Aufgrund des Platzbedarfs wurde damals ein Halbanschluss gegenüber einem Kreisel bevorzugt, ohne einen Vollanschluss zu berücksichtigen.

→ Da in der Variante N+ neu zur Maximierung der Dorfkernentlastung ein Vollknoten vorgesehen ist, wird zur besseren Vergleichbarkeit auch für die Variante 10a von einem Vollknoten ausgegangen (siehe Kapitel 4.2.2).

4.2.2. Anschlussknoten See Variante N+

Das TVP 2011 sah für den Anschlussknoten am See keinen Linksabbieger aus Unterägeri in Fahrtrichtung Umfahrungsstrasse vor. Die Anwendung des aktuellen Gesamtverkehrsmodells zeigt nun aber auf, dass bei einem Vollknoten, der alle Fahrbeziehungen ermöglicht, in der Variante N+ der Verkehr mit Quelle oder Ziel im östlichen Teil von Unterägeri ebenfalls die Umfahrung über den Knoten beim See nutzen würde, um Richtung Westen zu fahren (vgl. Kapitel 3.3.3). Dies verstärkt die Entlastungswirkung im Dorfkern. Die Ausgestaltung als Vollanschluss bedingt eine umsichtige Wahl der Geometrie, damit der Abstand der Infrastruktur zum Seeufer erhalten bleibt. Um auch in den Abendspitzenstunden eine ausreichende Verkehrsqualitätsstufe zu erreichen, ist eine Lichtsignalanlage (LSA) erforderlich.

→ Um eine stärkere Entlastungswirkung zu ermöglichen, wird für N+ ein Vollknoten mit LSA zugrundgelegt. Dieser soll auch für LKW auf allen Abbiegebeziehungen befahrbar sein. Da die erwartete Anzahl der LKW aus dem Tunnel in Richtung Unterägeri gering ist, wird die Verkehrsinsel befahrbar ausgestaltet, um Verkehrsfläche einzusparen. Die Einspurstrecken werden genügend lange konzipiert, um den maximalen Rückstau aufzufangen.

4.2.3. Anschlussknoten West Variante 10a

Verschiedene Knotenvarianten wurden im Rahmen des TVP 2008 am Westportal des Tunnels 10a verglichen und evaluiert. Trotz dem grösseren Flächenbedarf wurde eine Lösung mit Kreisel am besten beurteilt. Die sehr gute Leistungsfähigkeit und die damit verbundenen guten Bewertungen beim öffentlichen Verkehr und der Verkehrssicherheit sprachen für die Lösung.

→ Die Empfehlung wurde aus dem TVP 2008 der Variante 10a übernommen. Für den Knoten beim Westportal der Umfahrung wird ein einspuriger Kreisel vorgeschlagen.

4.2.4. Anschlussknoten West Variante N+

Im TVP 2011 wurden Varianten von verschiedenen Knoten am Westportal des Tunnels N+ verglichen und evaluiert. Kreiselvarianten schnitten am besten ab. Die Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit sprechen für einen Kreisel mit Bypass. Auch mit der errechneten kurzen Überlastung der Abendspitzenstunde im Jahr 2040 konnte keine bessere Variante identifiziert werden ohne eine Veränderung der Erscheinung und eine Erweiterung des Platzbedarfs. Weitere Ausführungen dazu sind im Kapitel 6.2.1 enthalten.

→ Analog zum TVP 2011 der Variante N+ wird für die weitere Bearbeitung ein Kreisel mit Bypass am Portal West vorgeschlagen. Es handelt sich damit um dieselbe Lösung, welche Grundlage für die Beurteilung des Portals und Anschlussknotens durch die ENHK im Jahr 2012 war.

4.3. Horizontale und vertikale Linienführung

Die horizontale Linienführung zwischen den beiden Anschlussknoten wurde in den ursprünglichen Teil-Vorprojekten ermittelt und ergibt sich aus den Anforderungen der Geotechnik, des Flächenbedarfs auf den Anschlussparzellen sowie aus der Reduktion der Tunnellänge. Für die Lage des Tunnels der Variante 10a im Berg wird die minimal erforderliche Felsüberdeckung von 20 m beim Birmibach im Westteil des Tunnels massgebend. Eine Streckung der Linienführung zwecks Verkürzung der Tunnellänge würde zu ungünstigeren Überdeckungsverhältnissen im Bereich des Birmibaches führen.

Die Variante 10a wurde auf 200 m für eine Ausbaugeschwindikgeit von 50 km/h und auf 1300 m für eine Limite von 60 km/h dimensioniert, die Variante N+ auf ganzer Länge auf 80 km/h.

→ Die Linienführung ist identisch den Plänen der TVP 2008 und TVP 2011.

4.4. Überprüfung Tunnel

4.4.1. Tunnelbau

Für die Wahl und Ausarbeitung des Tunnelvortriebs und die Anordnung der Zentralen sowie für die verschiedenen Normalprofile unter den gegebenen Rahmenbedingungen wurden bereits in den TVP 2008 und 2011 phasengerecht keine umfangreichen Variantenvergleiche durchgeführt.

→ Die vorgeschlagenen Bauverfahren und Tunnelelemente werden weiterhin als sinnvoll und machbar beurteilt und so fürs GP 2022 der Variante N+ übernommen.

4.4.2. Sicherheitsstollen

10a

Für die Notausgänge und den Sicherheitsstollen ist ein System zu wählen, welches gemäss SIA 197/2 dem Hauptziel entspricht, dass eine Fluchtmöglichkeit in einen sicheren Raum angeboten wird. Grundsätzlich sind sowohl ein Stich- als auch ein Parallelstollen möglich. Im Bericht TVP 2008 wurden verschiedene Argumente und Überlegungen vorgelegt. Basierend darauf wurde die Bestvariante gewählt.

→ Wie im TVP 2008 wird ein Konzept mit zwei Stichstollen zu den einzelnen Notausgängen verwendet.

N+

Mit zunehmender Tunnellänge und Tiefe wird ein paralleler Sicherheitsstollen wirtschaftlich. Im Bericht des TVP 2011 wurde dies nochmals untersucht. Aufgrund der Überdeckung würden separate Stichstollen zu den einzelnen Notausgängen eine erhebliche Länge aufweisen und zusammen mit den damit erforderlichen vier Stichstollenportalen ein unwirtschaftliches System darstellen. Ein paralleler Sicherheitsstollen muss beidseitig einen Ausgang ins Freie mit Vorzone für Rettungskräfte aufweisen. Beim Portal West kann dies aus bautechnischen Gründen direkt in der Fluchtstollenvorzone realisiert werden. Für den östlichen Ausgang ist eine identische Linienführung zum östlichen Stichstollen der Variante 10a mit identischem Ausgangsbauwerk vorteilhaft. So ist kein

überbaubares Grundstück an attraktiver Lage betroffen ist, und mit dem Sicherheitsstollen werden keine geologisch heiklen Lockergesteine in der Ebene und in Seenähe tangiert.

→ Das Konzept wird aus dem TVP 2011 übernommen. Für die weitere Bearbeitung wird ein paralleler Sicherheitsstollen mit einem östlichen Stichstollen vorgeschlagen.

4.4.3. Zentralen

Im TVP 2008 für die Variante 10a wurde die Notwendigkeit von zwei Zentralenbauwerken in Portalnähe mit der vorliegenden Tunnellänge begründet. Diese Notwendigkeit trifft auch auf N+ zu. → An den Feststellungen kann für die Varianten 10a sowie N+ festgehalten werden, da die Anforderungen unverändert sind. Damit kann auf eine erneute Prüfung von Varianten für die BSA-Zentralen verzichtet werden.

Bei der Variante N+ ist auf einem Grossteil der Tunnellänge eine Zwischendecke vorgesehen, bei 10a nicht. Das Lüftungssystem mit einer Zwischendecke und Absaugung im Ereignisfall erfordert zusätzlich eine Lüftungszentrale, welche zur Nutzung von bautechnischen und betrieblichen Synergien mit der BSA-Zentrale West in einem Bauwerk kombiniert wird. Sie ist 170 m zurückversetzt vom Portal West im Berg vorgesehen.

4.5. Flankierende Massnahmen

Für flankierende Massnahmen im Dorfkern Unterägeri wurde noch keine konkrete Planung durchgeführt. Es musste daher mit Annahmen operiert werden. Zur Berechnung der Verkehrszahlen wurde in der Simulation auf der Zugerstrasse Tempo 30 im Dorfkern angenommen. Die Kosten der Umgestaltung und Abklassierung der Strassen sind gemäss Angaben des TBA mit 6.2 Mio. CHF in der Kostenschätzung enthalten (vgl. Kapitel 6.7.2). Parallel zum vorgesehenen Umgestaltungsprojekt der Gemeinde Unterägeri sind die flankierenden Massnahmen konkreter zu planen und definieren. Zudem sind auch flankierende Massnahmen vorzusehen, die eine Verkehrszunahme auf dem Gemeindegebiet von Oberägeri verhindern.

5. Variantenvergleich

Der aktuelle Kantonale Richtplan des Kantons Zug enthält für die Umfahrung Unterägeri verschiedene Optionen. Die Festsetzung der Umfahrung Unterägeri erfordert einen Variantenentscheid, für welchen in den folgenden Kapiteln die Grundlagen erarbeitet werden.

5.1. Ablauf der Bewertung

Der Variantenvergleich basiert darauf, dass die beiden Varianten 10a und N+ je mit dem sogenannten Referenzzustand verglichen werden. Dieser bildet den Zustand im Jahr 2040 ohne Umfahrung ab. Das Verkehrsangebot im Referenzzustand ergibt sich aus der bestehenden Infrastruktur inkl. der neuen Infrastruktur, die beschlossen und finanziert sowie bis 2040 realisiert ist. Die Verkehrsnachfrage entspricht jener im Jahr 2040, wie sie im Gesamtverkehrsmodell (GVM) des Kantons Zug prognostiziert ist.

Bewertet werden die Wirkungen der beiden Varianten entlang des Indikatorensystems in Kapitel 5.2. Dazu kommt als Methode die Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA) zur Anwendung, die in Kapitel 5.3 beschrieben ist. Als wesentliche Grundlage für die Bewertung werden die verkehrlichen Wirkungen der Varianten ermittelt (vgl. Kapitel 5.6). Weitere Grundlagen werden erarbeitet, so dass bezüglich aller Indikatoren eine Einschätzung vorgenommen werden kann. Die sich daraus ergebenen Bewertungsergebnisse (vgl. Kapitel 5.7.1) werden anhand von Sensitivitätsanalysen auf ihre Robustheit überprüft, indem wesentliche Einflussgrössen variiert werden (vgl. Kapitel 5.7.2). Schliesslich wird die Gesamtheit der Ergebnisse interpretiert. Auf dieser Basis erfolgt die Wahl der Bestvariante (vgl. Kapitel 5.8).

Ziel der Bewertung der Varianten ist der Variantenvergleich. Die Methodik und das Vorgehen sind darauf ausgerichtet, die Varianten anhand der gewählten Indikatoren möglichst umfassend beschreiben zu können und Unterschiede zwischen den Varianten deutlich aufzuzeigen. Nicht im Zentrum des Interesses steht der Vergleich von absoluten Nutzen und Kosten, welcher eine Beurteilung der Zweckmässigkeit der Bestvariante erlauben würde. Auf die Durchführung einer formalen Kosten-Nutzen-Analyse mit monetarisierten Wirkungen wird verzichtet, da diese die Argumente für eine Umfahrungsstrasse mit hauptsächlich qualitativen Nutzen nur unzureichend aufzeigen könnte.

5.2. Indikatorensystem und Gewichtung

Die Indikatoren werden in einem ersten Schritt der Bewertungsmethode EBeN³ des ASTRA entnommen. Indikatoren, die erfahrungsgemäss für Umfahrungsstrassen auf dem Netz der Hauptverkehrsstrassen wenig Wirkung erzielen, werden gestrichen. Dabei wird aufgrund der kurzen Bearbeitungszeit dieser Projektstudie auch berücksichtigt, welchen Aufwand die Ermittlung der Indikatoren mit sich bringt. Die Indikatoren sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Jedem Zielbereich wird eine Gewichtung zugeordnet. Für eine Umfahrungsstrasse stehen dabei die qualitativen Wirkungen in den Bereichen Siedlung und Sicherheit im Vordergrund gegenüber den Wirkungen in der Verkehrsqualität, die bei anderen Projekten, in denen es vornehmlich um die Funktionalität der Strasse geht, ein grösseres Gewicht erhalten können. Die Gewichtung wird angelehnt an jener ähnlicher Projekte und anschliessend mit der Begleitgruppe aus Kanton und Gemeinde validiert.

Nr.	Zielbereich	ielbereich Indikator Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA)		Gewicht
VQ_1		Reisezeit		5%
VQ_3		Betriebskosten Fahrzeuge		3%
VQ_4	Verkehrsqualität	Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr	25%	7%
VQ_6		Verkehrsentlastung im Strassennetz		10%
SI_1	Sicherheit	Unfälle, Verkehrssicherheit	15%	15%
SE_1		Aufenthalts- und Lebensqualität in bestehenden Siedlungen		15%
SE_2	Siedlung	Potenzial für Siedlungsentwicklung (durch Entlastung und Aufwertung)	30%	5%
SE_3		Erreichbarkeit Siedlungsschwerpunkte		5%
SE_4		Ortsbild		5%
UW_1		Lärm- und Luftbelastung		5%
UW_2A		Qualität von Gewässern		3%
UW_2B		Qualität von natürlichen Lebensräumen		4%
UW_3	Umwelt	Flächenbeanspruchung und Bodenfruchtbarkeit	30%	4%
UW_4	Onweit	Klimabelastung	30 /6	3%
UW_5		Umweltbelastung während der Bauphase		2%
uw_6		Landschaftsbild, Naherholung		5%
uw_7		Deponien für Ausbruch-/Aushubmaterial		4%

Tabelle 2: Nutzenindikatoren KWA (mit Gewichtung)

³ EBeN: Einheitliche Bewertungsmethode Nationalstrassen

Neben den Nutzenindikatoren sind die Kosten der Varianten zu messen. Dazu gelangen ebenfalls mehrere Indikatoren zur Anwendung. Diese beziehen sich teilweise auf Gesamtkosten und teilweise auf jährlich wiederkehrende Kosten (vgl. Tabelle 3). Die Kosten werden als jährliche Kosten summiert, wofür die Gesamtkosten in Annuitäten umgerechnet werden.⁴

Nr. Zielbereich Inc		Indikator	
DK_1		Baukosten	
DK_2	Kosten	Ersatzinvestitionen	
DK_3		Landkosten	
DK_4		Betriebs- und Unterhaltskosten Strasse	

Tabelle 3: Kostenindikatoren KWA

Alle Indikatoren sind, zusammen mit den Detailergebnissen der Variantenbewertung, im Anhang C beschrieben.

5.3. Methodik Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA)

Die KWA hat zum Ziel, grösstenteils qualitativ eingeschätzte und vereinzelt quantitativ gemessene Wirkungen entlang der Liste der Indikatoren zu bewerten und damit einen Vergleich der Varianten in Bezug auf die Indikatorergebnisse zu ermöglichen.

In einem ersten Schritt (Nutzwertanalyse) werden die Ergebnisse aller betrachteten Indikatoren mit Hilfe einer Nutzenfunktion in dimensionslosen Nutzenpunkten (positiv oder negativ) ausgedrückt. Damit werden quantitative und qualitative Indikatoren auf gleiche Weise berücksichtigt. Für jeden Indikator wird beschrieben, welche Wirkung erzielt werden muss, damit die maximale bzw. minimale Anzahl Nutzenpunkte (+/- 50 Nutzenpunkte) erreicht wird. Dabei muss im Rahmen des Möglichen darauf geachtet werden, dass alle Wirkungen entsprechend ihrem Ausmass berücksichtigt werden. Wenn die Wirkungen bezüglich eines Indikators generell gering sind, soll dies auch in der Vergabe einer kleinen positiven oder negativen Nutzenpunktzahl zum Ausdruck gebracht werden. Es geht nicht darum, die Skalen in allen Indikatoren möglichst gut auszunutzen. Schliesslich werden die Nutzenpunkte für alle Indikatoren gemäss dem Zielsystem (vgl. Kapitel 5.2) gewichtet und aggregiert. Damit kann der Gesamtnutzen jeder Variante bilanziert werden.

Dieser wird anschliessend zu den jährlichen direkten Kosten (vgl. Tabelle 3) in Bezug gesetzt. Das Ergebnis stellt die Nutzenpunkte im Verhältnis zu den direkten Kosten grafisch dar. Dies zeigt die Nutzeneffizienz des Mitteleinsatzes bei den einzelnen Varianten auf.

⁴ Die Bewertung bezieht alle Kosten ein, die während der Bauphase von 3.5 Jahren bis zur möglichen Inbetriebnahme 2035 sowie in den anschliessenden ersten 40 Betriebsjahren (2035 – 2074) anfallen. Dabei werden die Lebensdauern der jeweiligen Infrastrukturbestandteile berücksichtigt. Ein Restwert der Infrastruktur nach Ablauf des betrachteten Zeitraums wird berechnet und in Abzug gebracht. Alle monetarisierten Wirkungen werden auf ein Bezugsjahr 2022 diskontiert. Der verwendete Diskontsatz beträgt 2%.

5.4. Weitere qualitative Indikatoren

Weitere Indikatoren werden rein qualitativ beschrieben. Es handelt sich dabei um Aspekte der Projektrealisierung sowie um die Kongruenz des Projektes mit den strategischen Vorgaben (vgl. Tabelle 4).

Nr.	Indikator	
QI_1	Kostenrisiko, bautechnisches Risiko	
QI_2	Verfahrensrisiko	
QI_3	Etappierbarkeit	

Tabelle 4: Weitere qualitative Indikatoren

5.5. Varianten

Zwei Varianten für die Umfahrung Unterägeri werden bewertet:

- Variante 10a: Die Variante verläuft vollständig in einem knapp 1.4 km langen Tunnel, der sein östliches Portal am See (identisch bei beiden Varianten) und sein westliches Portal nahe beim Knoten Zugerstrasse / Alte Landstrasse noch im Siedlungsgebiet hat. Aufgrund der Kurvigkeit wird von einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Tunnel von 60 km/h ausgegangen.
- Variante N+: Die Variante verläuft vollständig in einem 1.8 km langen Tunnel, der sein östliches Portal am See (identisch bei beiden Varianten) und sein westliches Portal an die Zugerstrasse ausserorts im Bereich Windegg zwischen Unterägeri und Neuägeri hat. Wegen der gestreckten Linienführung kann in dieser Variante von einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Tunnel von 80 km/h ausgegangen werden.

Die Kosten der Varianten werden auf der Basis des aktuellen Kenntnisstandes für die Bewertung wie in Tabelle 5 geschätzt:

	Variante 10a	Variante N+
DK_1: Baukosten (inkl. Unvorhergesehenes und Mehrwertsteuer)	215 Mio. CHF	281 Mio. CHF
Total Direkte Kosten ⁵ Annuität	6.2 Mio. CHF/a	9.3 Mio. CHF/a

Tabelle 5: Kosten der Varianten (weitere Kostenaufschlüsselung siehe Anhang B)

⁵ Die Direkten Kosten setzen sich zusammen aus Baukosten, Ersatzinvestitionen, Landkosten sowie Betriebs- und Unterhaltskosten, jeweils in Annuitäten gerechnet.

5.6. Verkehrliche Wirkungen

Beide Varianten entlasten die Ortsdurchfahrt von Unterägeri stark. Die Variante N+ bewirkt im Zentrum von Unterägeri jedoch eine noch etwas stärkere Entlastung als die Variante 10a. Der Grund dafür ist, dass Verkehr aus dem Gebiet östlich des Zentrums von Unterägeri ebenfalls die Umfahrung nutzt und dafür in Kauf nimmt, bis zum Anschlussknoten am See zurückzufahren, um links in die Umfahrung einzumünden (bzw. umgekehrt). Dieser Effekt führt zu einer stärkeren Entlastung des Kerns von Unterägeri und erhöht die Belastung im Tunnel. Um dies zu ermöglichen, wird der Anschlussknoten am See zu einem Vollknoten ausgestaltet, was für die Variante 10a nicht erforderlich ist.⁶

Die verkehrlichen Wirkungen der beiden Varianten im Vergleich zum Referenzzustand werden mit dem Gesamtverkehrsmodell (GVM) des Kantons Zug berechnet. Dabei werden flankierende Massnahmen auf der Zugerstrasse (Ortsdurchfahrt im Siedlungsgebiet) und auf der Alten Landstrasse angenommen, welche die Entlastungswirkung unterstützen (vgl. Kapitel 4.5).

Für die Bewertung besonders relevant sind die resultierenden Veränderungen der Fahrleistung (Fahrzeug-Kilometer pro Jahr) und der Reisezeit (Personen-Stunden pro Jahr). Diese beiden Ergebnisse aus dem Verkehrsmodell sind Eingangsgrössen für die Bewertung. Die Werte sind in Tabelle 6 dargestellt.

Variante	Veränderung Fahrleistung	Veränderung Reisezeit (Personenverkehr)
10a	+0.1 Mio. Fz-km/a	-21'000 P-h/a
N+	-0.8 Mio. Fz-km/a	-73'000 P-h/a

Tabelle 6: Veränderung der verkehrlichen Schlüsselgrössen je Variante im Vergleich zum Referenzzustand im Jahr 2040

Die Variante 10a bewirkt kaum eine Veränderung der Fahrleistung. Die Fahrt über die Umfahrung ist annähernd gleich lang wie jene über die bestehende Zugerstrasse. Hingegen lässt sich durch die Fahrt über die Umfahrung Reisezeit einsparen, und zwar summiert 21'000 Personen-Stunden pro Jahr.

Anders sehen die verkehrlichen Wirkungen im Fall der Variante N+ aus: Hier resultiert eine Reduktion der Fahrleistungen, da die Umfahrung für den gesamten Durchgangsverkehr eine deutlich direktere Route darstellt. Dieser Effekt wird etwas gemindert durch längere Fahrten, welche auf Beziehungen mit dem östlichen Teil von Unterägeri die Umfahrung nutzen und dafür einen Umweg in Kauf nehmen. Die Reisezeitgewinne fallen in dieser Variante rund 3.5-mal grösser aus. Grund dafür ist die direkte Linienführung und die mit 80 km/h höhere Geschwindigkeit.

⁶ Die 2011 ausgearbeiteten Vorprojekte sahen hier lediglich einen Halbanschluss vor. Die Ausgestaltung als Vollanschluss bedingt eine umsichtige Wahl der Geometrie, damit der Abstand der Infrastruktur zum Seeufer erhalten bleibt und die Linienführung des historischen Verkehrswegs (IVS) nicht beeinträchtigt wird.

5.7. Bewertungsergebnisse

5.7.1. Kostenwirksamkeitsanalyse

Die KWA, wie in Kapitel 5.3 beschrieben, führt für die Umfahrung Unterägeri zum in Abbildung 4 dargestellten Ergebnis.

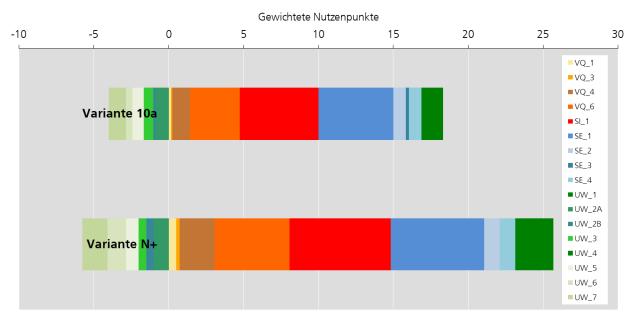


Abbildung 4: Gewichtete Nutzenpunkte je Indikator (Indikatoren siehe Kapitel 5.2)

Beide Varianten werden bezüglich ihres Nutzens überwiegend positiv bewertet, die Variante N+deutlicher als die Variante 10a.

- Variante 10a: 18.3 positive Nutzenpunkten stehen nur 4.0 negativen entgegen. Es resultiert ein Saldo von 14.3 gewichteten Nutzenpunkten.
- *Variante N+:* 25.7 positive Nutzenpunkten stehen nur 5.8 negativen entgegen. Es resultiert ein Saldo von 19.9 gewichteten Nutzenpunkten.

Die drei stärksten positiven Nutzenbeiträge resultieren aus der Entlastungswirkung auf dem lokalen Netz (VQ_6), wo die positiven Wirkungen auf den Fuss- und Veloverkehr berücksichtigt werden, aus dem Gewinn an Verkehrssicherheit (SI_1) und den Verbesserungen der Aufenthaltsqualität im Siedlungsgebiet entlang der entlasteten Ortsdurchfahrt (SE_1).

Die einzigen negativen Nutzenbeiträge sind in den Umweltbereichen zu finden. Einzig von den Auswirkungen auf Lärm und Luft und auf die Emission von CO2 (UW_1 / UW_4), die von den verkehrlichen Wirkungen abhängig sind, gehen positive Wirkungen aus. Betragsmässig fallen die negativen Umweltwirkungen jedoch nicht allzu stark ins Gewicht, da bei keinem der Indikatoren sehr stark negative Umweltwirkungen zu verzeichnen sind.

Auffällig ist, dass die Wirkungen für beide Varianten über weite Strecken sehr ähnlich sind, für die Variante N+ aber in vielen Indikatoren stärker ausgeprägt. Die Varianten wirken also grundsätzlich auf dieselbe Weise, aber in unterschiedlichem Ausmass.

In der Kostenwirksamkeitsanalyse werden die bilanzierten gewichteten Nutzenpunkte zu den direkten Kosten (Baukosten, Ersatzinvestitionen, Landkosten, Betriebs- und Unterhaltskosten) ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis ist in Abbildung 5 dargestellt.

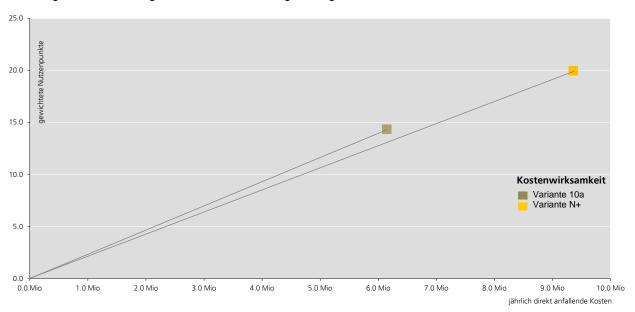


Abbildung 5: Ergebnis Kostenwirksamkeitsanalyse

Das Ergebnis der Kostenwirksamkeitsanalyse ist für beide Varianten sehr ähnlich. Bei der Variante N+ sind Nutzen und Kosten in ungefähr demselben Mass grösser als bei der Variante 10a. Sind die Kosten der einen oder der anderen Variante um wenige hunderttausend Franken pro Jahr höher oder tiefer, kann die Reihenfolge der beiden Varianten ändern.

5.7.2. Sensitivitätsanalyse Kostenwirksamkeitsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse dient dazu, wichtige, aber potenziell unsichere Annahmen der Bewertung zu hinterfragen und zu variieren. Die Variation soll zeigen, ob die Ergebnisse stabil sind oder ob sich die Reihenfolge der Varianten untereinander verändert.

Aufgrund des grossen Einflusses der Gewichtung auf das Ergebnis der Kostenwirksamkeitsanalyse steht für die Sensitivitätsanalyse dieser Aspekt im Vordergrund. Die Gewichtung wird oft als der Schwachpunkt der Nutzwertanalyse oder der darauf basierenden Kostenwirksamkeitsanalyse beschrieben, da sie als subjektiv erscheinen kann. Die Hauptgewichtung wird deshalb in der Sensitivitätsanalyse variiert. Die Bewertung wird alternativ mit je einer stärker verkehrsorientierten, siedlungsorientierten und umweltorientierten Gewichtung durchgeführt. Dazu wird die Hauptgewichtung im jeweils stärker zu gewichtenden Zielbereich um 50 Prozent erhöht und für die restlichen Zielbereiche proportional reduziert. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigt Abbildung 6.

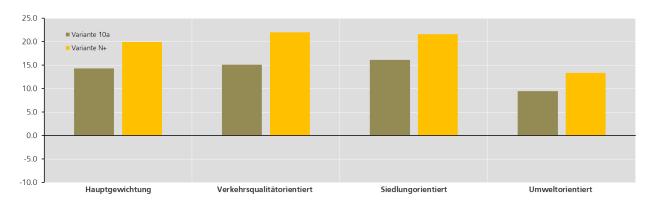


Abbildung 6: Ergebnisse der Nutzwertanalyse mit variierter Gewichtung

Zwar ändern sich die absoluten Bewertungen der einzelnen Varianten. Insbesondere wenn die Umweltindikatoren stärker gewichtet werden, sinken die Nutzwerte durch die Reduktion der Gewichtungen für die anderen Indikatoren mit starken Nutzen. Die Reihenfolge zwischen den Varianten bleibt jedoch durchwegs unverändert.

In einem zweiten Schritt werden neben der Gewichtung auch die Kosten variiert. Die Kosten sind zum Zeitpunkt des Variantenvergleichs aufgrund des Planungsstandes mit einer Genauigkeit von +/-30% geschätzt, was verdeutlicht, dass dieser Aspekt des Vergleichs von Nutzen und Kosten ebenfalls Unschärfen aufweist. Für die Sensitivitätsanalyse wird eine weniger starke Abweichung von +/-20% simuliert. Gemeinsam mit der Variation der Gewichtung und den daraus berechneten unterschiedlichen Resultaten ergibt sich das in Abbildung 7 dargestellte Bild, wobei der «Wahrscheinlichkeitsraum» des Kostenwirksamkeitsverhältnisses als Ellipse angedeutet wird.

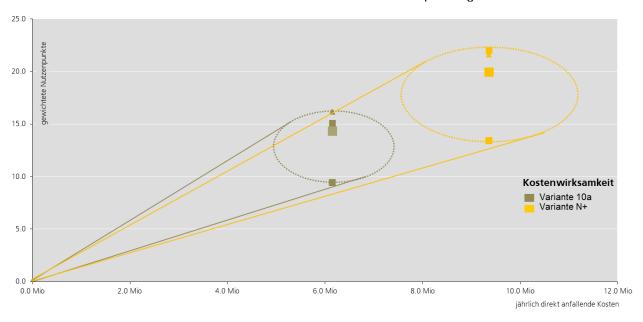


Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse von Unschärfen bei Gewichtung und Kosten

Aus der Überlagerung der Unschärfen bei Gewichtung und Kosten ergeben sich im Diagramm Flächen, innerhalb welcher das Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten liegt. Wie die Abbildung zeigt, überlappen sich die Bandbreiten der Verhältnisse sehr stark. Der kleine Vorteil, welchen die Variante 10a aus der Kostenwirksamkeitsanalyse hat, ist nach wie vor sichtbar, aber der grösste Teil der Flächen liegt für beide Varianten innerhalb desselben Streubereichs.

Aus der Sensitivitätsanalyse zur Kostenwirksamkeitsanalyse ergibt sich kein klarer Vorteil für eine der Varianten. Der Nutzen der Variante N+ ist höher, aber er muss auch proportional teurer erkauft werden.

5.7.3. Weitere qualitative Indikatoren

Weitere Wirkungen der Varianten werden rein qualitativ beschrieben. Es handelt sich dabei um Aspekte der Projektrealisierung (vgl. Kapitel 5.4).

QI_1: Kostenrisiko, bautechnisches Risiko

Var.	Beurteilung
10a	Die Geologie ist aus früheren Studien teilweise bekannt und die bautechnischen Risiken des Tun-
N+	nels sind in beiden Varianten eher gering. Risikobeurteilung: Risiko klein

QI_2: Verfahrensrisiko

Var.	Beurteilung
10a	Grund für politische Kontroversen und Rechtsmittelverfahren können insbesondere die oberirdischen Elemente der Variante sein, also die Portale und Anschlussbereiche. Das Westportal und der Anschlussknoten an die Zugerstrasse stellen im Bereich des Sportcenters Ägeri einen Eingriff in das Ortsbild dar und vermindern das Potenzial für eine städtebauliche Entwicklung an dieser Stelle. Das Ostportal und der dortige Anschlussknoten am See stellen ebenfalls einen Eingriff dar, dieser unterscheidet sich jedoch nicht zwischen den beiden Varianten. Risikobeurteilung: Risiko gross bis sehr gross
N+	Grund für politische Kontroversen und Rechtsmittelverfahren können insbesondere die oberirdischen Elemente der Variante sein, also die Portale und Anschlussbereiche. Das Westportal und der Anschlussknoten an die Zugerstrasse tangieren das im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung (ISOS) enthaltene Objekt Neuägeri, weshalb die ENHK in die Projektentwicklung einbezogen sein möchte, nachdem sie diese Variante bereits 2012 beurteilt hat. Das Ostportal und der dortige Anschlussknoten am See stellen ebenfalls einen Eingriff dar, dieser unterscheidet sich jedoch nicht zwischen den beiden Varianten. <i>Risikobeurteilung: Risiko mittel</i>

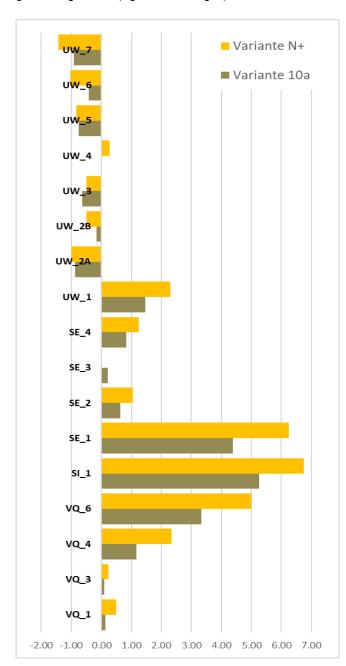
QI_3: Etappierbarkeit

Var.	Beurteilung
10a	Keine der Varianten ist etappierbar.
N+	Risikobeurteilung: -

5.8. Wahl der Bestvariante

Das Ergebnis der Bewertung geht davon aus, dass die flankierenden Massnahmen wie beschrieben umgesetzt werden. Die Kostenwirksamkeitsanalyse führt nicht zu einem klaren Ergebnis. Insbesondere unter Zuhilfenahme der Sensitivitätsanalyse wird deutlich, dass die Verhältnisse zwischen Nutzen und Kosten für beide Varianten sehr ähnlich sind.

In der Folge werden die spezifischen Vor- und Nachteile der Varianten 10a und N+ einander gegenübergestellt (vgl. Abbildung 8).



Im direkten Vergleich zwischen den Varianten 10a und N+ zeigen sich folgende relevanten Unterschiede:

UW_7: Die längere Tunnelstrecke führt bei der Variante N+ zu einer grösseren Menge an Aushub- und Ausbruchmaterial.

UW_6: Das Westportal Variante N+ liegt im ISOS-Gebiet Neuägeri und am Rand von BLN/Landschaftsschongebiet.

UW_2B: Temporäre und teilweise permanente Rodung beim Westportal Variante N+ UW_1: Die Variante N+ führt zu einer stärkeren Verkehrsentlastung im Zentrum und damit zu weniger Lärmemissionen.

SE_1: Die stärkere Verkehrsentlastung führt im Fall der Variante N+ auch zu einer stärkeren Verbesserung der Aufenthaltsqualität.

SE_4: Das Westportal der Variante 10a innerhalb der Ortschaft bedeutet einen starken Eingriff ins Ortsbild und schmälert das Potenzial für bauliche Entwicklungen in diesem Bereich.

SI_1: Auf der Ortsdurchfahrt von Unterägeri führt die Variante N+ zu einer bedeutenden Reduktion der Verkehrsbelastung und damit der Unfallhäufigkeit.

VQ_4/6: Die Variante N+ und ihre flankierenden Massnahmen in Unterägeri führen aufgrund der stärkeren Entlastungswirkung auch zu einer stärkeren Verbesserung der Verhältnisse für den ÖV, den Fuss- und Veloverkehr.

Abbildung 8 Gewichtete Nutzwerte Varianten N+ (gelb) und 10a (bronze)

Wenn der Höhe der Kosten nicht sehr grosse Bedeutung beigemessen wird, dann kann der Variante N+ der Vorzug vor der Variante 10a gegeben werden. Sie generiert einen um ca. 50% höheren Nutzen.

Kanton und Gemeinde wählen auf der Basis dieser Ergebnisse gemeinsam die Variante N+ zur Weiterbearbeitung aus. Für diese wird das Generelle Projekt erstellt (vgl. Kapitel 6). Die Variante N+ erbringt einen deutlich höheren Nutzen, indem sie das Zentrum von Unterägeri stärker entlastet und damit mehr Spielraum schafft. Zudem vermeidet sie mit ihren Portalen ausserhalb bzw. am Rand des Siedlungsgebiets einen Eingriff im Siedlungsgebiet, wie er durch die Variante 10a erfolgen würde. Die Mehrkosten der Variante N+ werden in Anbetracht des grossen Mehrnutzens in Kauf genommen.

6. Generelles Projekt Variante N+

6.1. Allgemein

Das Generelle Projekt der Variante N+ weist aufgrund der Festlegungen in den Machbarkeitsabklärungen starke Ähnlichkeiten mit dem Teil-Vorprojekt der Variante N+ (TVP 2011) auf. Viele Details dienen als Grundlage für die Ausarbeitung der Variante N+.

6.2. Offene Strecken und Trassee

6.2.1. Portalbereich West

Für den Knoten beim Westportal (Anschluss der Umfahrung an die Zugerstrasse) ist ein Kreisel vorgesehen. Die Knotenströme sind in Abbildung 9 abgebildet. Um einem Rückstau in den Tunnel vorzubeugen, ist die Relation Tunnel – Zug mit einem Bypass ausgebildet. Gemäss den aktuellen Verkehrsberechnungen reicht die Kapazität der nördlichen Einfahrt in den Kreisel in der ASP im Jahr 2040 nach Schweizer Norm (VSS 40 024a) knapp nicht aus. Die Kapazität von 1'136 Personenwageneinheiten (PWE) wird um 21 PWE (1.8%) überschritten. In Übereinkunft mit Kanton und Gemeinde wird trotzdem an der Kreisellösung festgehalten. Eine geometrische Anpassung des Knotens mit der erforderlichen Stellungnahme der ENHK wäre im jetzigen Vertiefungsstand in Anbetracht des engen Zeitplans nicht phasengerecht. Der Knoten sowie die Verkehrsströme am Knoten sind in der nächsten Projektphase vertieft zu untersuchen.

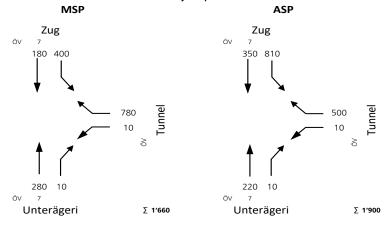


Abbildung 9: Belastung [PWE/h] Variante N+ Portal West in Morgenspitzenstunde (MSP) und Abendspitzenstunde (ASP)

Das vorgesehene Kreiselbauwerk weist einen Aussendurchmesser von 29 m auf. Die Kreiselfahrbahn hat eine Breite von 6.00 m. Alle Zufahrten sind einstreifig ausgebildet. Der gesamte Kreisel weist, wie die ersten Tunnelmeter, eine Neigung von 3% auf. Im Vergleich zur heutigen Zugerstrasse wird das Trottoir aus Sicherheitsgründen auf die gegenüberliegende Seite verlegt, damit

⁷ Die Kapazität von Kreiseleinfahrten wird durch die Verkehrsstärke auf der Kreisfahrbahn vor der Einfahrt bestimmt. Diese ist besonders gering in diesem Projekt (10 PWE), da es ein dreiarmiger Kreisel ist und es durch die Verkehrsbeziehungen auf dem Netz für die Nutzer/innen des Tunnels wenig sinnvoll ist, links in Richtung Unterägeri zu fahren. Diese würden eher die Route durchs Dorf wählen. In der Datengrundlage für die Norm fehlen Kreisel mit diesen Charakteristiken. Ferner erscheint die Kapazität der aktuellen VSS-Norm im Vergleich zur deutschen Grundlage (HBS 2015, 1'230 PWE/h), zur alten Schweizer Norm (1'300 PWE/h) und zu weiteren Grundlagen (Schnabel/Lohse) konservativ. Mit den beiden alternativen Grundlagen würde eine VQS D erreicht.

kein Fussgängerübergang in der Zufahrt des Umfahrungstunnels benötigt wird. Die Aussenkante des neuen Trottoirs liegt ca. 8 m weiter in der Ebene als der bisherige Strassenrand, wodurch eine Geländeanpassung mit einer Aufschüttung notwendig wird. Im Kreisel sind alle Fahrbeziehungen für alle Fahrzeug-Kategorien möglich (siehe Plan in Abbildung 10).

Die Böschung der Geländeanpassung im Kreiselbereich ist in Anlehnung an die vorhandene Böschung mit einer Neigung von ca. 1:1 vorgesehen, wobei in kommenden Projektphasen auch eine steilere Böschung oder alternativ eine Stützmauer in Betracht gezogen werden kann.

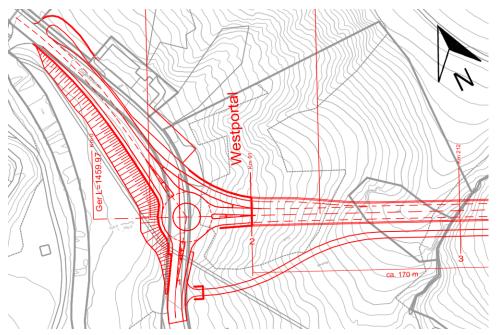


Abbildung 10: Planausschnitt des geplanten Knotens am Portal West im GP 2022

6.2.2. Portalbereich See

Der Knoten beim Portal See (Anschluss der Umfahrung an die Seestrasse) wird als geregelter Vollknoten mit Lichtsignalanlage ausgebildet. Die Lichtsignalanlage ist erforderlich, damit in der Spitzenstunde die Kapazität ausreicht. Die Lage des Knotens ergibt sich aus den Anforderungen, das Tunnelportal auf der Parzelle in der Zone für öffentliche Bauten und Anlagen (ÖIB) anzuordnen, sowie aus der Verkehrssicherheit (Sichtweiten) für die aus Unterägeri einmündenden Benutzer der Strasse. Die Optimierung der Tunnellänge sowie weiterer Kriterien führt zudem zur Lage des Portals direkt an der Parzellengrenze.

Sämtliche Fahrbeziehungen sind für alle Fahrzeugtypen offen und weisen aus Gründen der Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit teilweise eine separate Aufstellspur auf. Die Aufstellspur für den Rechtsabbieger vom Tunnel Richtung Unterägeri wird 24 m lang ausgebildet, um die errechnete maximale Rückstaulänge in 95% der Fälle aufnehmen zu können, und reicht bis in den Tunneleingang. Der Abbieger ist geometrisch so geplant, dass LW über eine befahrbare Insel in Richtung Unterägeri abbiegen können. Diese Lösung ist in einer späteren Projektphase zu optimieren. Die Anzahl LW auf dieser Fahrbeziehung wird aufgrund der räumlichen Anordnung der Industrie-/ Gewerbegebiete als minimal eingeschätzt. Für die vom Tunnel geradeaus fahrenden Fahrzeuge ist

ein 95%-Rückstau von 63 m Länge bis in den Tunnel ermittelt worden. Der Linksabbieger aus der Seestrasse nach Unterägeri weist eine separate Aufstellspur von 50 m Länge auf, was reicht, um die errechnete massgebende Rückstaulänge aufnehmen zu können. Die Aufstellspur des Linksabbiegers aus Unterägeri Richtung Tunnel ist 46 m lang. Da der Parkplatz weiter Richtung Osten verschoben wird, wird kein Fussgängerstreifen geplant. Fussgänger mit dem Ziel Alte Landstrasse können den bestehenden Fussgängerstreifen östlich des Knotens benutzen. Eine Optimierung der Knotenlage weiter östlich ca. 2 m tiefer in den Hang zur weitergehenden Vermeidung des Rückstaus in den Tunnel ist in einer späteren Phase zu prüfen.

Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen die Verkehrsbelastungen je Strom am Knoten sowie einen Ausschnitt des Situationsplans.

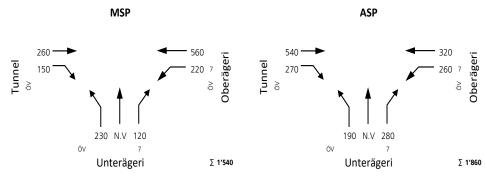


Abbildung 11: Belastung [PWE/h] Variante N+ Portal Ost

Die signalisierte Höchstgeschwindigkeit beträgt am Knoten 50 km/h. Die Fussgängerwege an der Seestrasse können erhalten bleiben, jedoch sollte aus Sicherheitsgründen auf Fussgängerquerungen auf dem Ast des Umfahrungstunnels verzichtet werden. Für Velos sind in dieser Phase der Bearbeitung keine speziellen Massnahmen geplant. Die Längsneigung am Knoten beträgt rund 0.5 %.

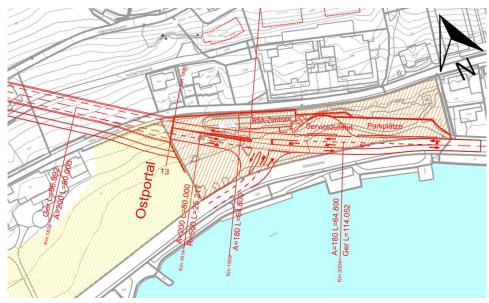


Abbildung 12: Planausschnitt des geplanten Knotens am Portal See im GP 2022

6.2.3. Normalprofil offene Strecke

Das Normalprofil der Verkehrsanlage in den offenen Bereichen unterscheidet sich nicht von jenem im Tunnel. Es ist grundsätzlich eine Fahrbahnbreite von 2 x 3.75 m vorgesehen. Die Querneigung beträgt min. 2.5 %. Ausserhalb des Tunnels sind an Stellen ohne angrenzende Trottoirs Bankette von 1.00 m Breite vorgesehen. Die Höhe des Normalprofils beträgt 4.50 m.

6.2.4. Entwässerung offene Strecke

Das Strassenabwasser der Zufahrtsbereiche wird wie jenes der bestehenden Strassen (Seestrasse, Zugerstrasse) behandelt. Das Strassenabwasser wird über Schlammsammler gesammelt und über eine Sammelleitung dem Vorfluter zugeführt. Eine Behandlung mit einer Strassenabwasserbehandlungsanlage (SABA) ist aufgrund der geringen Fläche (< 2'000 m²) und der mittleren Verschmutzung (gemäss VSA) nicht erforderlich. Eine Strassenabwasserbehandlung macht im vorliegenden Fall nur Sinn, wenn auch die bestehenden Zulaufstrecken behandelt würden.

6.2.5. Flankierende Massnahmen im Dorf

Die flankierenden Massnahmen sind in den Kapiteln 3.3.2 und 4.5 beschrieben. Wie sie ausgestaltet werden (bauliche Massnahmen, elektronische Kontrollen etc.), ist in einer späteren Projektphase zu prüfen.

6.2.6. Ergebnisse Verkehrsmodell

Die Ergebnisse des Verkehrsmodells zeigen, dass mit einer Verkehrsreduktion auf der Zuger- und Seestrasse zu rechnen ist. Dies unter der Voraussetzung, dass die flankierenden Massnahmen wie angenommen umgesetzt werden. In Tabelle 7 und Tabelle 8 sind die Ergebnisse kurz zusammengefasst. Die detaillierten Resultate der Verkehrsmodellberechnungen sind als Anhang D angefügt.

Betrachtungsort	Referenz	N+	N+ Diff	N+ Diff %
Ortseingang West (Spinnerei)	1'530	460	-1'070	-70%
Ortsmitte (Bushaltestelle Zentrum)	1'100	90	-1'010	-92%
Ortseingang Ost (Seefeld)	970	710	-260	-27%

Tabelle 7: Ergebnis Verkehrsmodell 2040, Morgenspitzenstunde [Fz/h]

Betrachtungsort	Referenz	N+	N+ Diff	N+ Diff %
Ortseingang West (Spinnerei)	1'790	580	-1'210	-68%
Ortsmitte (Bushaltestelle Zentrum)	1'390	250	-1'140	-82%
Ortseingang Ost	1'210	990	-220	-18%

Tabelle 8: Ergebnis Verkehrsmodell 2040, Abendspitzenstunde [Fz/h]

Unterschiede dieser Verkehrsmodellergebnisse zu den Modellrechnungen des Vorprojekts 2011 (mit Halbanschlussknoten Portal See) lassen sich auf die neue Modellversion und den neuen Vollknoten Ost zurückführen.

6.3. Linienführung

6.3.1. Horizontale Linienführung

Die horizontale Linienführung zwischen den beiden Anschlussknoten ergibt sich aus den Anforderungen der Geotechnik, des Platzverbrauchs auf den Anschlussparzellen sowie aus der Reduktion der Tunnellänge. Tabelle 9 zeigt die Elemente der horizontalen Linienführung.

km	Element	R/A	L [m]	Bemerkungen
0	Gerade		1459.98	- Achse Kreisel Zugerstrasse bei km 0.050 - Tunnelportal bei km 0.091
1.4600	Klothoide	250	78.13	
1.5380	Kurve	800	120.32	
1.6584	Klothoide	250	78.13	
1.7365	Gerade		96.99	
1.8335	Klothoide	200	80.00	- Portal bei km 1.895
1.9135	Kurve	500	25.22	
1.9388	Klothoide	180	64.80	
2.0036	Gerade		114.05	- Anschluss an bestehende Linienführung Seestrasse

Tabelle 9: Elemente der horizontalen Linienführung

Es wird von einer Ausbaugeschwindigkeit von v_A=80 km/h im Tunnel ausgegangen. Das vorliegende Generelle Projekt erfüllt die damit verbundenen Anforderungen an die Linienführung und Sichtverhältnisse.

6.3.2. Vertikale Linienführung

Die vertikale Linienführung schliesst jeweils an das bestehende Strassennetz an. Die massgebenden Rahmenbedingungen für die Trassierung der Umfahrung Unterägeri in der Vertikalen sind:

- Anschluss an das bestehende Strassennetz ohne grosse Umbaumassnahmen
- Unterquerung der Alten Landstrasse beim Portal See ohne massgebliche Anpassung ihrer Höhenlage gegenüber dem heutigen Zustand
- Lage des Tunnels in möglichst günstigen geologischen Schichten des Wilerbergs
- Anforderungen an die Entwässerung des Tunnelbauwerks

Der Anschluss an das bestehende Strassennetz erfolgt im neuen Kreisel an der Zugerstrasse. Der Kreisel in der Zugerstrasse weist eine Steigung von 3 % auf, welches sich in den ersten

Tunnelmetern weiterzieht. Bis zum Hochpunkt, der bei km 1.200 zu liegen kommt, steigt der Tunnel mit einer konstanten Steigung von 2 %. Die maximale Höhe der Tunnelfahrbahn beträgt an dieser Stelle 732.18 m. Die Ausrundung der Kuppe am Hochpunkt weist einen Radius von 10'000 m auf.

Anschliessend fällt die Umfahrungsstrasse mit 1 % in Richtung Portal See. Nach dem Portal See geht die Strasse mit einer Neigung von 0.5 % in das bestehende Strassennetz (Seestrasse) über.

6.3.3. Spezialmassnahmen Objekte

Durch die gewählte Linienführung und Knotenausgestaltung, sowie den Portalstandorten des Sicherheitsstollens sind keine Abbrüche oder Unterfangungen von Drittbauwerken erforderlich. Eine baubedingte Beeinflussung angrenzender Gebäude kann nicht ausgeschlossen werden, wird jedoch mit entsprechenden Massnahmen zur Verminderung der Verformungen, des Lärms und Erschütterungen möglichst klein gehalten.

6.4. Tunnelbau

6.4.1. Tunnelbauwerk mit Nebenanlagen

Der Umfahrungstunnel umfährt Unterägeri im Berghang "Wiler Berg" nördlich des Dorfes mit Überdeckungen bis rund 100 m und weist eine Gesamtlänge von 1'808 m auf. Der Tunnel verläuft grösstenteils im Fels. Im Osten schliesst ein Lockergesteinsabschnitt an und beidseitig folgen in den Einschnitten kurze Tagbaubereiche. Der Tunnel wird aufgrund der unterschiedlichen topografischen und bautechnischen Randbedingungen in folgende Teilabschnitte gemäss Tabelle 10 gegliedert:

Abschnitt	Länge
Tagbau West	20 m
Bergmännischer Tunnel:	
Felsvortrieb	1'671 m
Lockergestein Ost	62 m
Tagbau Ost	55 m
Gesamtlänge	1'808 m

Tabelle 10: Tunnelabschnitte

Es wird von einer Tunnelinbetriebnahme um ca. 2035 ausgegangen. Das geologische Längenprofil der Umfahrung Unterägeri ist im Anhang G ersichtlich.

Lichtraumprofil Tunnel:

Das Lichtraumprofil des Strassenverkehrs umfasst zwei Fahrspuren mit einer Breite von je 3.75 m. Die lichte Höhe über der Fahrbahn beträgt 4.50 m. Seitlich und über dem Raum für Strassenteilnehmer werden 30 cm Sicherheitsabstand angefügt. Beidseitig sind auch je zwei Felder für Signalisation, und über der Fahrbahn ein Band für Signalisation und Überwachungsausrüstungen berücksichtigt.

Normalprofile Tunnel:

Die Normalprofile basieren auf der neusten Normen- und Richtliniengeneration des SIA und des ASTRA. Die Normalprofile des Tunnels beruhen neben dem Lichtraumprofil auf weiteren Elementen und Randbedingungen. Für die Sicherheit und Nutzung des Tunnels sind dies namentlich die Bankette mit einer Mindestbreite von 1.00 m als Geh- und Fluchtwege und der Raum für die Fahrraumlüftung. Unter der Fahrbahn und in den Banketten müssen für die elektromechanische Erschliessung Kabelrohrblöcke eingebaut werden. Ebenfalls im Bankett liegt die Wasserleitung für die Hydranten. Für die sichere Ableitung des Strassen-, Reinigungs- und Löschwassers dient die unter der Fahrbahn angeordnete Hauptentwässerungsleitung.

Vom Portal West bis zur unterirdischen BSA- und Lüftungszentrale West sowie in den ersten rund 260 m ab dem Portal See entfällt die Zwischendecke. Hier werden die Strahlventilatorengruppen angeordnet.

Zur Aufnahme von Bauabweichungen wird allseitig zwischen dem Lichtraumprofil und dem Gewölbe ein sogenannter bautechnischer Nutzraum von 10 cm freigehalten.

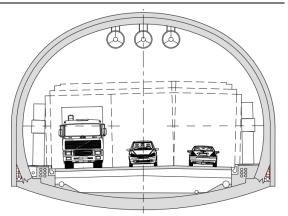
Die Strecke des Strassentunnels umfasst 7 wesentlich verschiedene Normalprofile. Sie unterscheiden sich auf Grund der Anzahl Fahrspuren, den notwendigen Sichtweiten und Lichtraumprofilen in den Kurven und den Abschnitten mit oder ohne Zwischendecke für die Luftabsaugung im Ereignisfall. Vom Portal West bis zur unterirdischen BSA- und Lüftungszentrale West sowie in den ersten rund 260 m ab dem Portal See entfällt die Zwischendecke und es werden an beiden Portalseiten Strahlventilatoren angeordnet. Die bergmännischen Normalprofile werden im Tagbaubereich fortgeführt. Es ist keine Deckelbauweise vorgesehen.

Die Pannenbuchten sind nicht in den Normalprofilen berücksichtigt. Diese sind den Nebenanlagen zugeordnet. Für die Realisierung der Pannenbuchten ist ein Profil der Grösse 3-Spur notwendig. In Tabelle 11 sind Beispiele einiger Normalprofile veranschaulicht.

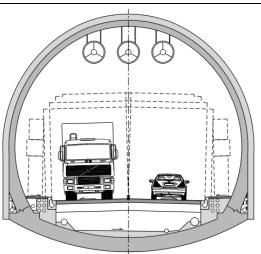
Beschreibung

Plan

Aufgeweitetes Dreispur-Profil mit Strahlventilatoren am Portal West



Zweispur-Profil ohne Zwischendecke und Strahlventilatoren zwischen Portal West und Betriebszentrale



Zweispur-Profil mit Zwischendecke

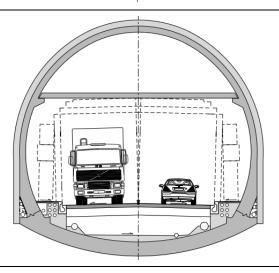


Tabelle 11: Beispiele Normalprofile im Tunnel der Umfahrung Unterägeri

Nebenanlagen

Das Tunnelbauwerk umfasst zusätzlich folgende Nebenanlagen, welche der Sicherheit und den für den Betrieb notwendigen Installationen dienen:

- Beidseitige Ausstellbuchten ca. im Drittelspunkt des Tunnels, sowie bei der Zentrale West
- SOS-Nischen wechselseitig alle 150 m
- Hydrantennischen alle 150 m
- Vier Notausgänge, Paralleler Sicherheitsstollen mit 2 Ausgängen ins Freie
- BSA-Zentralen in den Portalzonen (siehe weiter unten)
- Lüftungszentrale West (siehe weiter unten)

Gewölbeaufbau und Abdichtungskonzept

Der Tunnel weist in den bergmännisch erstellten Abschnitten einen zweischaligen Ausbau auf. Die Tagbauten sind einschalige Ortbetongewölbe. Zur Einhaltung der hydrogeologischen Anforderungen der BUWAL-Richtlinie bezüglich Grundwasserschutz, und zur Gewährleistung der Dichtigkeitsanforderungen, weist der Tunnel in den Tagbau- und Lockergesteinsabschnitten eine Vollabdichtung auf. Diese einlagige Kunststoffdichtungsbahn (KDB) mit zusätzlichen Schutzschichten ist im Tagbaubereich aussenliegend angebracht, und im bergmännischen Abschnitt zwischen der Aussen- und Innenschale angeordnet. Im Felsbereich genügt aus heutiger Sicht eine Teilabdichtung mit Gewölbedrainage für die Fassung und Ableitung des zusickernden Gebirgswassers.

Sicherheitsstollen

Der Sicherheitsstollen, welcher die Fluchtwege ins Freie sicherstellt, ist in Abschnitte (siehe Tabelle 12) gegliedert. Das Längsgefälle entspricht im Tunnel-parallelen Abschnitt jenem des Haupttunnels, und weist im fortführenden Ast zum Ausgang See (Ost) ein grösseres Längsgefälle auf. An beiden Enden des Sicherheitsstollens sind ein Schleusen- und Lüftungsbauwerk für die Überdrucklüftung angeordnet, wobei jenes im Westen zurückversetzt innerhalb der Zentrale vorgesehen ist. Vorplätze gewährleisten die sichere Zufahrt für die Unterhalts- und Rettungsdienste.

Abschnitt		Länge	
Sicherheitsstollen	Parallel-Stollen	Stichstollen	
		Ost	
Tagbau (inkl. Schleuse)	20 m	17 m	
Bergmännisch Lockergestein	- m	35 m	
Bergmännisch Fels	1'560 m	88 m	
Gesamtlänge	1'580 m	140 m	

Tabelle 12: Abschnitte Sicherheitsstollen

6.4.2. Baugruben und Tagbaubereiche

Durch die gewählte Linienführung liegen die Portalbaugruben und Tagbaustellen im Westen ausserhalb des Siedlungsgebietes in steil ansteigendem Gelände und auf der Seite See in Hanglage im Bauland. Der Ausgang Seite See des Sicherheitsstollens liegt nahe neben Wohnhäusern. Auf Grund der beschränkten Platzverhältnisse und zur Minimierung der Baulandbeanspruchung werden alle hohen Baugrubenabschlüsse vertikal vorgesehen.

Beim Portal See sind zur Herstellung einer genügenden Stabilität und Tragwirkung des Einschnittes für den bergmännischen Anschlag des Vortriebes, den Tagbau, die BSA-Zentrale und die Tunnelvorzonen überschnittene verankerte oder über die Ecken gespriesste Bohrpfahlwände vorgesehen. Gering hohe Baugrubenabschlüsse könnten alternativ auch mit offenen ausgefachten Pfahlwänden erstellt werden, wobei der Hangwasserproblematik besondere Beachtung geschenkt werden muss.

Für die gering hohen Baugrubenabschlüsse des bis rund 10 m tiefen Voreinschnittes für den Ausgang des östlichen Endes des Sicherheitsstollens kommen Rühlwände oder Spundwände in Frage. Für den Baugrubenabschluss des Voreinschnittes West sind 2 verschiedene Systeme geplant. Im oberflächennahen Bereich der Lockergesteine ist eine rückverankerte Rühlwand vorgesehen. In den tieferen Bereichen, in welchen der feste Fels ansteht, steht aus heutiger Sicht die Lösung mit einer steilen Nagelwand im Vordergrund. Die Nagelwand ist flexibel und kann je nach Geologie angepasst werden. Beide Systeme werden drainierend ausgeführt, damit sich hinter dem Abschluss kein Wasserdruck aufbauen kann.

6.4.3. Bergmännische Vortriebe

Für die Lockergesteinsvortriebe ist ein Kalottenvortrieb mit nachlaufendem Stross- und Sohlausbruch geplant. Im Lockergestein sind zur Sicherung des Ausbruches und zur Stabilisierung der Ortsbrust vorauseilende Bauhilfsmassnahmen notwendig. Geeignet sind im aktuellen geologischen Kenntnisstand für die Firstsicherung die Verfahren Jett- oder Rohrschirm, und in der Ortsbrust Jettingsäulen oder GFK-Anker. Rollige oder sandige Schichten sind ebenso zu berücksichtigen wie nicht ganz auszuschliessende Blöcke und Findlinge. Auch die Kalottenfüsse müssen wegen der teilweise ungünstigen Setzungseigenschaften mittels Zusatzmassnahmen gesichert werden, wobei Mikro- oder Jettingpfähle und oder die Erstellung einer temporären, gewölbten Sohlplatte im Vordergrund stehen.

Der Vortrieb im Molassefels ist gleich dem Lockergesteinsvortrieb als Kalottenvortrieb mit nachfolgendem Stross- und Sohlausbruch vorgesehen. Der Felsabtrag erfolgt entweder sprengtechnisch oder mechanisch mit einer Teilschnittmaschine.

Die Ausbruchssicherung (Aussengewölbe) besteht im Lockergestein aus einer Spritzbetonschale mit Bewehrung und Stahl- oder Gitterträgern, und im Fels aus einer bewehrten Spritzbetonschale und Felsankern.

Die Kaverne der unterirdischen Zentrale West liegt vollständig im Fels. Auf Grund ihrer Abmessungen muss ein mehrfach unterteilter Ausbruch gewählt werden. In Abhängigkeit der Felseigenschaften wird die Kalotte in zwei oder drei Teilquerschnitte aufgefahren. Danach erfolgt der Ausbruch in voraussichtlich 2 Abtiefungsschritten gefolgt vom gewölbten Sohlbereich. Die Ausbruchssicherung besteht aus einer bewehrten Spritzbetonschale mit Felsankern. Im Kalottengewölbe ist zu prüfen, ob zusätzlich zu langen Felsankern der Einbau von Stahl- oder Gitterträgern notwendig ist.

Die Vortriebsart ist in einer späteren Projektphase, sobald erweiterte geologische Erkenntnisse vorliegen, neu zu evaluieren.

6.4.4. Entwässerung Tunnelstrecke

Die Entwässerung des Tunnels erfolgt im Trennsystem. Berg- und Tunnelwasser (Fahrbahnentwässerung) werden in separaten Leitungen gefasst.

Das Bergwasser wird im Bereich der Teilabdichtung mit einer Gewölbedrainage gefasst und mit einer Sammelleitung dem Vorfluter zugeführt (Portal See: Ägerisee; Portal West: Lorze). Anfänglich, während dem Bau und den ersten Betriebsjahren, muss das Bergwasser über eine Neutralisationsanlage geleitet werden. In der Bauphase ist das Wasser gemäss SIA 431 (Entwässerung von Baustellen) zu entsorgen.

Das Tunnelabwasser wird mit einer Schlitzrinne gefasst und mit einer Sammelleitung entsprechend dem Tunnellängsgefälle zu beiden Portalen geleitet. Auf Grund der Verschmutzung ist es über die öffentliche Kanalisation der Kläranlage Schönau in Friesencham zuzuführen.

Für die periodische Tunnelreinigung befinden sich bei beiden Portalen Stapelbecken im Nebenschluss, wo das Tunnelwaschwasser zurückgehalten werden kann. Nach einer Beprobung kann es der Kläranlage zugeführt, und der abgesetzte Schlamm fachgerecht entsorgt werden. Es ist mit einem Wasserverbrauch von ca. 100 m³/km Tunnel (total ca. 180 m³) zu rechnen. Die Stapelbecken benötigen ein Volumen von ca. 70 m³ (Portal See) und ca. 110 m³ (Portal West).

Im Störfall können die automatischen Schieber beim Stapelbecken geschlossen werden. Die aufgefangene Störfallflüssigkeit (Ladegut, Löschwasser) ist nach Angaben des Amts für Umweltschutz zu entsorgen. Die erforderliche Grösse des Stapelbeckens kann erst nach Vorliegen des Störfallberichts festgelegt werden. Im Normalfall ist jedoch das Volumen für die Stapelung des Tunnelwaschwassers für die Beckengrösse massgebend.

6.4.5. Lüftungssystem

In der Richtlinie zur Lüftung der Strassentunnel sind Grenzen für den Einsatz der Lüftungssysteme angegeben. Für den Umfahrungstunnel Unterägeri ist die Wahl des Lüftungskonzepts bereits durch die Tunnellänge von 1'808 m und die Verkehrsart Gegenverkehr gegeben. Eine weitere Auswertung von Verkehrsaufkommen, Schwerverkehrsaufkommen und Längsneigung ist nicht erforderlich. Der Umfahrungstunnel Unterägeri ist mit einem Lüftungssystem mit lokaler Absaugung über Zwischendecke im Ereignisfall auszurüsten. Der gewählte Querschnitt des Abluftkanals ist 20.4 m² gross. Die NO-Emissionen betragen pro Tunnelportal rund 0.41 t/Jahr. Damit ist voraussichtlich keine Beschränkung der Portalabluft notwendig.

In allen berechneten Verkehrssituationen im Normalbetrieb ist die natürliche Lüftung durch die Kolbenwirkung des Verkehrs ausreichend. Die Bemessungswerte würden auch ohne den Einsatz von Strahlventilatoren eingehalten. Um in allen Verkehrssituationen einen minimalen Luftaustausch innerhalb von 20 min zu erreichen, genügt der Einsatz von minimal zwei Strahlventilatoren. Der Ereignisbetrieb ist für die Auslegung der Strahlventilatoren massgebend.

Neben der minimalen Abluftmenge sind im Ereignisbetrieb minimale Strömungsgeschwindigkeiten im Fahrraum einzuhalten. Der Auslegungswert der Längsströmung in Richtung Ereignisort ist 2 m/s. Um die erforderliche Absaugung bei starken äusseren Kräften (z.B. Kamineffekt, meteorologische Druckdifferenzen) zu gewährleisten, werden neun Strahlenventilatoren in drei Dreiergruppen angeordnet (siehe Abbildung 13).

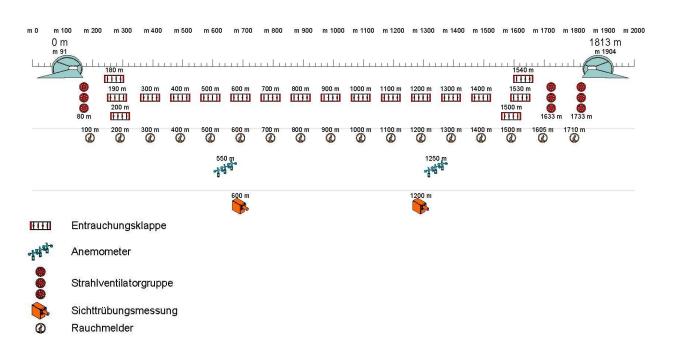


Abbildung 13: Übersicht Tunnellüftung mit möglicher Anordnung der Strahlventilatoren, Brandabzugsklappen und Messeinrichtungen

Die Richtlinie Lüftung der Strassentunnel verlangt für die Brandlüftung durch lokale Absaugung einen minimalen Abluftstrom am Brandort. Unter Beachtung einer ausreichenden Steuerbarkeit des Gesamtsystems ergibt das im vorliegenden Fall ein minimaler Abluftstrom von 220 m3/s für das zweispurige Normalprofil. Das Sonderprofil der Ausstellnische muss nicht berücksichtigt werden. Die Ventilatoren, deren Nebenbauteile und die Bauwerke (Abluftkanal) werden so ausgewählt, dass bei allen geforderten Betriebspunkten diese notwendige Luftmenge erreicht oder übertroffen wird.

Der Abluftkanal beginnt bei der Zentrale im Berg auf Seite West und endet ca. 260 m vom Portal See. Die Abluftklappen mit einer Rahmeninnenfläche von 5 m² werden alle 100 m angeordnet. Im Abschnitt zwischen Ende des Kanals und dem Portal ist keine Rauchabsaugung erforderlich. Die maximale statische Druckdifferenz zwischen Abluftkanal und Verkehrsraum liegt mit weniger als 1000 Pa deutlich im zulässigen Bereich (2500 Pa).

Der Tunnel und SiSto sind für die Überwachung der Luftqualität und zur Regelung der Lüftung im Normalbetrieb und im Ereignisfall mit folgenden Messgeräten auszustatten:

- Strömungsmessung (Anemometer)
- Sichttrübe
- CO-Konzentration
- Branddetektion (Rauchmelder)
- Differenzdruckmessung

6.4.6. Lüftungszentrale und Abluftkamin

Zur Sicherstellung der Brandluftabsaugung werden zwei Ventilatoren vorgesehen. Die Abluftventilatoren werden für eine Abluftmenge von 240 m3/s ausgelegt. Die Richtlinie des ASTRA schreibt vor, dass bei Ausfall eines Abluftventilators während mehr als 72 Stunden der Tunnel für den Verkehr gesperrt werden muss, bis die Lüftungsanlage wieder vollumfänglich zur Verfügung steht. Weil im vorliegenden Fall mit der bestehenden Strasse durch Unterägeri eine vollwertige Umfahrungsstrecke zur Verfügung steht, kann aber auf einen zusätzlichen (dritten) Abluftventilator verzichtet werden.

Die unterirdische Anordnung der BSA- und Lüftungszentrale macht die Anordnung von Ausstellbuchten im Zentralenbereich erforderlich. Damit ist die Zugänglichkeit für die Unterhaltsdienste gewährleistet.

Der geplante Abluftkamin wird nur im Ereignisfall, z.B. einem Brand, verwendet. Die minimale Höhe eines Abluftkamins, der nur im Ereignisfall genutzt wird, beträgt 3 m über Boden, sofern im Umkreis von ca. 50 m um den Abluftkamin keine höhere Bebauung vorhanden ist. Bei naher Bebauung muss der Abluftkamin die Traufhöhe des Gebäudes um mindestens 2 m überragen. Der Kamin ist so anzuordnen, dass zwischen der Ausblasöffnung und dem Tunnelportal ein Abstand von mindestens 50 m eingehalten wird. Der Kamin der Umfahrung Unterägeri liegt ausserhalb des Siedlungsgebietes und weist deshalb die minimal zulässige Höhe von 3 m auf. Der Durchmesser beträgt rund 4 bis 5 m. Der sichtbare Teil des Kamins kann mit einer Bepflanzung kaschiert werden. Die Gestaltung des Kamins kann in einer nächsten Projektphase besser in die Landschaft eingepasst werden.

6.4.7. Lüftung der Sicherheitsstollen

Die Lüftung für die Sicherheitsstollen muss unter anderem folgende Bedingungen erfüllen (vgl. Tabelle 13):

- Bei Normalbetrieb muss bei geschlossenen Schleusen und geschlossenen Fluchttüren bei allen Fluchttüren ein Überdruck gegenüber dem Fahrraum von mindestens 50 Pa dauernd gewährleistet sein. Temperaturdifferenzen und meteorologische Druckdifferenzen sind zu berücksichtigen. Dabei soll der Luftstrom pro Notausgang 0.2 bis 0.4 m3/s betragen, um eine periodische Lufterneuerung im Sicherheitsstollen zu gewährleisten.
- Die Lüftung des Sicherheitsstollens muss im Ereignisfall möglichst schnell hochfahren. Geschlossene Türen müssen geöffnet werden können. Wenn eine oder mehrere Fluchttüren offen ist, muss die mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch die offene Tür auch im ungünstigsten Fall mindestens 1 m/s betragen.
- Im Innern des Sicherheitsstollens sollte die L\u00e4rmbelastung maximal 85 dB(A) betragen.
 Dies entspricht den \u00fcblichen Werten in Strassentunneln.
- Alle Ventilatoren zur Belüftung von direkt nach aussen führenden Sicherheitsstollen müssen, wie die Fahrraumlüftung, über zwei elektrische Einspeisungen versorgt werden.

	Ventilator		Notausgangstüren	Anforderung		
	West	Ost	Notausgangsturen	Aniorderung		
Normal- betrieb	ein aus alle geschlossen Volumenstrom pro Fluchttür 0.2 bis 0.4 m Überdruck ≥ 50 Pa, Überdruckklappe geschlossen					
rieb	ein	aus	NA2 bis NA4 offen	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in jeder offenen Fluchttüre ≥ 1 m/s		
Schutzbetrieb	ein	aus	NA1 und NA4 offen	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in jeder offenen Fluchttüre ≥ 1 m/s		
Sch	ein	ein	alle geschlossen	stabiler Betriebspunkt, Überdruck < 400 Pa		

Tabelle 13: Massgebende Betriebsfälle der SiSto-Lüftung

Druckentlastungsklappen parallel zu den beiden Schleusen sind notwendig, um den statischen Druck im Sicherheitsstollen so weit zu begrenzen, dass die Schiebetüren geöffnet werden können. Für die Auslegung werden zwei Klappen mit einer Querschnittfläche von jeweils 1.0 m² angenommen. Die geforderten Betriebspunkte der Ventilatoren können mit einer Motornennleistung von je 7 kW erreicht werden. Zwischen der Querverbindung und dem SiSto wird eine Zwischentür von 0.5 m² eingebaut. Jeder Ventilator ist mit Absperrklappen und Rohr- oder Kulissenschalldämpfer zu versehen

Weitere Details zur Lüftung sind im Technischen Bericht zur Tunnellüftung Umfahrung Unterägeri von Dr. Ingo Riess vom 27.04.2022 im zu entnehmen.

6.4.8. Betriebs- und Sicherheitsausrüstung

Die vom ASTRA erlassenen Richtlinien bestimmen im Wesentlichen die Art und den Umfang der elektromechanischen Ausrüstung in der Tunnelanlage und auf der offenen Strecke. Eine hohe Betriebssicherheit, eine konsequente Ausrichtung auf das geforderte Nutzungsziel, ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis in der Erstellung und im Betrieb sowie die Schonung der Umwelt durch eine Minimierung des Energiebedarfs und der Verwendung von wiederverwertbaren Materialien wird von allen Anlagen gefordert.

Die elektromechanischen Anlagen sind entsprechend den aktuellen Richtlinien des ASTRA sowie dem momentanen Stand der Technik projektiert. Mitberücksichtigt wurden auch die fachspezifischen Definitionen aus der Tunnelnorm Schweiz SIA 197 sowie die Vorgaben des Kantons Zug. Auf Grund der Tunnellänge von rund 1.8 km sind beidseits im Portalbereich vollwertige Zentralen erforderlich. Die grössere Zentrale mit der Abluftventilation befindet sich leicht zurückversetzt im Berg beim Portal West. Dieser Standort sollte deshalb auch die Hauptzentrale für die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen sein. Zusätzlich werden auch noch Elektroapparateräume im Bereich der Ausstellbuchten und beim östlichen Ausgang des Sicherheitsstollens benötigt. Das Tunnelobjekt wird als separate, autonom funktionierende Anlage aufgebaut, welche an die Betriebs- und Leitzentrale des Kantons Zug angebunden wird. Ein Grossteil der Aggregate ist an die Objektteuerung angebunden und kann laufend überwacht werden.

Im Folgenden werden Einzelheiten zu den elektromechanischen Installationen resp. Anlagegruppen aufgeführt.

Energieversorgung:

Für die Energieversorgung der Umfahrung Unterägeri wird eine Trafostation der WWZ in der Zentrale West realisiert. Die Trafostation befindet sich im Eigentum des WWZ. Der Kanton Zug ist somit Niederspannungsbezüger. Für die Haupt- und Unterverteilung werden in den Zentralen Schränke installiert. Über diese Schränke werden die restlichen Anlagen mit Energie versorgt. Durch Akkumulatoren wird Nordstrom autonom für 60 Minuten gewährleitet.

Beleuchtungsanlagen:

Zu den Beleuchtungsanlagen im Tunnel gehören die Durchfahrts-, Adaptations-, Brandnot- und Notbeleuchtung, die optische Leiteinrichtung sowie die Fluchtwegbeleuchtung. Ebenfalls im Projekt berücksichtigt sind die öffentliche Beleuchtung innerhalb des Projektperimeters. Der Tunnelfahrraum wird mit linearen LED-Leuchten sowie in den Portalzonen auf 150 m Länge mit LED-Einfahrtsleuchten für die Adaptation ausgerüstet. Auf Seite der Notausgänge resp. Fluchttüren werden alle 50 m Brandnotleuchten über dem Bankett installiert. Die optische Leiteinrichtung wird beidseitig der Fahrbahn möglichst nahe dem Fahrbahnrand zur besseren Verkehrsführung installiert. Die Leuchtmodule sind mit weissen Dioden als Leuchtmittel ausgestattet. Die Beleuchtung des Sicherheitsstollens wird mit Leuchten, welche unter der Decke montiert werden, gewährleistet. Die Knoten und neuralgischen Punkte inkl. Langsamverkehr werden entsprechend den Vorgaben des Kantons Zug beleuchtet.

Lüftungsanlagen:

Die Lüftungsanlage des Tunnels Unterägeri umfasst die Lüftung des Tunnels, sowie die Fluchtwegbelüftung der Sicherheitsstollen. Auf die Auslegung und den Betrieb wird im Kapitel 6.4.5 eingegangen.

Signalisationsmittel / Verkehrsanlagen:

Nebst der statischen Signalisation werden im Tunnel die entsprechenden Signale für Geschwindigkeit, Überhohlverbot, Achtung etc. montiert. Zudem werden vor den Ausstellbuchte und an den Portalen Ampeln und Blinker dafür sorgen das im Falle eines Ereignisses die Verkehrsteilnehmer angehalten werden können. Entlang der Stecke wird eine Verkehrsdatenerfassung (VDE) installiert. Der Notausgang im Fahrbahnbereich wird mit grünen Balken mit integrierten weissen Blitzleuchten ausgestattet. Im Tunnelfahrraum sowie im Sicherheitsstollen werden die Fluchtwege durch eine permanente Markierung mit nachleuchtenden Piktogrammen signalisiert. Die Signalisation der SOS-Nischen erfolgt mit doppelseitiger, innen ausgeleuchteter Hinweistafel.

Überwachungsanlagen:

Die Überwachungsanlagen dienen zur Überwachung und Erfassung wichtiger Zustandsgrössen im Tunnelfahrraum. Eine effiziente Erfassung der überwachten Grössen ist erforderlich, um eine rasche Auslösung der notwendigen Tunnelreflexe sicherzustellen. Für eine rasche Detektion von Brandereignissen im Tunnelfahrraum wird über die gesamte Länge ein thermischer Linienmelder

an die Tunneldecke montiert. Die Rauchmelder (RM) überwachen den Fahrraum während dem Normalbetrieb. Diese werden neben dem linearen Brandmeldekabel an der Fahrraumdecke installiert. Für die lückenlose visuelle Überwachung des Tunnels Unterägeri inkl. der Vorzonen (Ost und West) und den Anschlussknoten werden diverse IP-Kameras vorgesehen. Die Eingangsportale werden jeweils mit einer Kamera überwacht. Im Tunnel selbst wird ca. alle 100m eine Kamera für die Überwachung der Fahrbahn vorgesehen.

Kommunikation & Leittechnik:

Das Kommunikationsnetzwerk (UeKS) wird vom Kanton Zug betrieben und dient zur Übertragung verschiedener Daten, Sprache und Bilder. Der Tunnel Unterägeri wird in das bestehende UeLS Zug integriert. Der Umfahrungstunnel Unterägeri wird mit einer Notruftelefonanlage (NTA) und einem Funkversorgungssystem ausgerüstet.

Kabelanlagen:

Damit alle BSA-Komponenten im Tunnel Unterägeri erschlossen werden können, braucht es ein durchgängiges und leistungsfähiges Kabelrohrtrasse, in welchem die einzelnen Anlagen miteinander vernetzt werden können. Zudem ist eine Erdung vorgesehen, die unkontrollierte Potenzialschwankungen und zu grosse Berührungsspannungen verhindert. Das Weiteren wird ein Blitzschutz und Überspannungsschutz benötigt, um somit die Anlagen von äusseren Einflüssen zu Schützen. Zur Anbindung verschiedener Aggregate der BSA an ihre jeweilige Steuerung und das LWL-Netz des Kantons Zug ist ein Lichtwellenleiterkabel geplant.

Nebeneinrichtungen:

In den Nebeneinrichtungen sind alle BSAs enthalten, welche für die Nutzung, den Betrieb und die Erhaltung des Tunnels nötig sind. Insbesondere sind dies Einrichtungen in den technischen Räumlichkeiten (Betriebszentralen), welche einen sicheren Betrieb der Tunneleinrichtungen gewährleisten (z.B. Klima, Brandmeldeanlage etc.). Der Umfahrungstunnel Unterägeri enthält folgende Nebeneinrichtungen:

- Hausinstallation
- Heizung, Lüftung, Klima
- Brandmeldeanlage Gebäude
- Pumpwerk
- Löscheinrichtung
- Tür und Tor
- Barrierenanlage
- Bauliche Einrichtung (Brandabschottungen und Doppelböden)
- Wasserversorgung

Weitere Details zu BSA sind im Technischen Bericht zur BSA Umfahrung Unterägeri von Amstein + Walthert Progress AG vom 30.06.2022 im Anhang F zu entnehmen.

6.5. Umwelt, Landschaft, Gestaltung

Ein wichtiges Ziel des Umfahrungstunnels Unterägeri ist es, die negativen Umwelteinflüsse möglichst gering zu halten. Dies ist insbesondere wichtig, weil die Portale in empfindlichen Gebieten liegen. Das Portal See liegt nahe am Seeufer. Durch die gewählte Knotengestaltung beim Portal See wird die Uferzone mit der Uferpromenade nicht beeinträchtigt.

Das Portal West befindet sich im Objekt Neuägeri/Innere Spinnerei des Bundesinventars der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS sowie an der Grenze der schützenswerten Glaziallandschaft Lorze und wurde gegenüber der Ausarbeitung 2011 möglichst unverändert geplant, da diese damals von der ENHK als gesamthaft nur noch leichte Beeinträchtigung von ISOS und BLN beurteilt wurde (Stellungnahme 02.Juli 2012). Durch die Entlastung der heutigen Hauptstrassen und die verkürzten Reisezeiten wird das Gebiet zwischen den Portalen potenziell aufgewertet. Der Motorfahrzeugverkehr auf der Zugerstrasse vom Dorf zum Portal West wird deutlich verringert, was die negativen Auswirkungen auf die angrenzenden Objekte vermindert und einen Ausbau der Velospur erlaubt.

6.6. Installationsplätze, Baulogistik

6.6.1. Installationsplätze

Installationsplätze beanspruchen bei Grossbaustellen neben den eigentlichen Baubereichen viel Fläche. Im vorliegenden Fall werden die benötigten Installationsflächen vom Tunnelbau dominiert. Der offene Strassenbereich kann bei den Überlegungen vernachlässigt werden. Zusätzlich zu den Flächen für die Betriebsanlagen, Produktionsflächen, Lagerflächen und Büro- / Aufenthaltsbereiche sind Flächen für Humus- und Zwischendeponien zur Verfügung zu stellen.

Der Tunnel wird von beiden Portalen her vorgetrieben und erstellt. Der Lockgesteinsabschnitt auf der Seite See und der instabile Rutschhang am Portal West begünstigen einen zweiseitigen Vortrieb. Aus logistischen Gründen sollten die Installationsflächen deshalb bei den Portalen zur Verfügung gestellt werden, wo die Flächen mehrheitlich eben und direkt von der Hauptstrasse erschlossen sind. Die zur Verfügung stehenden Flächen beim Westportal sind klein und nur als Nebeninstallationsplatz resp. für die dortigen Tagbaubereiche geeignet. Beim Portal See ist mehr Platz vorhanden. Die Materialbewirtschaftung und das Aushubvolumen sind in einer nächsten Projektphase zu bestimmen.

6.6.2. Logistik, Transportwege

Die Transporte der grossen Ausbruchkubaturen sind im Tunnelbau oder allgemein bei Grossbaustellen umweltrelevant. Die Beeinträchtigung der Umwelt im weiteren Sinn (Luft, Lärm, Bevölkerung) und die generierte Verkehrsbelastung der Strassen sind erheblich. Die Einrichtung einer temporären Bahnverladeanlage ist nicht möglich, weil in der unmittelbaren Nähe keine Bahnlinien oder Anschlussgleise liegen.

Die Strassentransporte werden in den Projektphasen Auflage- und Bauprojekt zu beschreiben und im UVB zu beurteilen sein und sind nicht Gegenstand dieses Generellen Projekts.

6.7. Kosten und Termine

6.7.1. Abschätzungen der Baukosten

Die Kostenschätzung enthält alle mit der Erstellung anfallenden Kosten im Projektperimeter der Umfahrung Unterägeri. Eingerechnet sind auch alle betriebsnotwendigen baulichen Nebenanlagen, die notwendige Anpassung der angrenzenden Strassen und Anlagen im unmittelbaren Projektbereich sowie mutmassliche flankierende Massnahmen ausserhalb des eigentlichen Projektbereiches. Eine Übersicht der Investitionskosten sind im Anhang B in einer Kostenschätzung nach Objekten und Arbeitsgattungen zusammengestellt.

Grundlagen:

- Massgebende Vorausmasse und Kostenangaben aufgrund der Daten des Teil-Vorprojekts von 2011
- Anpassung Landerwerbskosten gemäss Mietpreisindex Kanton Zug
- Erfahrungswerte aktueller, marktgerechter Einheitspreise vergleichbarer Objekte und Elemente
- Abgeschätzter Preis pro Laufmeter für flankierende Massnahmen
- Zuschlag für Unvorhergesehenes und Regie von 10% in allen einzelnen Positionen ausser Landerwerb eingerechnet
- Preisbasis Oktober 2021
- Kostengenauigkeit ± 30%

6.7.2. Kostenübersicht

Die Zusammenstellung weist für die Umfahrung Unterägeri folgende Kosten aus:

Zv	Zwischentotal (exkl. MWST.) CHF			
	Umklassierungen und Beitrag Umgestaltungen	CHF	6.2 Mio.	188.0 Mio.
	Nebenarbeiten und Anpassungen	CHF	0.2 Mio.	
	Tunnelbau (inkl. Sicherheitsstollen, Elektromechanik)	CHF	172.2 Mio.	
	Offene Strecken	CHF	9.4 Mio.	
3.	Bauausführung			
	Inkl. Entschädigungen (z.B. für Freihaltungen)	CHF		39.5 Mio.
2.	,	0111		or. r wiio.
	Allgemeines Projekt, Untersuchungen und Bauleitung	CHF		31.4 Mio.

Die durchschnittlichen spezifischen Kosten, bezogen auf die Streckenlänge der Umfahrung Unterägeri, betragen ca. CHF 152 Mio. pro Kilometer (inkl. MWST).

Auf Grund der reduzierten Vertiefung und Detaillierung ist für die Kostenschätzung eine Kostengenauigkeit von +/- 30 % angenommen worden. Mit dieser Ungenauigkeit können die Endkosten folglich zwischen CHF 212 Mio. und CHF 358 Mio. liegen (inkl. MWST., exkl. künftiger Kostenentwicklung / Teuerung).

Die Umfahrung Unterägeri von 2022 weist gegenüber der Variante N+ aus dem Jahr 2011 Mehrkosten von CHF 47 Mio. auf, welche sich wie folgt zusammensetzen:

- + CHF 27 Mio. Landerwerbskosten, da die Land- und Mietpreise seit 2011 deutlich angestiegen sind.
- + CHF 5.5 Mio. für die flankierenden Massnahmen und Kosten der Abklassierungen. Die flankierenden Massnahmen wurden nach heutiger Ansicht im Jahr 2011 deutlich zu niedrig geschätzt und Kosten für Abklassierungen wurden nichtberücksichtigt.
- + Ca. CHF 11 Mio. infolge der neuen Preisbasis 2021 gegenüber 2011. Die durchschnittliche Bauteuerung im schweizerischen Baupreisindex betrug in dieser Zeit +4.6 %.
- + CHF 3.5 Mio. für die an den neusten Stand der Technik und Normen angepasste und damit teurere elektromechanische Einrichtung.

6.7.3. Betriebs- und Unterhaltskosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten setzen sich aus den Energiekosten und den Unterhaltskosten der Anlageteile und Messeinrichtungen, sowie den Kosten des baulichen und betrieblichen Unterhalts zusammen.

Zur Abschätzung der Energiekosten für den Lüftungsbetrieb wird davon ausgegangen, dass während einer Stunde pro Tag und an 300 Tagen im Jahr ein Strahlventilator in Betrieb ist. Die Abluftventilatoren werden viermal im Jahr zu Testzwecken während zwei Stunden betrieben. Beim Sicherheitsstollen ist ein Ventilator mit reduzierter Drehzahl ständig in Betrieb. Ausgehend von einem Energiepreis von CHF 0.25/kWh ergeben sich die jährlichen Energiekosten der Lüftung:

- Energiekosten Lüftung: CHF 5'640.-

Die Energiekosten der BSA werden auf CHF 135'000 geschätzt.

Für die Betriebskosten von grösserer Bedeutung ist der Aufwand für den Unterhalt der Ventilatoren und Messeinrichtungen. Diese werden aufgrund von Erfahrungswerten basierend auf den Investitionskosten abgeschätzt:

- Strahlventilatoren: CHF 15'750.- pro Jahr (Investitionskosten ca. 315'000 CHF)
- Abluftventilatoren: CHF 56'000.- pro Jahr (Investitionskosten ca. 1'400'000 CHF)
- Abluftklappen: CHF 28'800.- pro Jahr (Investitionskosten ca. 720'000 CHF)
- SiSto-Ventilatoren: CHF 12'000.- pro Jahr (Investitionskosten ca. 300'000 CHF)
- BSA inkl. Messeinrichtungen: CHF 325'000.- pro Jahr (Investitionskosten ca. 16'210'000 CHF)

Für den baulichen und betrieblichen Unterhalt des Tunnels wurden folgende Kosten abgeschätzt⁸:

- Tunnelreinigung: CHF 144'000.- pro Jahr (ca. 80'000 CHF/km)
- Unterhalt Fahrbahn: CHF 162'000.- pro Jahr (ca. 90'000 CHF/km)
- Unterhaltskosten Bauwerk (Rohbau): CHF 20'000.- pro Jahr (11'000 CHF/km)
- 8 Kostenangaben Tiefbauamt des Kantons Zug

Aus dem Energieverbrauch für Ventilatoren, Beleuchtung Tunnel und Sicherheitsstollen, sowie den baulichen und betrieblichen Unterhaltskosten ergeben sich total jährliche Betriebskosten von rund CHF 900'000.- ohne MWST.

6.7.4. Bauzeit

Für das TVP der Variante N+ wurde ein Bauprogramm erstellt, das auch für das vorliegende Projekt gültig bleibt. Die Erstellung des Tunnels dominiert das Bauprogramm. Zu Beginn der Bauarbeiten werden die Installationsplätze erstellt. Anschliessend beginnt der Bau des Tunnels von beiden Portalen aus. Gleichzeitig laufen auch die Vortriebe der Sicherheitsstollen.

Das Bauprogramm geht von mittleren Vortriebsleistungen aus. So ergibt sich eine geschätzte Gesamtbauzeit von 3 ½ Jahren.

7. Fazit und weitere Schritte

Das Generelle Projekt (GP) erfüllt die grundsätzlichen Anforderungen gemäss § 14 des Gesetzes über Strassen und Wege (GSW) des Kantons Zug: Linienführung, Normalprofile, Anschlüsse sowie eine Kostenschätzung mit einer Kostengenauigkeit +/- 30% sind erarbeitet. Auf dieser Basis lässt sich sowohl der Richtplaneintrag für die Umfahrung Unterägeri festsetzen als auch eine Kreditvorlage vorbereiten.

Aufgrund der kurzen Bearbeitungszeit dieser Projektstudie und des GP können nicht alle Punkte im Umfeld des GP genügend vertieft werden. Vertiefungen sind entweder in einer Zwischenphase oder dann im Zusammenhang mit der Ausarbeitung des Bauprojekts vorzusehen. Die hauptsächlichen Punkte sind:

	Inhalte
Anschlussknoten West:	Detaillierte Überprüfung der gemäss Schweizer Norm leicht überschrittenen Leistungsfähigkeit der Knotenzufahrt von Norden.
	Landschaftliche Eingliederung (ISOS, BLN)
Anschluss Portal See:	Optimierung der Lage des Knotens weiter östlich und bergwärts
Flankierende Massnahmen:	Konzept, Konkretisierung der Umgestaltung der dafür vorgesehenen Flächen sowie Überprüfung des unterstellten Temporegimes
Bergmännischer Vortrieb:	Vertiefung der Festlegung der Vortriebsart auf der Basis erweiterter geologischer Kenntnisse
Abuftkamin	Landschaftliche Eingliederung
Materialbewirtschaftung	Material, Wiederverwendung des Abtraggutes und Deponierung



Anhang A: Verkehrsmodellergebnisse für die Varianten 10a und N+ (Tagesverkehr DWV)

EBP AG / 19.05.2022

EBP AG / 19.05.2022



Anhang B: Kostenübersichten der Varianten 10a und N+ (GP)

Umfahrung Unterägeri EBP AG

Kostenschätzung Stand: Generelles Projekt

Umfahrung Unterägeri

Preisbasis Oktober 2021 Kostengenauigkeit +/- 30% Berücksichtigter Teuerungsindex Fertigstellung Nationalstrassen / Mietpreisindex 2007>2021

KtoNr.	Beschreibung	Unvorhergesehenes 10% CHF	KS-Einzel CHF	Total CHF	
GESAMTT	OTAL (inkl. MWST.)			<u>275′241′872</u>	
MWST. (7.7	7 %) (exkl. Landerwerb)			16′413′385	
GESAMTT	OTAL (exkl. MWST.)			<u>258′828′487</u>	
1. Allgeme	ine Kosten			31′350′760	
3.100.00	PROJEKT UND BAULEITUNG	2′850′069		31′350′760	16.2%
2. Landerw	verb und Landumlegungen			<u>39′467′647</u>	
3.200.00	LANDERWERB und ENTSCHÄDIGUNGEN	0		39'467'647	213.2%
3. Bauausf	führung	<u>o</u>		<u>188′010′080</u>	
3.300.00 3.321.00 3.322.00 3.323.00 3.500.00 3.521.00 3.522.00 3.531.00	OFFENE STRECKEN Knoten West Knoten Ost Elektromechanische Einrichtungen Trassee (enthalten in 3.531) TUNNELBAU Tunnel Umfahrung Unterägeri (inkl. Zentralen, Nischen, Ausstellbucht, Baugruben) Sicherheitsstollen Umfahrung Unterägeri (inkl. Schleusen, Notausgang, Baugruben) Elektromechanische Einrichtungen (Tunnel, Sicherheitsstollen, Portalzonen)	409'378 447'136 0 0 13'063'000 903'000 1'691'700	4'503'16 4'918'50 143'693'00 9'933'00 18'608'70	0 0 172'234'700 0 0	9.3% 9.3% 10.0% 10.0%
3.600.00- 3.800.00	NEBENARBEITEN UND ANPASSUNGEN			153′720	
3.610.00 3.620.00 3.710.00 3.720.00 3.730.00 3.900.00	Strassenanpassungen und -rückbauten Flankierende Massnahmen (minimale Variante) Bachkorrektionen Strassenabwasserbehandlungsanlagen (keine, Anbindung an die Vorflut und Kanalisation) Werkleitungsumlegungen UMKLASSIERUNGEN UND BEITRAG UMGESTALTUNGEN	3'975 10'000 0 0 10'930		0 0 0	9.3% 0.0% 9.2% 9.3%

Umfahrung Unterägeri EBP AG

Kostenschätzung Stand Variantenvergleich

Variante 10a

Preisbasis Oktober 2021 Kostengenauigkeit +/- 30%

KtoNr.	Beschreibung	KS-Einzel 1 CHF	Total CHF
GESAMTT	OTAL (inkl. MwSt.)		211′426′490
Mwst. (7	.7 %) (exkl. Landerwerb)		11′353′601
GESAMTT	OTAL (exkl. MwSt.)		200′072′889
1. Allgem	neine Kosten		20′218′800
3.100.00	PROJEKT UND BAULEITUNG		20′218′800
2. Landerw	erb und Landumlegungen		<u>52′623′529</u>
3.200.00	LANDERWERB und ENTSCHÄDIGUNGEN		<i>52′623′5</i> 29
3. Bauausf	ührung		127′230′560
3.300.00 3.321.00 3.322.00 3.323.00	TRASSEE Knoten West Knoten Ost Elektromechanische Einrichtungen Trassee (enthalten in 3.531)	4′208′050 4′918′500 0	9′126′550
3.500.00 3.521.00 3.522.00 3.531.00	TUNNELBAU Tunnel Umfahrung Unterägeri (inkl. Zentralen, Nischen, Ausstellbucht, Baugruben) Sicherheitsstollen Umfahrung Unterägeri (inkl. Schleusen, Notausgang, Baugruben) Elektromechanische Einrichtungen (Tunnel, Sicherheitsstollen, Portalzonen)	90′310′000 4′312′000 12′361′800	106′983′800
3.600.00- 3.800.00 3.610.00 3.620.00 3.710.00 3.720.00 3.730.00	UNTER- UND ÜBERFÜHRUNGEN, ANPASSEN VON STRASSEN UND BAHNEN, BACHKORREKTIONEN, GROSSE LEITUNGSVERLEGUNGEN, VERBAUUNGEN Strassenanpassungen und -rückbauten Flankierende Massnahmen (minimale Variante) Bachkorrektionen Strassenabwasserbehandlungsanlagen (keine, Anbindung an Werkleitungsumlegungen	98′370 11′000′000 21′840 0 120′230	11′120′210



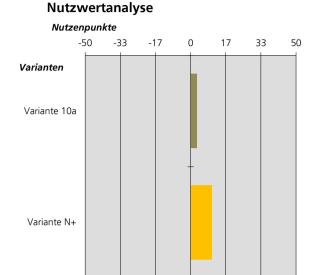
Anhang C: Variantenvergleich – Indikatorenblätter

VQ_1: «Reisezeit»

Messgrösse: quantitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator misst die Reisezeitveränderungen für den Personen- und Güterverkehr. Beim Personenverkehr sind nur die Veränderungen für den motorisierten Individualverkehr relevant, die Effekte für den ÖV werden beim Indikator VQ_4 berücksichtigt (indirekter Effekt durch Verringerung der Erträge im ÖV). Für die Bewertung werden Makroauswertungen zur Verkehrsarbeit aus einem Verkehrsmodell herangezogen. Die Beurteilung erfolgt für den Zeitzustand nach Realisierung des gesamten Vorhabens, Zwischenzustände müssen nicht berücksichtigt werden.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Die Beurteilung erfolgt auf der Basis der Verkehrsmodellergebnisse.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht, wenn alle Personen, die im Jahr 2035 die Zugerstrasse in Unterägeri durchfahren, mit der Umfahrungsstrasse durchschnittlich 3 Minuten Zeit einsparen. Bei rund 15'000 Fahrzeugen pro Tag im Jahr 2035 und einem Besetzungsgrad von 1.34 Personen pro Fahrzeug (gemäss kantonalem Verkehrsmodell) handelt es sich um 20'000 Personen.

			NULZCII
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Reisezeit der Verkehrsteilnehmenden kann um insgesamt etwa 21'000	quant.	+ 3
	Personenstunden pro Jahr reduziert werden.		
Variante N+	Die Reisezeit der Verkehrsteilnehmenden kann um insgesamt etwa 73'000	quant.	+ 10
	Personenstunden pro Jahr reduziert werden.		

Nutzen-

VQ_3: «Betriebskosten Fahrzeuge»

Messgrösse: quantitativ Hauptgewichtung: 3%

Beschreibung des Indikators

Die veränderten Verkehrsmengen (z.B. wegen kürzeren oder längeren Fahrdistanzen) sowie Reisezeiten infolge eines Strassenprojekts haben einen Einfluss auf die Betriebskosten des Personen- und Güterverkehrs. Das Tool berücksichtigt folgende Kostenbestandteile:

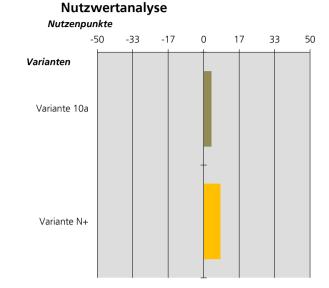
Personenverkehr:

- Privatverkehr: fahrleistungsabhängige Kosten
- Geschäftsverkehr: fahrleistungsabhängige Kosten und zeitabhängige Kosten (Fahrer)

Güterverkehr:

- Fahrleistungsabhängige Kosten
- Zeitabhängige Kosten (inkl. Chauffeurkosten)

Die veränderten Fahrleistungen werden mit den Betriebskostensätzen eines durchschnittlichen Fahrzeugs (CHF/Fahrzeugkilometer) multipliziert und auf das Jahr hochgerechnet.



Grundlagen

Verkehrsmodellberechnungen (Gesamtverkehrsmodell Kanton Zug)

Beurteilung

Vorgehen

Die Veränderung der Betriebskosten der Fahrzeuge wird der KNA entnommen.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht, wenn alle rund 15'000 Fahrzeuge, die im Jahr 2035 die Zugerstrasse in Unterägeri durchfahren, mit der Umfahrung durchschnittlich 1.67 Franken Betriebskosten einsparen. (1.67 Franken entsprechen dem Wert von 3 Minuten Reisezeit - Bezug zu VQ_1 - der durchschnittlichen Anzahl Personen in einem Fahrzeug)

			NULLECTI
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Veränderung der Betriebskosten der Fahrzeuge beträgt 0.65 Mio. CHF pro Jahr.	quant.	+ 4
Variante N+	Die Veränderung der Betriebskosten der Fahrzeuge beträgt 1.43 Mio. CHF pro Jahr.	quant.	+ 8

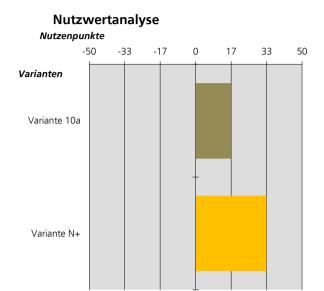
Nutzen-

VQ_4: «Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr »

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 7%

Beschreibung des Indikators

Aus- und Neubauten auf dem Strassennetz können verschiedene Wirkungen auf den öffentlichen Verkehr haben. Es kann aufgrund von modalen Verlagerungen zu einer Veränderung der Einnahmen der ÖV-Betreiber kommen. Zudem können sich die Reisezeiten des ÖV verändern (z.B. dank weniger Kapazitätsengpässen) oder es kann zu einer Veränderung der Betriebskosten kommen.



Grundlagen

Busangebot

Verkehrsmodell (Gesamtverkehrsmodell Kanton Zug)

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht mit bedeutenden MIV-Entlastung von Abschnitten mit vorhandenen Buslinien im Mischverkehr mit Interaktionen im Bereich von Knoten und Bushaltestellen. Umsetzung von umfassenden Priorisierungsmassnahmen, wo der Bus mit dem MIV in Konflikt steht.

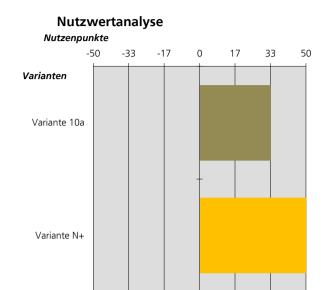
			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Entlastete Strecke 1.4 km insgesamt, von einem hohen Belastungsniveau (Referenz über 7'500 Fz/d pro Richtung). Entlastung um rund 4'000 Fz/d pro Richtung; betroffen sind drei Bushaltestellen (Zimmel, Zentrum, Seefeld) mehrheitlich mit Busbuchten (die mit den FlaMa allenfalls entfallen). Anschlussknoten West mit Kreiselfahrbahn und Vortrittsregelung vorteilhaft; Anschlussknoten Ost mit Vorfahrtknoten allenfalls kritisch durch Linksabbiegen (von Oberägeri). Temporeduktionen (30km/h) mit geringen Folgen.	+ 1.00	+ 17
Variante N+	Entlastete Strecke 2.2 km insgesamt, von einem hohen Belastungsniveau (Referenz über 7'500 Fz/d pro Richtung). Entlastung um rund 5'500 Fz/d pro Richtung auf 1.7 km (Bushaltestellen Spinnerei, Zimmel, Zentrum mit Busbuchten, die mit den FlaMa allenfalls entfallen) und um rund 2'000 Fz/d pro Richtung auf 0.5 km (Bushaltestelle Seefeld mit Fahrbahnhaltestelle). Anschlussknoten West mit Kreiselfahrbahn und Vortrittsregelung vorteilhaft; Anschlussknoten Ost mit Vorfahrtknoten allenfalls kritisch durch Linksabbiegen (von Oberägeri). Temporeduktionen (30km/h) mit geringen Folgen.	+ 2.00	+ 33

VQ_6: «Verkehrsentlastung im Strassennetz»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 10%

Beschreibung des Indikators

Wenn aufgrund von Veränderungen auf dem Strassennetz das untergeordnete Netz weniger stark oder stärker belastet wird, kann dies dazu führen, dass die Staus für den Autoverkehr im untergeordneten Netz abgebaut werden oder weiter zunehmen, dass Busse weniger oder mehr im Stau stehen und dass sich die Verkehrssituation für die Fussgänger und Velofahrerinnen verbessert oder verschlechtert. Die bei einer Tunnellösung oder Umfahrung für andere Nutzungen freigewordene Fläche (heutige Strassen, die entlastet werden oder künftig nicht mehr erforderliche oberirdische Strassenfläche) kann Potenzial für Optimierungen im ÖV, Fuss- und Veloverkehr bieten (z.B. für neue Linienführungen von Bussen). Dies kann nachgelagert auch ein Aufwertungspotenzial im Siedlungsgebiet zur Folge haben.



Grundlagen

Verkehrsmodellberechnungen (Gesamtverkehrsmodell Kanton Zug)

Angebot: Schweizmobil-Route und kantonales Radstreckennetz auf der Ost-West-Achse entlang der Alten Landstrasse

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht mit bedeutenden MIV-Entlastungen von Abschnitten im Siedlungsbereich (mit hoher Nachfrage im Fuss-/Veloverkehr) und/oder entlang von Velorouten, die nicht eigentrassiert sind. Dabei wird von einem linearen Zusammenhang zwischen (negativen) Interaktionen des Fuss-/Veloverkehr mit dem MIV in Abhängigkeit der MIV-Belastung ausgegangen. Umsetzung von Infrastrukturen für den Fuss- und Veloverkehr sowie Anpassung des Temporegimes, wo entsprechende Konflikte auftreten.

			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Entlastete Strecke 1.4 km insgesamt, von einem hohen Belastungsniveau (Referenz über 7'500 Fz/d pro Richtung). Entlastung um rund 4'000 Fz/d pro Richtung; Umsetzung von gestalterischen flankierenden Massnahmen mit Infrastrukturen für den Fuss- und Veloverkehr, Temporeduktion durch flankierende Massnahmen (30 km/h). Umsetzung einer attraktiven Veloführung im Bereich der Anschlussknoten.	+ 2.00	+ 33
Variante N+	Entlastete Strecke 2.2 km insgesamt, von einem hohen Belastungsniveau (Referenz über 7'500 Fz/d pro Richtung). Entlastung um rund 5'500 Fz/d pro Richtung auf 1.7 km und um rund 2'000 Fz/d pro Richtung auf 0.5 km; Umsetzung von gestalterischen flankierenden Massnahmen mit Infrastrukturen für den Fuss- und Veloverkehr, Temporeduktion durch flankierende Massnahmen (30 km/h). Umsetzung einer attraktiven Veloführung im Bereich der Anschlussknoten.		+ 50

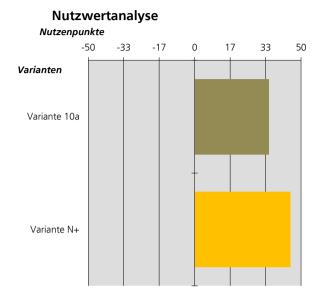
SI_1: «Unfälle, Verkehrssicherheit»

Messgrösse: Unfallindex Hauptgewichtung: 15%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator beschreibt die Veränderung von Anzahl und Schwere der Unfälle auf dem Strassennetz. Für die Beurteilung erforderlich sind Auswertungen aus dem Verkehrsmodell, in welchen die Verkehrsbelastungen je Strassentyp im Tagesverkehr dargestellt sind.

Ausgewertet werden zwei Strassenabschnitte der Zugerstrasse, östlich und westlich des Zentrums, die wesentliche Veränderungen der Verkehrsbelastung erfahren und zusammen die ganze Länge der Zugerstrasse (Ortsdurchfahrt) repräsentieren:



Grundlagen

Situationspläne. DTV für den Innerortsbereich sowie den jeweiligen Tunnel gemäss Simulationen. Tunnelformel (Formel zur Prognose von Unfällen in Tunneln aus "Verkehrssicherheit in Autobahn- und Autostrassentunneln des Nationalstrassennetzes", bfu, 2004). Handbuch NISTRA 2019, ASTRA, 2019. SN 641 824, 2013.

Die Ortsdurchfahrt Zug wird entlastet. Gemäss SN 641 824 sinken die Unfallzahlen proportional zum geringeren DTV. Die im Tunnel prognostizierten Mehrunfälle sind im Vergleich dazu um ca. einen Faktor 10 kleiner. Es wird davon ausgegangen, dass die Bedingungen für Fahrrad und Fussverkehr für alle Varianten identisch verändert werden. Die Tunnelausausgestaltung ist in allen drei Tunnel identisch.

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird für eine Reduktion der Unfälle auf den betrachteten ausgewählten Strecken um mehr als 2/3 vergeben.

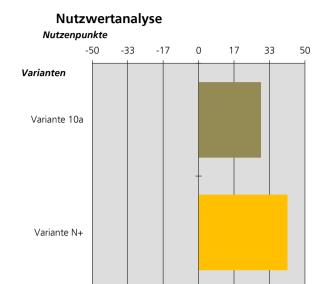
			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Der DTV und dadurch auch die Unfälle in Unterägeri sinken an den vier betrachteten Streckenabschnitten um durchschnittlich 53%. Die Unfälle im Tunnel machen einen kleinen Teil aus (erwartet werden 0.07 Unfälle pro Jahr). Der Kurvenradius im Tunnel ist kleiner, was zu einer leicht höheren Prognose führt, auf der anderen Seite ist die Geschwindigkeit tiefer, was zu einer leicht tieferen Prognose führt.	+ 2.10	+ 35
Variante N+	Der DTV und dadurch auch die Unfälle in Unterägeri sinken an den vier betrachteten Streckenabschnitten um durchschnittlich 64%. Das sind konservativ geschätzt im Schnitt 2.1 Unfälle pro Jahr. Im etwas längeren Tunnel mit höherer Höchstgeschwindigkeit werden 0.16 Unfälle pro Jahr zusätzlich erwartet. Zusätzlich wird erwartet, dass ein Unfall im Tunnel im Schnitt weniger schwer ist, als ein Unfall innerorts, da im Tunnel keine verletzlichen Verkehrsteilnehmer erwartet werden.	+ 2.70	+ 45

SE_1: «Aufenthalts- und Lebensqualität in bestehenden Siedlungen»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 15%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator Aufenthalts- und Lebensqualität bewertet Veränderungen in bestehenden Sied-lungen entlang der betroffenen Strassenabschnitte. Der Indikator ist im Gegensatz zum "Lärm" kein Immissionsindikator. Mit dem Indikator werden Verbesserungen oder Verschlechterungen für die unmittelbar betroffene Bevölkerung beurteilt, wie z.B. Aufenthaltsqualität, Wohlbefinden, Trennwirkung etc. Der Charakter des Indikators ist somit sehr lokal und bezieht sich auf den Aufenthaltsort. Die Aufenthalts- und Lebensqualität kann beeinflusst werden durch die zusätzli-che Be- oder Entlastung für Siedlungsgebiete direkt entlang der Strassen. Dabei werden die Nutzen gewichtet nach Empfindlichkeit und Dichte der Nutzungen.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl entspricht einer sehr starken positiven Wirkung auf die Aufenthalts- und Lebensqualität an sensiblen Lagen entlang der Ortsdurchfahrt von Unterägeri. Dazu ist eine weitgehende Entlastung sensibler Gebiete vom Strassenverkehr erforderlich.

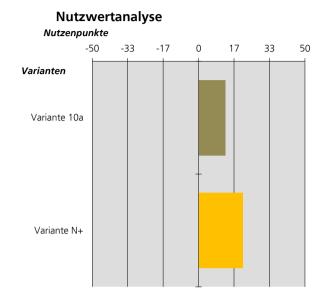
Variante	Beschrieb	"Note"	Nutzen- punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	<u>' </u>
Variante 10a	Die Ortsdurchfahrt bis zum Portal West wird stark entlastet (ca60%). Dadurch verbessert sich die Aufenthalts- und Lebensqualität entlang der Ortsdurchfahrt. Je nach Nutzweise profitieren die Menschen mehr oder weniger stark davon. Als besonders sensible Raumnutzerinnen und Raumnutzer werden die Einwohnerinnen und Einwohner sowie die Kundinnen und Kunden der publikumsorientierten Nutzungen im Kern von Unterägeri berücksichtigt. Hingegen findet am westlichen Siedlungsrand und für die Einzelbauten	+ 1.75	+ 29
Variante N+	Der östliche Teil der Ortsdurchfahrt wird weniger stark entlastet, dafür wird der zentrale und sensibelste Teil sowie der westliche Teil der Ortsdurchfahrt weitgehend entlastet (ca 75%). Dadurch verbessert sich die Aufenthalts- und Lebensqualität für Menschen, die sich entlang der Ortsdurchfahrt aufhalten. Je nach Nutzweise profitieren die Menschen mehr oder weniger stark davon. Als besonders sensible Raumnutzerinnen und Raumnutzer werden die Einwohnerinnen und Einwohner sowie die Kundinnen und Kunden der publikumsorientierten Nutzungen im Kern von Unterägeri berücksichtigt. Aber auch am westlichen Siedlungsrand und für die Einzelbauten ausserorts bis zum Westportal kann die	+ 2.50	+ 42

SE_2: «Potenzial für Siedlungsentwicklung (durch Entlastung und Aufwertung)»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator beurteilt die zukünftigen Entwicklungs-potenziale durch mögliche Entlastungen der Siedlungs-gebiete als Folge des Projekts. Der Perimeter beinhaltet somit auch das untergeordnete Netz auf einem grösseren Perimeter entlang des Projektabschnitts. Die Beurteilung erfolgt in Abstimmung zur Konsistenz des Projekts zu den Entwicklungszielen gemäss den behördenverbindlichen Raumplänen und Agglomerationsprogrammen. Beurteilt wird das Potenzial der zukünftigen Siedlungsentwicklung vor Ort. Aus diesem Grund ist der Perimeter lokal angelegt. Es sollen vor allem die direkten Auswirkungen des Bauwerks auf die nähere Umgebung bewertet werden. Einen Beitrag für die Stärkung der Entwicklungspotenziale können verkehrliche Entlastungen sowie konkrete Aufwertungsprojekte leisten. Im Unterschied zu SE_1 werden aber nicht die Qualität für bestehende Nutzungen, sondern die Potenziale für zukünftige Siedlungen beurteilt.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht, wenn entlang der potenziell entlasteten Strassenzüge grosse Potenziale für Innenentwicklung bestehen, deren Nutzung durch die Projektwirkung stark begünstigt wird.

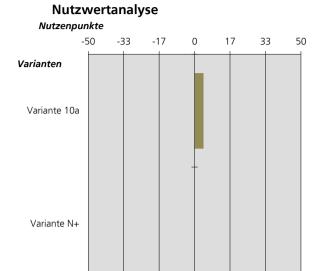
			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Variante führt zu geringfügig verbesserten Nutzungsmöglichkeiten der beschränkten Innenentwicklungspotenziale entlang der Ortsdurchfahrt. Sie fördert die Entwicklung des Dorfzentrums mit publikumsorientierten Nutzungen sowie zentralörtlichen Funktionen und führt zu moderater Attraktivitätssteigerung für Wohnnutzungen. Demgegenüber wird die Nutzung des Potenzials im Bereich des Westportals im Ortsinnern aufgrund der	+ 0.75	+ 13
Variante N+	Die Variante hat dieselben Effekte wie Variante 10a, aber dank der stärkeren Entlastung etwas ausgeprägter. Die Voraussetzungen für die Nutzung der Innenentwicklungspotenziale und die Attraktivitätssteigerung für Wohnnutzungen ist etwas ausgeprägter	+ 1.25	+ 21

SE_3: «Erreichbarkeit Siedlungsschwerpunkte»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Dieses Kriterium beschreibt, inwieweit ein Projekt zur Realisierung von verbindlich festgelegten Siedlungs- und Entwicklungsschwerpunkten (Wohnen und Arbeiten) beiträgt. Im Vordergrund steht eine Verbesserung der Erreichbarkeit mit MIV ohne Friktionen für das bestehende Strassennetz. Dabei ist die Kohärenz mit den Gesamtverkehrskonzepten und den raumplanerischen Leitlinien zu beachten.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl entspricht einer deutlichen Verbesserung der Erschliessungsqualität und damit der Erreichbarkeit von Siedlungsschwerpunkten mit dem MIV, dem ÖV sowie ggf. mit dem Fuss- und Veloverkehr. Beurteilt werden die Siedlungsschwerpunkte Zentrum Unterägeri sowie die Vorranggebiete für die Arbeitsnutzung gemäss Kantonalem Richtplan (Camfil und Gewerbestrasse Unterägeri).

			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Umfahrung hat kaum Auswirkungen auf die Erreichtbarkeit. Die Zufahrt zum Zentrumsgebiet wird für Anwohner, Beschäftigte, Kunden weiterhin möglich sein. Allerdings verbessert sich die Erreichbarkeit trotz Entlastung mit den flankierenden Massnahmen nicht. Eine leichte Erreichbarkeitsverbesserung ergibt sich in dieser Variante für das Camfil-Areal (Vorranggebiet Arbeitsputzung) aus Richtung Sattel/Oberägeri	+ 0.25	+ 4
Variante N+	Die Umfahrung hat kaum Auswirkungen auf die Erreichtbarkeit. Die Zufahrt zum Zentrumsgebiet wird für Anwohner, Beschäftigte, Kunden weiterhin möglich sein. Allerdings verbessert sich die Erreichbarkeit trotz Entlastung mit den flankierenden Massnahmen nicht.	+/- 0	+/- 0

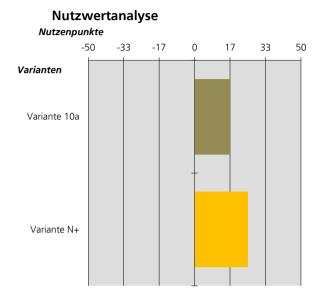
. .

SE_4: «Ortsbild»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Dieser Indikator beurteilt die Beeinträchtigung des Ortsbilds durch das Strassenprojekt. Einen Einfluss auf die Bewertung haben folgende Faktoren und Eigenschaften von Ortsbild und Nah-erholungsgebieten: Einmaligkeit, Ästhetik, Vielfältigkeit, kulturhistorischer Wert. Berücksichtigt wird der Eintrag im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl entspricht einer wesentlichen Aufwertung des Ortsbilds durch das Projekt an sich oder durch ein grosses Potenzial für ortsbauliche Aufwertungsmassnahmen. Eingriffe in schützenswerte Ortsbilder oder Einzelobjekte oder die Verschlechterung der ortsbaulichen Qualität wirken sich negativ auf die Bewertung aus.

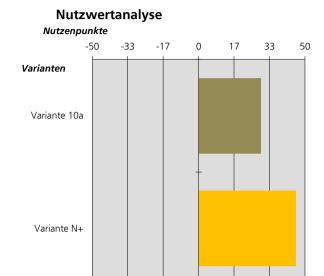
Variante	Beschrieb	"Note"	Nutzen- punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Variante bewirkt ein gewisses Potenzial für eine stadträumliche Aufwertung im Ortskern von Unterägeri (Aufenthaltsqualität öffentliche Räume, In-Wert-Setzung historische Substanz inkl. Freiräume), das als Ortsbildschutzzone bezeichnet ist und mehrere geschützte oder schützenswerte Einzelobjekte umfasst. Die Realisierung des westlichen Portals am Rande des Wohngebiets führt zu einer ortsbaulichen Verschlechterung der örtlichen Situation.	+ 1.00	+ 17
Variante N+	Die Variante bewirkt ein gewisses Potenzial für eine stadträumliche Aufwertung im Ortskern von Unterägeri (Aufenthaltsqualität öffentliche Räume, In-Wert-Setzung historische Substanz inkl. Freiräume), das als Ortsbildschutzzone bezeichnet ist und mehrere geschützte oder schützenswerte Einzelobjekte umfasst. Zudem werden durch die Verkehrsentlastung die ISOS Objekte der Inneren Spinnerei und der Kosthäuser im oberen Lorzetobel (bis zum Westportal) aufgewertet. (Eine Strassenumgestaltung ist im Ausserortsbereich nicht berücksichtigt.) Demgegenüber wirkt sich das Westportal im ISOS-Gebiet "Neuägeri/Innere Spinnerei" negativ aus, gemäss ENHK aber "gesamthaft als nur noch leichte Beeintrachtigung von	+ 1.50	+ 25

UW_1: «Lärm- und Luftbelastung»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator beschreibt die Zu- oder Abnahme der Gesundheitsbelastung durch Lärm- und Luftschadstoff-Immissionen. Es handelt sich also um einen Immissionsindikator. Weil keine Immissionsmodellierungen durchgeführt werden, erfolgt eine Abschätzung der Lärm- und Luftschadstoffbelastung auf Basis der Veränderung der Verkehrsbelastungen sowie der Anzahl betroffener Personen. Auf eine Differenzierung nach Fahrzeugkategorien (z.B. Schwerverkehr, der überproportional für die Lärm- und Luftschadstoff-Emissionen verantwortlich ist) wird aufgrund der Datenverfügbarkeit verzichtet. Weil sowohl für die Lärmals auch die Luftschadstoffbelastung diese beiden Parameter (Verkehrsaufkommen, Betroffene) die wichtigsten Einflussfaktoren sind und die gleiche Zielrichtung aufweisen, kann die Bewertung näherungsweise für beide Umweltbelastungen gemeinsam erfolgen.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl entspricht der weitgehenden Entlastung der Ortsdurchfahrt bis auf eine geringe Verkehrsmenge (lokaler Quell-/Zielverkehr) bei gleichzeitiger Verlagerung des Verkehrs in einen bezüglich Lärm komplett entlastenden Tunnel, dessen Portale ausserhalb des Siedlungsgebiets liegen.

			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Verkehrsentlastung im Dorfkern von Unterägeri beträgt ca. 8'000 - 8'500 Fz/Tag, es verbleiben ca. 6'500 Fz/Tag. Während im Tunnel die Luftschadstoffemissionen mit 60 km/h etwas höher sind, sinken sie beim verbleibenden Verkehr auf der Ortsdurchfahrt (30 km/h). Lärm: Im Ortskern ist die Entlastung deutlich wahrnehmbar, auch durch die tiefere Geschwindigkeit. Es befinden sich Wohnnutzungen im Bereich des Westportals, allerdings sind diese etwas höher gelegen und können abgeschirmt werden.	+ 1.75	+ 29
Variante N+	Die Verkehrsentlastung im Dorfkern von Unterägeri beträgt ca. 11'000 - 11'500 Fz/Tag, es verbleiben ca. 4'000 Fz/Tag. Während im Tunnel die Luftschadstoffemissionen mit 80 km/h etwas höher sind, sinken sie beim verbleibenden Verkehr auf der Ortsdurchfahrt (30 km/h). Die Portale liegen ausserhalb des Siedlungsgebiets. Lärm: Im Ortskern ist die Entlastung deutlich wahrnehmbar, auch durch die tiefere Geschwindigkeit.	+ 2.75	+ 46

UW_2A: «Qualität von Gewässern»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 3%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator bewertet die Zu- oder Abnahme der Qualität von Gewässern. Bezüglich der Auswirkung des Projektes auf die Gewässerqualität steht die Beeinträchtigung von Grundwasserströmen und Gewässerverschmutzung sowie betroffene Oberflächengewässer im Vordergrund. Als Datengrundlage sind Inventare und Schutzgebiete notwendig.

Nutzwertanalyse Nutzenpunkte -50 -33 -17 0 17 33 50 Varianten Variante 10a

Variante N+

Grundlagen

Grundwasserschutzzone Oberflächengewässer Gewässerraum

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird erreicht, wenn eine Grundwasserschutzzone tangiert würde. In der Pufferzone S3 wäre eine Bewilligung zwar möglich, in den weiteren S2 und S1 nicht. Bzgl. Oberflächengewässer wäre der grösstmögliche Eingriff ein direkter Eingriff ins Gewässer (z. B. Kanalisierung, Überdeckung etc.)

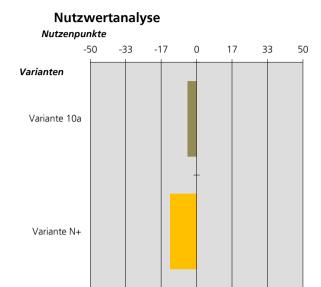
		ı.	Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Variante tangiert weiträumig den Gewässerschutzbreich Au. Der Gewässerraum des Sees ist zurzeit noch nicht ausgeschieden, wird aber wahrscheinlich nicht tangiert. Bei der Projektierung wurde entsprechend Rücksicht auf den Gewässerabstand genommen.	- 1.75	- 29
Variante N+	Die Variante tangiert weiträumig den Gewässerschutzbreich Au. Der Gewässerraum des Sees ist zurzeit noch nicht ausgeschieden, wird aber wahrscheinlich nicht tangiert. Bei der Projektierung wurde entsprechend Rücksicht auf den Gewässerabstand genommen. Hingegen beansprucht der Anschluss beim Westportal etwas Raum im Lorzetobel.	- 2.00	- 33

UW_2B: «Qualität von natürlichen Lebensräumen»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 4%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator bewertet die Zu- oder Abnahme der Qualität von natürlichen, geschützten und/oder schützenswerten Lebensräumen und Landschaften. Im Mittelpunkt der Beeinträchtigung natürlicher Lebensräume durch Projekte stehen die Habitatfragmentierung (Zerschneidung, Trennwirkung), der Verlust natürlicher Ökosysteme, wobei die Art bzw. Qualität der Lebensräume zu berücksichtigen ist. Als Datengrundlage sind Inventare und Schutzgebiete notwendig.



Grundlagen

Luftbilder Waldareal Bewegungsachsen Wildtiere

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird bei einem starken Eingriff in ein Bundesinventar (Biotopinventar) oder in ein kantonales Naturschutzgebiet erreicht.

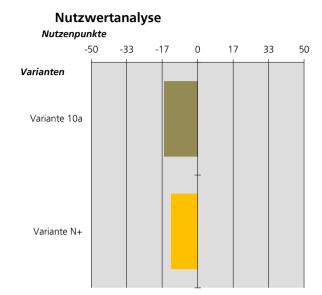
Variante	Beschrieb	"Note"	Nutzen- punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Der Eingriff in natürliche Lebensräume ist kleinflächig und betrifft allenfalls Einzelbäume.	- 0.25	- 4
Variante N+	Im Bereich des Westportals ist eine temporäre Rodung für die Zeit der Bauphase nötig, aber eine kleinräumige Rodung wird permanent bleiben. Die Vernetzungssituation in der Bewegungsachse der Wildtiere kann auf dem Abschnitt zwischen Ortsausgang und Westportal durch die Verkehrsreduktion von 18'000 auf 6'000 Fz/Tag verbessert werden.	- 0.75	- 13

UW_3: «Flächenbeanspruchung und Bodenfruchtbarkeit»

Messgrösse: quantitativ Hauptgewichtung: 4%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator bewertet die Veränderung der beanspruchten Fläche und deren Qualität. Im Vordergrund steht dabei die Verminderung des ökologischen Werts der Fläche. Dabei wird unterschieden, ob es sich um Kulturland oder um Fläche im Siedlungsgebiet handelt. Flächen, die von einem oberflächennahen Tagbautunnel unterfahren werden, werden mit einem Reduktionsfaktoren ebenfalls berücksichtigt.



Grundlagen

Situationskarten Mai 2022

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Lösung mit der maximal negativen Bewertung (-3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird erreicht, wenn Kulturland im Umfang der Fläche eines Fussballfeldes (7'000 m2) beansprucht wird. Flächen im Siedlungsgebiet werden mit einem Faktor 0.5 gewichtet.

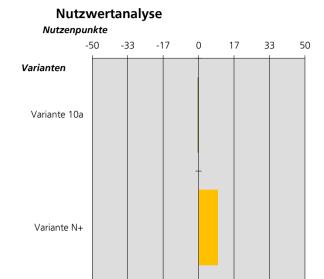
			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die versiegelte Fläche nimmt im Bereich des Siedlungsgebiets um rund 4'415 m2 zu.	quant.	- 16
Variante N+	Die versiegelte Fläche nimmt im Bereich des Siedlungsgebiets um rund 3'515 m2 zu.	quant.	- 13

UW_4: «Klimabelastung»

Messgrösse: quantitativ Hauptgewichtung: 3%

Beschreibung des Indikators

Der Indikator bewertet die Wirkung des Projekts auf das Klima bzw. die Emissionen von Treibhausgasen, wobei vereinfachend die CO2-Emissionen als Indikator für die Gesamtwirkung verwendet werden. Anhand der Veränderung der Fahrleistung aus den Verkehrsmodellen (Fzkm, differenziert nach Fahrzeugkategorien) wird eine CO2-Bilanz für die Projektumsetzung im Vergleich zum Referenzzustand erstellt. Die Wirkung auf das Klima kann nicht wie bei anderen Umweltindikatoren in Veränderung und Betroffenheit unterteilt werden, da die Betroffenheit immer global ist. Deswegen wird der Indikator direkt in Form einer Gesamtbilanz bewertet.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Höchstpunktzahl wird erreicht, wenn die Fahrleistung im Einflussgebiet deutlich reduziert und die Geschwindigkeit gesenkt bzw. der Verkehrfluss verbessert wird, d.h. wenn daraus eine Reduktion der Emissionen um 1'000 Tonnen CO2 pro Jahr folgt.

		1	Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Verkehrsleistung zwischen dem zukünftigen Ostportal beider Varianten und dem Westportal der Variante N+ (Summe von Zugerstrasse und Tunnelstrecke) verändert sich gegenüber dem Istzustand praktisch nicht. Die Emissionsfaktoren der Fahrzeuge für CO2 (als Indikator für die Klimagase) sind für die zukünftigen Geschwindigkeiten (Tempo 30 auf der Zugerstrasse bzw. Tempo 60 im Tunnel) praktisch gleich gross wie bei den heute auf der Zugerstrasse geltenden 50 km/h. Die Situation bezüglich Klimagasen verändert sich bei der Variante 10a deshalb gegenüber heute praktisch nicht.	quant.	- 0
Variante N+	Die Verkehrsleistung zwischen dem zukünftigen Ostportal beider Varianten und dem Westportal der Variante N+ (Summe von Zugerstrasse und Tunnelstrecke) verändert sich gegenüber dem Istzustand praktisch nicht. Die Emissionsfaktoren der Fahrzeuge für CO2 (als Indikator für die Klimagase) sind bei der Zugerstrasse für die zukünftigig geltenden 30 km/h praktisch gleich gross wie bei den heute geltenden 50 km/h. Im Tunnel beträgt die Höchstgeschwindigkeit 80 km/h. Die Emissionsfaktoren sind damit leicht tiefer als bei der Variante 10a, so dass bezüglich Klimagasen die Variante N+ leicht besser abschneidet.	quant.	+ 9

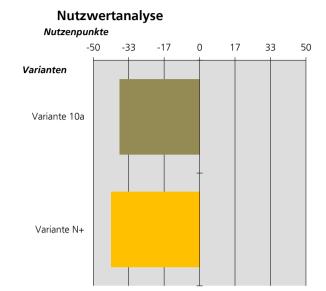
UW_5: «Umweltbelastung während der Bauphase»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 2%

Beschreibung des Indikators

Mit diesem Indikator sollen die Luft- und Lärmbelastung während der Bauphase sowie der Ressourcenverbrauch bewertet werden. Der Ressourcenverbrauch fliesst dabei primär über die Streckenlänge (Betroffenheit) in die Bewertung ein, weil die Streckenlänge ein wichtiger Indikator für die verbrauchte Menge an Baumaterial ist.

Die Luft- und Lärmbelastung während der Bauphase dient als direkter Belastungsindikator. Dieser kann aufgrund von Umleitungen zu Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit führen. Die Luft- und Lärmbelastungen verteilen sich dann auf dem untergeordneten Netz und auf Parallelrouten. Als Grundlage zur Bewertung dienen Experteneinschätzungen, da Modellauswertungen zum Baustellenverkehr in der Regel zu aufwändig sind bzw. in diesem Stadium der Planung nicht vorliegen.



Grundlagen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird erreicht, wenn die Bauinstallationsplätze im Siedlungsgebiet liegen (viele Betroffene) und rund um die Uhr betrieben werden, und die Materialmengen, die umgeschlagen werden müssen, sehr hoch sind.

<u>Variante</u>	Beschrieb	"Note"	Nutzen- punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Der Tunnel wird bei beiden Varianten von Osten her aufgefahren. Da das Ostportal und damit auch der Hauptinstallationsplatz bei beiden Varianten am gleichen Ort liegen, unterscheiden sich die beiden Varianten bezüglich den durch den Hauptinstallationsplatz verursachten Immissionen nicht. Der Verkehr während der Bauphase und damit auch die dadurch verursachten Immissionen hängen primär von der für den Tunnel auszubrechenden Materialmenge und damit in erster Näherung von der Tunnellänge ab. Diese ist bei der Variante 10a kleiner als bei der	- 2.25	- 38
Variante N+	Variante N. L. co class diosa laight bassar absolvacidat		- 42

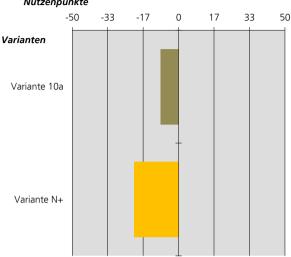
UW_6: «Landschaftsbild und Naherholung»

Messgrösse: qualitativ Hauptgewichtung: 5%

Beschreibung des Indikators

Teil dieses Indikators sind mögliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch eine neue Strasse. Massgebend ist die Sicht Mensch, damit es zu keinen Doppelzählungen mit dem im Indikator UW_2 (Qualität von natürlichen Lebensräumen) kommt, dessen Fokus auf dem Schutz (Qualität) von Ökosystemen liegt. Einen Einfluss auf die Bewertung haben folgende Faktoren und Eigenschaften von Landschaftsbild und Naherholungsgebieten: Einmaligkeit, Ästhetik, Vielfältigkeit, kulturhistorischer Wert, Erholungswert. Ebenfalls berücksichtigt wird der Eintrag im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN) oder in kantonale Inventare oder Landschaftsschutzgebiete.





Grundlagen

Schwerpunktgebiet Erholung Landschaftsschutzgebiete ENHK Beurteilung als 'nicht wesentlicher Eingriff'

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird bei einem starken Eingriff in ein Bundesinventar (z. B. BLN) oder in ein kantonales Landschaftsschutzgebiet erreicht.

			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Die Möglichkeit zur Aufwertung des Schwerpunktgebiets Erholung (gemäss KRP) am See wird durch den Anschluss an die Umfahrung teilweise verhindert.	- 0.50	- 8
Variante N+	Die Möglichkeit zur Aufwertung des Schwerpunktgebiets Erholung (gemäss KRP) am See wird durch den Anschluss an die Umfahrung teilweise verhindert. Das westliche Portal im Randbereich eines BLN-Gebiets und eines kantonalen Landschaftsschongebiets ist als negativer Eingriff zu beurteilen, gemäss ENHK aber "gesamthaft als nur noch leichte Beeintrachtigung von ISOS und BLN"	- 1.25	- 21

UW_7: «Deponien für Ausbruch-/Aushubmaterial»

Messgrösse: quantiativ Hauptgewichtung: 4%

Beschreibung des Indikators

Dieser Indikator beurteilt die Beanspruchung der Deponievolumen im regionalen Umfeld der Baustelle.

Nutzwertanalyse Nutzenpunkte -50 -33 -17 0 17 33 50 Varianten Variante 10a

Grundlagen

Tunnel Längeprofile Tunnel Querschnittsflächen

Beurteilung

Vorgehen

Ausgehend von der fiktiven Bestlösung (+3) werden die vorhandenen, für diesen Indikator relevanten negativen und hervorzuhebenden positiven Auswirkungen beurteilt.

Nötige Veränderung zur Erreichung der Höchstpunktzahl (+3)

Die Maximalpunktzahl (-3) wird erreicht, wenn das Material nicht wiederverwendet oder in Kiesgruben abgelagert werden kann und die Materialmengen gross sind (300'000 m3).

			Nutzen-
Variante	Beschrieb	"Note"	punkte
Referenzzustand	Der Referenzzustand ist die heutige Situation.	+/- 0	+/- 0
Variante 10a	Beim Bau des Tunnels fallen rund 138'000 m2 Ausbruchmaterial an. Die Eignung des Materials für die direkte bauliche Wiederverwertung oder die Verwertung in der Bauindustrie kann zum heutigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden. Im kantonalen Richtplan ist die Inertstoffdeponie Hofstettblätz (Volumen ca. 0.35 Mio m3) eingetragen, welche allenfalls mit einem Förderband von rund 1.5 km Länge erschlossen werden könnte. Da bei der Variante 10a das Ausbruchvolumen kleiner ist als bei der Variante N+, schneidet diese hier leicht besser ab.	quant.	- 23
Variante N+	Beim Bau des Tunnels fallen rund 214'000 m2 Ausbruchmaterial an. Die Eignung des Materials für die direkte bauliche Wiederverwertung oder die Verwertung in der Bauindustrie kann zum heutigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden. Im kantonalen Richtplan ist die Inertstoffdeponie Hofstettblätz (Volumen ca. 0.35 Mio m3) eingetragen, welche allenfalls mit einem Förderband von rund 1.5 km Länge erschlossen werden könnte. Da bei der Variante N+ das Ausbruchvolumen grösser ist als bei der Variante N+, schneidet diese hier leicht schlechter ab.	quant.	- 36



Anhang D: Ergebnisse Gesamtverkehrsmodell für das GP (Spitzenstunden)

EBP AG / 15.07.2022

EBP AG / 15.07.2022

EBP AG / 15.07.2022

EBP AG / 15.07.2022



Anhang E: Lüftungsbericht Tunnel zum GP



Auftraggeber

EBP AG

Projekt

Umfahrung Unterägeri

Technischer Bericht Tunnellüftung

Dr. Ingo Riess

Datum 27.07.2022

Version 1.0

Bericht 2201001

Riess Ingenieur-GmbH Funkackerstrasse 17 8050 Zürich

Revision

Vers.	Datum	Autor	Kommentar
1.0	27.07.2022	Ingo Riess	Erstfassung

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Grundlagen	5
2.1	Referenzen	5
2.2	Geometrie	5
2.3	Verkehr	6
2.4	Dimensionierungswerte der Luftqualität	6
2.5	Portalemissionen	7
2.6	Strahlventilatoren	7
2.7	Meteorologische Daten	7
2.7.1	Wind	
2.7.2 2.7.3	TemperaturenBarometrische Druckdifferenzen	
2.8	Lärm	
2.8.1	Abluftventilatoren	
2.8.2	Strahlventilatoren	
2.8.3	Lüftung des Sicherheitsstollens	
2.9	Annahmen	8
3	Lüftungskonzept	8
4	Vordimensionierung	9
4.1	Minimale Abluftmenge	9
4.2	Abluftkanal	10
4.3	Kontrolle der Längsströmung mit Strahlventilatoren	10
4.4	Normalbetrieb	11
5	Bauliche Randbedingungen	11
5.1	Strahlventilatoren	11
5.2	Abluftkanal	12
5.2.1	Abluftklappen	
5.2.2 5.2.3	LüftungszentraleKaminhöhe	
5.3	Leistungsbedarf	
6	Messeinrichtungen	13
6.1	Strömungsmessung	13
6.2	Sichttrübe und CO-Messung	13
6.3	Rauchmelder	13
6.4	Heissdetektion Brand	14
7	Belüftung des Sicherheitsstollens	14

7.1	Vorgaben	14
7.1.1	Normalbetrieb	14
7.1.2	Ereignisbetrieb	
7.1.3	Redundanz	
7.1.4	Druck im Fahrraum	14
7.2	Konzept	15
7.2.1	Normalbetrieb	15
7.2.2	Ereignisbetrieb	15
7.3	Auslegung	15
7.4	Druckentlastungsklappe	16
7.5	Betriebspunkte Ventilatoren	16
7.6	Platzbedarf der Ventilatoren	16
7.7	Weitere Installationen	17
7.7.1	Tür zum Sicherheitsstollen, Lüftungsöffnung	17
7.7.2	Abschlussklappen	17
7.7.3	Strömungswächter	17
7.7.4	Rauchmelder	
7.7.5	Schalldämpfer	
7.7.6	Differenzdruckmessung	17
8	Kostenschätzung	18
8.1	Investitionskosten	18
8.2	Betriebskosten	19
9	Anhang A: Übersicht Lüftungseinrichtungen	20
10	Anhang B: Datenblätter der Lüftungsberechnung	21

1 Einleitung

Für die Dorfkernumfahrung Unterägeri besteht eine Planung aus den Jahren 2007 bzw. 2009. Für den vorliegenden Bericht wurde die Planung der Tunnellüftung auf Basis aktualisierter Anforderungen und Randbedingungen aktualisiert. Die Bearbeitungsstufe entspricht einem reduzierten Vorprojekt.

2 Grundlagen

2.1 Referenzen

- [1] ASTRA, Richtlinie Lüftung der Strassentunnel, ASTRA 13001, V3.00, Ausgabe 2021
- [2] ASTRA, Richtlinie Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln, ASTRA 13002, V1.06, Ausgabe 2008
- [3] ASTRA, Richtlinie Branddetektion in Strassentunneln, ASTRA 13004, V2.10, Ausgabe 2008
- [4] ASTRA, Richtlinie Türen und Tore in Strassentunneln, ASTRA 13011, V1.06, Ausgabe 2009
- [5] ASTRA, Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen, ASTRA 23001, 12.01.2022
- [6] SIA, Norm SIA 197/2: Projektierung Tunnel, Strassentunnel, Oktober 2004
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft, Lärmschutzverordnung LSV, SR 814.41, 1986
- [8] Dorfkernumfahrung Unterägeri, Variante N, Tunnellüftung und Fluchtwege, Bericht HBI 05-104-003 V1.0 vom 21.10.2009

2.2 Geometrie

Die geometrischen Daten des Tunnels, die für die Auslegung der Lüftung eingesetzt werden, sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Geometrische Daten, Grundlage der Auslegung

Umfahrung Unterägeri		,
Länge	1809 m	
Steigung von West nach Ost	3.0 % über 40 m	
	2.0 % über 1069 m	
	-1.0 % über 700 m	
Mittlere Steigung	0.86 %	
Tunnelquerschnitt	54.8 m ²	
Hydraulischer Durchmesser	7.2 m	
Querschnitt Abluftkanal	20.4 m ²	
Hydraulischer Durchmesser	3.8 m	
Anzahl Röhren / Fahrspuren pro Röhre	1/2	
Mittlere Höhe über Meer	720 m	

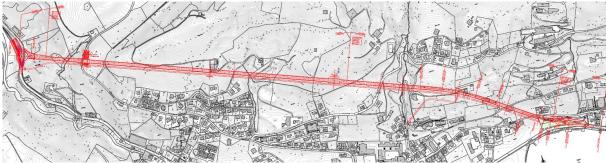


Abbildung 1: Situation Umfahrung Unterägeri

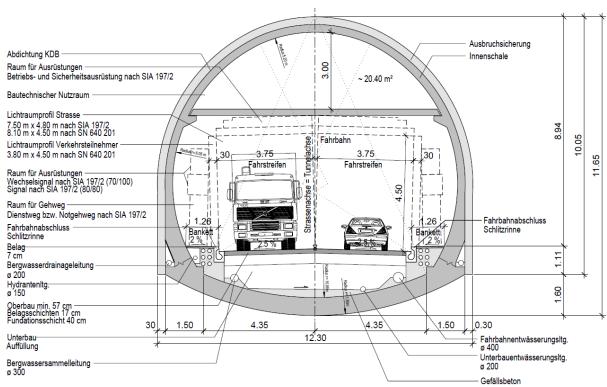


Abbildung 2: Tunnelnormalprofil

2.3 Verkehr

Die Verkehrsdaten sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Verkehrsdaten beziehen sich auf das vorgesehene Jahr der Tunneleröffnung 2035 sowie 10 Jahre danach.

Tabelle 2: Verkehrsdaten, Grundlage der Auslegung

Verkehrsart	Gegenverkehr	
Durchschnittlicher täglicher Verkehr DTV 2035	12443 Fz/24h	
Durchschnittlicher täglicher Verkehr DTV 2045	13745 Fz/24h	+1% jährlich
Anteil der Lastwagen am Gesamtverkehr	6%	
Massgebender stündlicher Verkehr 2035	1369	~11% DTV
Massgebender stündlicher Verkehr 2045	1512	~11% DTV
Stauhäufigkeit	gering	
Signalisierte Geschwindigkeit	80 km/h	

2.4 Dimensionierungswerte der Luftqualität

Ziel der Tunnellüftung im Normalbetrieb ist, die Schadstoffkonzentrationen in der Tunnelluft unter gewissen Grenzen zu halten und genügende Sichtverhältnisse zu sichern. Der Schadstoffgehalt wird mit dem Leitgas Kohlenmonoxid CO und die Sichttrübung mit der Leitsubstanz Dieselrauch erfasst. Die folgenden Werte sind für die Dimensionierung der Tunnellüftung zu verwenden:

Tabelle 3: Dimensionierungswerte der Luftqualität [1]

CO-Konzentration	Sichttrübe
60 ppm	0.005 /m

Zusätzlich wird gefordert, dass bei allen Verkehrssituationen ein Luftaustausch innerhalb von 20 min und eine minimale Strömungsgeschwindigkeit von 1.5 m/s erreicht werden können. Bei einer Tunnellänge über 1800 m ist die Zeit für den Luftaustausch massgebend.

2.5 Portalemissionen

Mit einer Absaugung der Tunnelluft vor dem Ausströmen durch die Portale und dem Ausstoss über einen Kamin kann die unmittelbare Umgebung des Portals vor Zusatzbelastungen geschützt werden. Die Notwendigkeit der Abluftabsaugung wird im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung untersucht.

Eine Abschätzung der Portalemissionen kann einen Hinweis auf die Zulässigkeit der freien Portalabluft geben. Für die Abschätzung verwenden wir die Emissionen des Handbuchs Emissionsfaktoren HBEFA¹ und die Verkehrsprognose.

Tabelle 4: Schadstoffausstoss aus dem Umfahrungstunnel Unterägeri 2035

	Schadstoffmenge
NO _X Emissionen	0.82 t/Jahr
NO _X Emissionen pro Tunnelportal	0.41 t/Jahr

Wird der Tunnel durchgehend längs belüftet, verteilt sich der Schadstoffausstoss etwa symmetrisch auf die beiden Tunnelportale. Mit der Portalfracht aus Tabelle 4 ist voraussichtlich keine Beschränkung der Portalabluft notwendig.

2.6 Strahlventilatoren

Für die Lüftung im Normalbetrieb sowie für die Kontrolle der Längsströmung bei der Ereignislüftung werden Strahlventilatoren im Fahrraum eingesetzt. Für die Vordimensionierung der Lüftung werden die folgenden Daten der Strahlventilatoren verwendet.

Tabelle 5: Technische Daten der Strahlventilatoren

Laufraddurchmesser Da	900	mm
Aussendurchmesser	1100	mm
Standschub (beide Richtungen)	780	N
Förderleistung	20.3	m³/s
Ausblasgeschwindigkeit	32.0	m/s
Anschlussleistung	30	kW
Einbauwirkungsgrad	80	%

Die Funktion der Strahlventilatoren ist für eine Temperatur von 250°C während 120 min zu gewährleisten. Die Strahlventilatoren werden über Frequenzumformer angesteuert, um eine fein abgestimmte Regelung der Strömungsgeschwindigkeit bei einem Brand zu ermöglichen.

2.7 Meteorologische Daten

2.7.1 Wind

Der Winddruck auf die Portale beträgt in der Regel einige Pascal und ist meist sehr rasch schwankend. Für die Auslegung ist der Staudruck gebildet mit dem Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit auf das Portal zu verwenden. Hier gehen wir von einem Winddruck von 5 Pa auf das jeweils ungünstige Tunnelportal aus. Dies entspricht einer mittleren Windgeschwindigkeit von 3.5 m/s auf einer Höhe von 10 m über Boden.

2.7.2 Temperaturen

Die Temperaturen innerhalb und ausserhalb des Tunnels variieren mit der Jahreszeit. Bei der Auslegung der Tunnellüftung für den Ereignisbetrieb ist der jeweils ungünstigere Fall von Auftrieb und Abtrieb zu berücksichtigen. Die Temperaturdifferenz zwischen Fahrraum und Umgebung kann nach der Richtlinie [1], §7.1.5 mit 1 K je 450 m Tunnellänge abgeschätzt werden.

¹ www.hbefa.net

2.7.3 Barometrische Druckdifferenzen

Der Tunnel weist keine bedeutende Überdeckung auf. Für den barometrischen Druck gehen wir vom Minimalwert des barometrischen Drucks nach der Richtlinie [1], §7.1.5 von 5 Pa/km aus.

2.8 Lärm

Grundlage für die Beurteilung der Lärmbelastung in der Umgebung des Tunnels ist die Lärmschutzverordnung [7]. In der Umgebung der Tunnelportale und im Einflussbereich des Abluftbauwerks müssen im Betrieb bei normalen Verkehrszuständen die Anforderungen des Schallschutzes eingehalten werden ([1], §7.4.2). Kurzzeitige Lärmemissionen werden über die Betriebsdauer auf einen Jahresmittelwert umgerechnet.

2.8.1 Abluftventilatoren

Für den Betrieb der Lüftungsanlagen gelten die folgenden Annahmen:

- Die Lüftungsanlage ist eine regelmässig betriebene Anlage und unterliegt den Anforderungen nach Anhang 6 LSV [7]. Ein regelmässiger Betrieb liegt vor, wenn die Anlage während mehr als 5 bis 10 Tagen pro Jahr betrieben wird, allerdings bei einem ganztägigen Betrieb.
- Die Anlage wird für 1 Stunde pro Monat in Betrieb genommen.
- Die Lüftung hat als neue Anlage die Planungswerte einzuhalten.
- Als Betriebstage werden nur die Tage mit Wartungsarbeiten und nicht die gesamte Betriebszeit des Tunnels zugrunde gelegt.
- Es besteht das Risiko, dass für den Tunnel eine Taupunktlüftung notwendig wird. In diesem Fall kann die Abluftanlage im Normalbetrieb über längere Zeit betrieben werden.

Für den zulässigen Schallleistungspegel an den jeweiligen Kaminauslässen liegen derzeit noch keine Daten vor. Die Schallemissionen der Ventilatoren wurden aufgrund von Erfahrungswerten an anderen Anlagen eingeschätzt. Daher wird in dieser Planungsphase Platz für Schalldämpfer für die Lüftungsanlagen eingeplant.

2.8.2 Strahlventilatoren

Damit die Ereignisdienste im Ereignisfall im Tunnel kommunizieren können, wird für den Betrieb der Strahlventilatoren im Regelfall ein Schallgrenzwert im Tunnel 1.5 m über der Fahrbahn von 85 dB(A) vorgegeben. Es wird davon ausgegangen, dass damit auch die Anforderungen an der nächstgelegenen Bebauung eingehalten werden können.

2.8.3 Lüftung des Sicherheitsstollens

In der Umgebung der Ansaugung der Lüftung des Sicherheitsstollens müssen im Betrieb bei normalen Verkehrszuständen die Anforderungen des Schallschutzes eingehalten werden. Zusätzlich zu den Vorgaben der Lärmschutzverordnung [7] soll die Lärmbelastung im Ereignisbetrieb innerhalb und ausserhalb des Sicherheitsstollens maximal 85 dB(A) betragen. Dies entspricht den üblichen Werten in Strassentunneln. In dieser Phase wird die Überdruckbelüftung mit Schalldämpfern geplant.

2.9 Annahmen

- Im Portalbereich West weicht die Geometrie wegen des Verzögerungsstreifes vom Normalprofil ab. Für die Auslegung der Tunnellüftung wird mit einem durchgehend konstanten Profil gerechnet.
- Es besteht eine vollwertige Umfahrungsstrecke. Auf die Umfahrung kann bei Ausfall der Abluftventilatoren während mehr als 72 Stunden der Verkehr umgeleitet werden, bis die Absaugung wieder zur Verfügung steht.

3 Lüftungskonzept

In der Richtlinie zur Lüftung der Strassentunnel [5] sind Grenzen für den Einsatz der Lüftungssysteme angegeben. Für die Umfahrung Unterägeri ist die Wahl des Lüftungskonzepts bereits durch die Tunnellänge und die Verkehrsart Gegenverkehr gegeben. Eine weitere Auswertung von Verkehrsaufkommen, Schwerverkehrsaufkommen und Längsneigung ist nicht erforderlich.

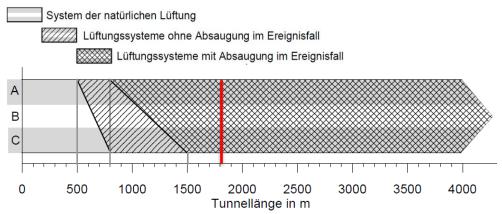


Abbildung 3: Vorauswahl des Lüftungskonzepts für Tunnel mit Gegenverkehr

Der Umfahrungstunnel Unterägeri ist mit einem

Lüftungssystem mit lokaler Absaugung über Zwischendecke im Ereignisfall auszurüsten.

Die Anordnung einer Abluftzentrale ist 190 m vom Westportal entfernt vorgesehen, vgl. Abbildung 1.

Die Lüftung wird für einen Brand im Bereich ohne Zwischendecke nach den Anforderungen für Tunnel mit Gegenverkehr ohne Absaugung ausgelegt. Für den Normalbetrieb ist eine durchgehende Längslüftung mit Strahlventilatoren vorgesehen. Alternativ kann geprüft werden, ob auch die Absaugung im Normalbetrieb eingesetzt werden soll.

Aufgrund der Tunnellänge von etwas mehr als 1800 m besteht für den Tunnel das Risiko von beschlagenden Scheiben. Beschlagende Scheiben treten bei kühlen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit ausserhalb des Tunnels auf. Dann ist im Tunnel mit höheren Temperaturen und ebenfalls hoher Luftfeuchtigkeit zu rechnen. Wenn Fahrzeuge mit kalten Scheiben durch das Portal entgegen dieser Strömung in den Tunnel einfahren, kann Kondensation auf der Aussenseite der Fahrzeugscheiben auftreten. Eine mögliche Gegenmassnahme ist der Betrieb der Abluftventilatoren am Südportal. Die Abluftkapazität für den Ereignisbetrieb ist dafür grundsätzlich ausreichend. Falls von einem regelmässigen Betrieb der Ventilatoren auszugehen ist, hat dies einen Einfluss auf den Energieverbrauch sowie auf den Lärmschutz. Die Abluftventilatoren werden mit rückseitigen Schalldämpfern ausgerüstet. Die messtechnische Ausrüstung für eine Detektion von kritischen meteorologischen Bedingungen wird hingegen nicht eingeplant. Ob eine Taupunktlüftung realisiert wird, kann in einer späteren Projektphase entschieden werden. Auch eine Nachrüstung nach Inbetriebnahme ist grundsätzlich möglich.

4 Vordimensionierung

4.1 Minimale Abluftmenge

Die Richtlinie Lüftung der Strassentunnel [1] verlangt für die Ereignislüftung durch lokale Absaugung einen minimalen Abluftstrom am Brandort, der durch das Produkt aus der Strömungsgeschwindigkeit 3 m/s und dem Tunnelquerschnitt gebildet wird. Um diese Anforderung unter Beachtung einer ausreichenden Steuerbarkeit des Gesamtsystems erfüllen zu können, ist der minimale Abluftstrom an der Absaugstelle mit einem Zuschlag zu erhöhen (1/3 für Gegenverkehrtunnel).

Beim Umfahrungstunnel Unterägeri ergibt sich ein minimaler Abluftstrom von 220 m³/s für das zweispurige Normalprofil. Das Sonderprofil der Ausstellnische muss nicht berücksichtigt werden.

Die Ventilatoren werden so ausgewählt, dass alle geforderten Betriebspunkte bei konstanter Drehzahl und konstantem Schaufelwinkel der Abluftventilatoren erreicht werden können. Somit wird bei einigen

Betriebspunkten die geforderte Luftmenge übertroffen. Die Energieversorgung und die Druckbelastungen auf Gebäude und Ausrüstung sind so zu festzulegen, dass alle tatsächlichen Betriebspunkt erreicht werden können.

4.2 Abluftkanal

Der Abluftkanal beginnt bei der Zentrale und endet ca. 260 m vom Ostportal. Im Abschnitt zwischen Ende des Kanals und dem Portal ist keine Rauchabsaugung erforderlich.

Die lokale Absaugung über Klappen soll bei neuen Anlagen so ausgelegt werden, dass die Druckdifferenz zwischen Abluftkanal und Verkehrsraum 2'500 Pa nicht übersteigt. Bei der Auslegung ist die Leckage der Abluftklappen und des geschlossenen Abluftkanals zu berücksichtigen. Zusätzlich ist die Begehbarkeit des Abluftkanals zu gewährleisten. Die Richtlinie ASTRA 13001 gibt weiterhin vor, welche reduzierten Luftmengen bei Ausfall einer Abluftklappe oder bei Ausfall eines Ventilators zu fördern sind.

Die Abluftklappen werden in Abständen von 100 m in der Zwischendecke angeordnet. Verschiebungen können sich z.B. wegen der Anordnung von Ventilatornischen ergeben. An den jeweiligen Enden der Abluftkanäle am Portal sowie an der Zentrale werden drei Abluftklappen angeordnet, um eine starke Punktabsaugung zu ermöglichen. Für die Auslegung gehen wir von einem Querschnitt der Klappen von jeweils 5.0 m² (Rahmeninnenfläche) aus.

Im Regelfall werden bei einem Ereignis drei Abluftklappen geöffnet. Bei Ausfall einer Abluftklappe muss mindestens 90% der minimalen Abluftmenge gefördert werden. Bei Ausfall eines Abluftventilators muss 65% der minimalen Abluftmenge erreicht werden. Für die Auslegung der Ventilatoren sind alle drei Betriebspunkte zu beachten.

Länge	1400	m	
Querschnitt Abluftkanal	20.4	m ²	
Hydraulischer Durchmesser Abluftkanal	3.8	m	
Wandrauigkeit	1.0	mm	
Rahmeninnenfläche der Abluftklappen	5.0	m ²	~15 m/s Strömung
Minimale Abluftmenge	220	m³/s	
Abluftmenge	220	m³/s	
Leckage	18.5	m³/s	
Abluftmenge am Ventilator	238.5	m³/s	
Maximaler statischer Druck im Kanal	1000	Pa	Regelfall

Die Berechnung wird für einen Abluftkanal mit konstantem Querschnitt durchgeführt. Im Bereich der gegenüberliegenden Ausstellnischen ist der Abluftkanal vergrössert. Die etwas geringeren Druckverluste werden durch Verluste bei den Übergängen zwischen den unterschiedlichen Querschnitten ausgeglichen. Details der Berechnungen können dem Anhang B: Datenblätter der Lüftungsberechnung entnommen werden. Wenn die Geometrie in einer späteren Planungsphase im Detail vorliegt, wird die Berechnung mit grösserer Genauigkeit durchgeführt.

Die maximale statische Druckdifferenz zwischen Abluftkanal und Verkehrsraum liegt mit weniger als 1000 Pa deutlich im zulässigen Bereich.

4.3 Kontrolle der Längsströmung mit Strahlventilatoren

Neben der minimalen Abluftmenge sind im Ereignisbetrieb minimale Strömungsgeschwindigkeiten im Fahrraum einzuhalten. In einem Tunnel mit Gegenverkehr gelten die Vorgaben gemäss Tabelle 6.

Tabelle 6: Mindestanforderungen an die Längsströmung in Richtung Ereignisort

Verkehrsart	Verkehrssituation	Strömung zum Ereignisort	Tunnelbereich
GV	Fliessender	1.5 m/s	Beidseits des Absaugbereichs
	Verkehr oder Stau		

Da die Abluftmenge gegenüber der minimalen Abluftmenge um 1/3 vergrössert wird, erfolgt die Auslegung der Strahlventilatoren für den Ereignisbetrieb nach den Auslegungswerten in Tabelle 7.

Tabelle 7: Auslegungswerte der Längsströmung in Richtung Ereignisort

Verkehrsart	Verkehrssituation	Strömung zum Ereignisort	Tunnelbereich
GV	Fliessender	2.0 m/s	Beidseits des Absaugbereichs
	Verkehr oder Stau		

Die Längsströmungen in Tabelle 7 müssen in allen Fällen und bei allen möglichen Ereignisfällen eingehalten werden. Zu diesem Zweck werden Strahlventilatoren im Fahrraum vorgesehen. Die Strahlventilatoren werden in Gruppen angeordnet. Bei Ausfall einer Strahlventilatorgruppe muss der Schub der verbleibenden Strahlventilatoren mindestens 90% des Sollwertes betragen.

Aufgrund einer Variation von Brandort, Meteorologie und Verkehr werden die massgebenden Auslegungsfälle für die Situationen in Tabelle 7 bestimmt. Die Details der Berechnung können dem Anhang B: Datenblätter der Lüftungsberechnung entnommen werden.

Im Tunnel Unterägeri können neun Strahlventilatoren in drei Dreiergruppen angeordnet werden. Die technischen Daten der Strahlventilatoren sind in Abschnitt 2.6 angegeben.

4.4 Normalbetrieb

Die Verkehrsfälle, die der Lüftungsberechnung zugrunde gelegt wurden, sind in Tabelle 8 beschrieben.

Tabelle 8: Auswahl der untersuchten Verkehrsfälle 2035

Fall	1	2	3	4	5	6	7	8
Spur 1								
Geschw.	80	80	80	80	40	40	40	40 km/h
Aufteilung	80%	60%	40%	20%	80%	60%	40%	20%
Pw	1029	772	515	257	1029	772	515	257 Pw/h
Lw	66	49	33	16	66	49	33	16 Lw/h
Spur 2								
Geschw.	80	80	80	80	40	40	40	40 km/h
Aufteilung	20%	40%	60%	80%	20%	40%	60%	80%
Pw	257	515	772	1029	257	515	772	1029 Pw/h
Lw	16	33	49	66	16	33	49	66 Lw/h

Die Daten der Lüftungsberechnung sind im Anhang B: Datenblätter der Lüftungsberechnung angegeben.

In allen berechneten Verkehrssituationen ist die natürliche Lüftung durch die Kolbenwirkung des Verkehrs ausreichend. Die Bemessungswerte werden auch ohne den Einsatz von Strahlventilatoren eingehalten. Um in allen Verkehrssituationen einen minimalen Luftaustausch innerhalb von 20 min zu erreichen, genügt der Einsatz von 2 Strahlventilatoren (Daten der Ventilatoren siehe Abschnitt 2.6). Der Ereignisbetrieb ist für die Auslegung der Strahlventilatoren massgebend.

5 Bauliche Randbedingungen

5.1 Strahlventilatoren

Für die Anzahl Strahlventilatoren ist die Beeinflussung der Strömungsgeschwindigkeit im Brandfall massgebend. Die Strahlventilatoren können in Gruppen von drei Ventilatoren angeordnet werden. Die äusseren Abmessungen der Strahlventilatoren sind in Abschnitt 2.6 angegeben.

Bei der Anordnung der Strahlventilatoren sind die folgenden Mindestabstände einzuhalten:

Zum nächsten Portal
 Zur nächsten Ventilatorgruppe
 Abstand zwischen Gehäuse und Tunneldecke
 Zwischen zwei Ventilatoren

Wir empfehlen, die Strahlventilatoren in einer Gruppe 80 m vom Westportal und zwei Gruppen 80 und 180 m vom Ostportal anzuordnen.

5.2 Abluftkanal

Der Abluftkanal muss einen genügenden Querschnitt für die geforderte Abluftmenge aufweisen. Dies ist mit dem vorgesehenen Querschnitt gegeben. Der Abluftkanal muss begehbar sein, um eine einfache Wartung der ferngesteuerten, einzeln zu betreibenden Abluftklappen zu ermöglichen. Mit einer freien Höhe von 3 m in der Mitte des Kanals ist die Begehbarkeit sicher gewährleistet.

5.2.1 Abluftklappen

Für die Abluftklappen ist eine Fläche von jeweils 5.0 m₂ vorgesehen. Damit ergibt sich für den minimalen Volumenstrom von 220 m₃/s eine mittlere Durchströmgeschwindigkeit knapp unter 15 m/s.

Die Betonierfugen im Abluftkanal sind mit Dichtbändern abzudichten. Damit kann die Leckage beschränkt werden. Für die Brandlüftung werden insgesamt 18 Klappen benötigt. 14 Abluftklappen sind in Abständen von 100 m über eine Strecke von 1300 m vorzusehen. Am Kanalanfang und -ende sind zusätzlich jeweils zwei weitere Klappen vorzusehen.

5.2.2 Lüftungszentrale

Aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens gehen wir davon aus, dass in der Abluftzentrale zwei Abluftventilatoren vorzusehen sind. Die Installation von zusätzlichen Ventilatoren (Redundanz zur Erhöhung der Verfügbarkeit) ist nicht kostenwirksam. Die Abluftventilatoren werden für eine Abluftmenge von 240 m³/s ausgelegt. Daraus ergibt sich der folgende minimale Raumbedarf in der Abluftzentrale:

Tabelle 9: Platzbedarf der Abluftventilatoren

Volumenstrom	2 x 120 m ³ /s
Laufrad- oder Nenndurchmesser	2.50 m
Aussendurchmesser	2.80 m
Länge Ventilator mit Übergangsstücken (Raumhöhe)	9.00 m
Absperrklappe B x H	3.15 m x 3.15 m
Raumbreite	11.00 m
Raumhöhe H bei horizontaler Aufstellung	4.50 m
Raumhöhe H ₂ bei horizontaler Aufstellung mit Kran	6.00 m
Querschnitt Rauchauslass	ca. 17.0 m²
Gewicht Abluftventilator (VME)	ca. 9 t
Gewicht Übergangsstück mit Absperrklappe	ca. 4.5 t

Die Ventilatoren dürfen nicht direkt vom Tunnel aus in einen Ventilatorraum über der Fahrbahn eingebracht werden.

Die Funktion der Abluftventilatoren ist für eine Temperatur von 400°C während 120 min zu gewährleisten.

5.2.3 Kaminhöhe

Die minimale Höhe eines Abluftkamins, der nur im Ereignisfall genutzt wird (keine Abluft im Normalbetrieb), beträgt 3 m über Boden, sofern im Umkreis von ca. 50 m um den Abluftkamin keine höhere Bebauung vorhanden ist. Bei naher Bebauung muss der Abluftkamin die Traufhöhe des Gebäudes um mindestens 2 m überragen.

Der Kamin ist so anzuordnen, dass zwischen der Ausblasöffnung und dem Tunnelportal ein Abstand von mindestens 50 m eingehalten wird [1].

Bei einem Abluftbauwerk im Wald ist sicherzustellen, dass Rauch frei ausgeblasen werden kann. Dies kann durch eine entsprechende Gebäudehöhe oder durch Unterhaltsmassnahmen sichergestellt werden.

5.3 Leistungsbedarf

Für die Berechnung des gesamten Druckverlustes und der Leistung der Ventilatoren sind die Druckverluste beim Durchströmen der Lüftungszentrale abzuschätzen. Bei Absaugung von 240 m₃/s ergibt sich typisch ein gesamter Druckabfall in der Zentrale von etwa 800 Pa. Zusammen mit dem Druckabfall im Abluftkanal müssen die Ventilatoren somit eine Druckdifferenz von etwa 1'800 Pa überwinden. Wir gehen für Ventilator und Antrieb von einem Gesamtwirkungsgrad von 0.72 aus. Für zwei Ventilatoren zusammen muss eine elektrische Leistung von etwa 600 kW bereitgestellt werden. Da das Hochfahren der Ventilatoren im Brandfall möglichst schnell erfolgen muss, sollte eine genügende Leistungsreserve für den Anfahrvorgang zur Verfügung stehen.

Mit den genannten Ventilatordimensionen und der installierten Leistung können auch die geforderten Luftmengen bei Ausfall eines Ventilators (65%) und bei Ausfall einer Abluftklappe (90%) erreicht werden.

Da die Strahlventilatoren im Brandfall zur Unterstützung der Absaugung eingesetzt werden, ist davon auszugehen, dass der maximale Leistungsbedarf der Axialventilatoren und der Leistungsbedarf aller Strahlventilatoren gleichzeitig aufzubringen sind. Zusätzlich ist die Leistung der SiSto-Lüftung einzurechnen, vgl. Kapitel 7. Es ergibt sich ein gesamter Leistungsbedarf der Tunnellüftung von 600 kW + 9 * 30 kW + 2 * 10 kW = 890 kW.

6 Messeinrichtungen

6.1 Strömungsmessung

Die Daten der Luftgeschwindigkeitsmessung werden für die Regelung der Längsströmung im Ereignisbetrieb in die Steuerung einbezogen. Im Tunnel ist die Strömungsgeschwindigkeit an zwei Messstellen zu erfassen. Die Plausibilität der Messungen muss je Messstelle mit 3 unabhängigen Messungen ermittelt werden.

Die Messstellen sind so anzuordnen, dass sie repräsentativ für die Strömung im Querschnitt sind. Dafür sind Mindestabstände von jeweils 100 m von den Portalen und von den Strahlventilatoren einzuhalten. Zusätzlich ist ein genügender Abstand von Sonderquerschnitten, z.B. 80 m an Querschnittänderungen, einzuhalten.

6.2 Sichttrübe und CO-Messung

Die CO-Messung entfällt, da die CO-Konzentration nicht massgebend für die Lüftung im Normalbetrieb ist. Die Sichttrübe ist an mindestens zwei Stellen im Tunnel zu erfassen. Wir gehen von zwei Messungen jeweils in den Drittelpunkten des Tunnels aus.

6.3 Rauchmelder

Für die Rauch- und Branddetektion ist die Richtlinie ASTRA 13004 [3] massgebend. In Tunneln mit Absaugung im Ereignisbetrieb ist bei jeder Abluftklappe ein Rauchmelder anzuordnen. Jeweils am Ende des Abluftkanals genügt je ein Rauchmelder. Zusätzlich werden im Abschnitt zwischen dem Ende des Abluftkanals und dem Portal Rauchmelder angeordnet, so dass ein maximaler Abstand von 100 m zwischen den Rauchmeldern nicht überschritten wird. Im Tunnel Unterägeri sind 17 Rauchmelder vorzusehen.

6.4 Heissdetektion Brand

Die Einrichtung von Rauchmeldern ersetzt nicht den linearen Wärmesensor [3]. Die Anforderungen an die Brandmeldeanlage (Heissdetektion) sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

7 Belüftung des Sicherheitsstollens

7.1 Vorgaben

Vorgaben zu Auslegung und Betrieb der Lüftung von Sicherheitsstollen an Strassentunneln sind in der Richtlinie ASTRA 13002 [2] beschrieben.

7.1.1 Normalbetrieb

Bei Normalbetrieb muss bei geschlossenen Schleusen und geschlossenen Fluchttüren bei allen Fluchttüren ein Überdruck gegenüber dem Fahrraum von mindestens 50 Pa dauernd gewährleistet sein. Temperaturdifferenzen und meteorologische Druckdifferenzen sind zu berücksichtigen. Dabei soll der Luftstrom pro Notausgang 0.2 bis 0.4 m³/s betragen, um eine periodische Lufterneuerung im Sicherheitsstollen zu gewährleisten.

Die Lärmschutzverordnungen für die Anwohner müssen im Dauerbetrieb erfüllt werden.

7.1.2 Ereignisbetrieb

Die Lüftung des Sicherheitsstollens muss im Ereignisfall möglichst schnell hochfahren. Geschlossene Türen müssen geöffnet werden können.

Wenn alle Fluchttüren in der gefährdeten Zone gleichzeitig offen sind, muss die mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch jede der offenen Türen mindestens 1 m/s betragen. Statische Druckdifferenzen sind zu berücksichtigen. Der Effekt der Tunnellüftung im Ereignisfall ist ebenfalls zu berücksichtigen. Die gefährdete Zone umfasst einen 600 m langen Tunnelabschnitt. Die mittlere Durchströmgeschwindigkeit muss erreicht werden, wenn 3 Fluchttüren in der gefährdeten Zone gleichzeitig offen sind.

Wenn am ungünstigsten Ort nahe beim Ventilator eine Fluchttüre offen ist, muss beim zusätzlichen Öffnen einer beliebigen weiteren Fluchttüre eine mittlere Durchströmgeschwindigkeit von 1 m/s durch die offene zweite Türe gewährleistet sein.

Im Innern des Sicherheitsstollens sollte die Lärmbelastung maximal 85 dB(A) betragen. Dies entspricht den üblichen Werten in Strassentunneln.

Durch bauliche Massnahmen ist die Gefahr einer Ansaugung von Rauch und anderen unerwünschten Emissionen durch die Aussenluftfassung soweit zu minimieren, dass der Betrieb der Belüftung immer ohne Einschränkungen zulässig ist. Bei unzulässiger Rauchkonzentration in der Aussenluftfassung sind die betroffenen Ventilatoren sofort abzuschalten und die Abschlussklappen zu schliessen.

Die Ausblasgeschwindigkeit in den Sicherheitsstollen soll 10 m/s nicht überschreiten.

7.1.3 Redundanz

Für Fluchtstollen mit mehreren Notausgängen sind die Vorgaben für parallele Fluchtstollen zu erfüllen. Die Anforderungen im Ereignisbetrieb sind bei Ausfall eines Ventilators zu 100% zu erfüllen.

Alle Ventilatoren zur Belüftung von direkt nach aussen führenden Sicherheitsstollen müssen wie die Fahrraumlüftung über zwei elektrische Einspeisungen versorgt werden. Alle Ventilatoren sind mit Abschlussklappen auszurüsten, welche im stromlosen Zustand geschlossen sind.

7.1.4 Druck im Fahrraum

Der Druck im Fahrraum wird durch meteorologische und thermische Randbedingungen und insbesondere durch mögliche Betriebszustände der Brandlüftung bestimmt. Der natürliche Auftrieb ist im Abschnitt des Sicherheitsstollens, der parallel zum Tunnel verläuft, von geringer Bedeutung.

Die Lüftung für den Dauerbetrieb wird für den Fall ausgelegt, dass die Tunnellüftung nicht in Betrieb ist.

Das massgebende Profil des statischen Drucks über der Tunnellänge für die Auslegung im Ereignisbetrieb kommt durch den Betrieb von vier Strahlventilatoren am Ostportal in Richtung Tunnelmitte zustande.

7.2 Konzept

7.2.1 Normalbetrieb

Die Belüftung des Sicherheitsstollens im Tunnel Unterägeri erfolgt mit je einem Axialventilator an beiden Portalen. Die Ventilatoren sind jeweils parallel zu einer Schleuse installiert. Um einen Strömungskurzschluss zu vermeiden, muss gewährleistet sein, dass nie beide Türen einer Schleuse gleichzeitig offen stehen.

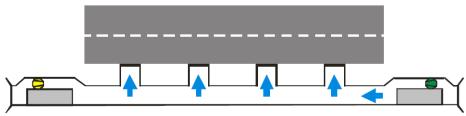


Abbildung 4: Lüftungskonzept Normalbetrieb

Während des Normalbetriebs stellt die Belüftung des Sicherheitsstollens einen definierten Überdruck gegenüber dem Fahrraum sicher. Dafür genügt der Betrieb eines Ventilators mit reduzierter Drehzahl. Der nicht betriebene Ventilator wird mit einer Klappe abgesperrt. Das Lüftungskonzept im Normalbetrieb ist in Abbildung 4 dargestellt.

7.2.2 Ereignisbetrieb

Das Lüftungskonzept für den Ereignisbetrieb ist in Abbildung 5 schematisch dargestellt. Im Ereignisfall laufen grundsätzlich beide Ventilatoren auf Volllast an. Damit wird jeweils die grösstmögliche Strömung durch offene Türen erreicht und bei geschlossenen Türen ein hoher Überdruck gegenüber dem Verkehrsraum aufgebaut.

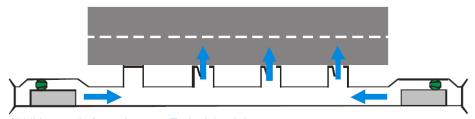


Abbildung 5: Lüftungskonzept Ereignisbetrieb

Um einen übermässig hohen Druck im Sicherheitsstollen zu vermeiden, sind Druckausgleichklappen parallel zu den Schleusen vorgesehen. Die Klappen schliessen, sobald die Fluchttüren zum Tunnel geöffnet werden und somit der statische Druck im Sicherheitsstollen absinkt. Dennoch kann im Ereignisbetrieb ein Überdruck zwischen Sicherheitsstollen und Verkehrsraum von 400 Pa erreicht werden. Bei Ausfall eines Ventilators wird der betroffene Ventilator mit einer Klappe abgesperrt. Die Lüftung des Sicherheitsstollens erfolgt mit dem verbleibenden Ventilator.

7.3 Auslegung

Für die Auslegung der SiSto-Lüftung ergeben sich aus den Anforderungen in Kapitel 7.1 die massgebenden Betriebssituationen für den Normal- und den Schutzbetrieb wie folgt:

	Ventilator		Notauagangatüran	Anfordarina	
	West	Ost	Notausgangstüren	Anforderung	
Normal- betrieb	ein	aus	alle geschlossen	Volumenstrom pro Fluchttür 0.2 bis 0.4 m³/s, Überdruck ≥ 50 Pa, Überdruckklappe geschlossen	
rieb	ein	aus	NA2 bis NA4 offen	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in jeder offenen Fluchttüre ≥ 1 m/s	
Schutzbetrieb	ein	aus	NA1 und NA4 offen	mittlere Strömungsgeschwindigkeit in jeder offenen Fluchttüre ≥ 1 m/s	
Sch	ein	ein	alle geschlossen	stabiler Betriebspunkt, Überdruck < 400 Pa	

Tabelle 10: Massgebende Betriebsfälle der SiSto-Lüftung

7.4 Druckentlastungsklappe

Druckentlastungsklappen parallel zu den beiden Schleusen sind notwendig, um den statischen Druck im Sicherheitsstollen soweit zu begrenzen, dass die Schiebetüren geöffnet werden können. Die Dimensionierung der Klappe erfolgt damit abhängig vom maximal zulässigen statischen Druck im Sicherheitsstollen. Die Türen müssen für eine Druckdifferenz von 450 Pa ausgelegt sein. Für die Auslegung werden zwei Klappen mit einer Querschnittfläche von jeweils 1.0 m² angenommen.

Die Druckentlastungsklappe sollte im Normalbetrieb geschlossen bleiben, da sonst unnötig Energie verbraucht wird. Im Ereignisbetrieb bei geschlossenen Fluchttüren muss die Klappe geöffnet sein, damit der Überdruck zwischen Sicherheitsstollen und Tunnel begrenzt wird. Mit einer kleineren Klappe oder einem grösseren Strömungswiderstand der Klappe steigt der statische Druck im Kanal. Auslegung und Einstellung der Druckentlastungsklappe müssen daher mit der Kennlinie des Ventilators abgestimmt werden.

7.5 Betriebspunkte Ventilatoren

Die Betriebspunkte wurden für eine angenommene Kennlinie der Ventilatoren bestimmt. Sie basiert auf einem Axialventilator mit 1'250 mm Laufraddurchmesser. Die Wahl des Ventilators erfolgt in Abstimmung mit der Druckentlastungsklappe. Bei einem grossen Ventilator (bezogen auf den Laufraddurchmesser) kann eine flache Kennlinie eingestellt werden, so dass eine kleinere Druckentlastungsklappe ausgewählt werden kann. Die Ventilatoren werden über Frequenzumrichter angesteuert.

Tabelle	11: Be	etriebspunkte	SiSto-Lüftung

Betriebsfall	Volumenstrom	Druckerhöhung	Laufradleistung
	[m³/s]	[Pa]	[kW]
Normalbetrieb	1.6	130	0.7
Ereignisbetrieb 3 Türen offen	12	250	7
Ereignisbetrieb 2 Türen offen	12	250	7
Ereignisbetrieb alle Türen geschlossen	9	400	7

Die geforderten Betriebspunkte können mit einer Motornennleistung von je 7 kW erreicht werden. Bei der Auslegung der Energieversorgung sollte jedoch eine Sicherheitsmarge eingeplant werden, so dass alternative Lösungen, z.B. mit kleineren Ventilatoren oder steileren Kennlinien möglich sind. Pro Ventilator sollte eine Anschlussleistung von 10 kW bereitgestellt werden.

7.6 Platzbedarf der Ventilatoren

Ausgangsgrösse für den Platzbedarf der Ventilatoren ist der Laufraddurchmesser der Ventilatoren. Die Auswahl der Ventilatorgrösse erfolgt anhand von Erfahrungswerten bei ähnlichen Projekten. Für

den Platzbedarf der Ventilatoren kann von einem Ventilator mit Laufraddurchmesser 1'250 mm ausgegangen werden.

Eine mögliche Anordnung der Installationen in der Schleuse ist in Abbildung 6.6 gegeben. Eine detaillierte Planung muss mit dem Lieferanten direkt erfolgen. Bei der Ausschreibung sollen Unternehmervarianten zugelassen werden.

7.7 Weitere Installationen

7.7.1 Tür zum Sicherheitsstollen, Lüftungsöffnung

Zwischen der Querverbindung und dem SiSto wird eine Zwischentür eingebaut. Um im Normalbetrieb eine kontrollierte Belüftung der Querverbindung und im Ereignisbetrieb einen Ausgleich der Luftmengen zwischen den Notausgangstüren zu ermöglichen, wird in der Trennwand neben dieser Tür eine Aussparung von 0.5 m² vorgesehen.

7.7.2 Abschlussklappen

Jeder Ventilator ist mit einer Ventilatorabsperrklappe versehen, welche nur bei laufendem Ventilator offen ist. Die Ventilatorabsperrklappe ist derart gestaltet, dass sie bei Stromausfall automatisch schliesst. Damit wird erreicht, dass bei Ausfall eines Ventilators der Überdruck im Stollen erhalten bleibt.

7.7.3 Strömungswächter

Jeder Ventilator ist mit einem Strömungswächter ausgerüstet. Falls dieser nicht anspricht, so ist der entsprechende Ventilator auszuschalten und die Absperrklappe zu schliessen.

7.7.4 Rauchmelder

Um zu verhindern, dass Rauch in den Sicherheitsstollen gelangt, ist druckseitig der Ventilatoren ein Rauchmelder zu installieren. Falls dieser anspricht, werden die Ventilatoren ausgeschaltet und die Klappen geschlossen.

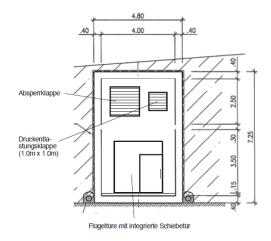
7.7.5 Schalldämpfer

Jede Ventilatoreinheit ist mit Rohr- oder Kulissenschalldämpfern auszurüsten, um die Lärmvorschriften einzuhalten. Im Sicherheitsstollen soll die Lärmbelastung 85 dB(A) nicht überschreiten. Dies entspricht den üblichen Werten in Strassentunneln. Falls die Lärmentwicklung ausserhalb des Sicherheitsstollens unkritisch ist, kann der saugseitige Schalldämpfer entfallen.

7.7.6 Differenzdruckmessung

Zwischen Sicherheitsstollen und Fahrraum ist eine Differenzdruckmessung anzuordnen. Falls der Druck über eine parametrierbare Zeitspanne abfällt, ist von Normalbetrieb in den Ereignisbetrieb umzuschalten.

Die Messung der Druckdifferenz wird einerseits als Betriebsüberwachung im Normalbetrieb verwendet. Andererseits dient sie als zusätzliche Sicherheit, falls eine Fluchttür geöffnet wird und der entsprechende Endschalter nicht den Ereignisbetrieb auslöst. Im Unterhaltsfall müssen daher vor dem Betreten des Sicherheitsstollens sowohl der Endschalter der Fluchttür als auch das Signal der Druckmessung unterdrückt werden.



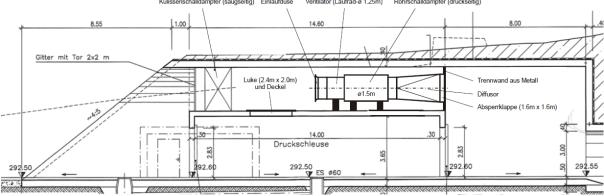


Abbildung 6: Beispiel für die Anordnung der Installationen in der Schleuse

8 Kostenschätzung

8.1 Investitionskosten

In der folgenden Tabelle sind die Investitionskosten zusammengestellt. Preisbasis ist April 2022. Die Mehrwertsteuer ist eingeschlossen. Die Kostenschätzung umfasst die elektromechanischen Einrichtungen der Lüftungsanlage ohne Energieversorgung, Verkabelung und Schaltschränke.

Tabelle 12: Kostenschätzung IKo für Lüftungseinrichtungen

Element	Anzahl	Preis		Gesamt
Strahlventilatoren	9	CHF	40'000	CHF 360'000
Abluftventilatoren	2	CHF	700'000	CHF 1'400'000
Abluftklappen	18	CHF	40'000	CHF 720'000
SiSto-Ventilation mit Zubehör	2	CHF	150'000	CHF 300'000
Gesamtsumme				CHF 2'780'000

Aufgrund der Preisentwicklung auf dem Rohstoffmarkt ist es derzeit schwierig, zuverlässige Preise für Bauteile aus Edelstahl anzugeben. Davon betroffen sind insbesondere die Abluftklappen und Strahlventilatoren. Bei Axialventilatoren gelten die Preise für eine Ausführung in Stahl, feuerverzinkt und beschichtet.

In Tabelle 13 sind die Investitionskosten für Messeinrichtungen für den Betrieb der Tunnellüftung angegeben. Diese Kosten sind im Planungsumfang BSA einzuschliessen.

Tabelle 13: Kostenschätzung IKo für Messeinrichtungen

Element	Anzahl	Preis		Gesan	nt
Strömungsmessungen	6	CHF	25'000	CHF	150'000
Sichttrübungsmessung	2	CHF	20'000	CHF	40'000
Rauchmelder	17	CHF	8'000	CHF	136'000
Gesamtsumme				CHF	326'000

8.2 Betriebskosten

Zur Abschätzung der Energiekosten für den Lüftungsbetrieb wird davon ausgegangen, dass während einer Stunde pro Tag und an 300 Tagen im Jahr ein Strahlventilator in Betrieb ist. Die Abluftventilatoren werden viermal im Jahr zu Testzwecken während zwei Stunden betrieben. Pro Sicherheitsstollen ist ein Ventilator mit reduzierter Drehzahl ständig in Betrieb. Ausgehend von einem Energiepreis von CHF 0.25/kWh ergeben sich die jährlichen Energiekosten der Lüftung mit

```
300 \times 1 \text{ h à 1 Strahlventilator (30 kW)} = 9'000 \text{ kWh}

4 \times 2 \text{ h à 2 Abluftventilator (300 kW)} = 4'800 \text{ kWh}

365 \times 24 \text{ h à 1 SiSto-Ventilator (1 kW)} = 8'760 \text{ kWh}

Energiekosten / Jahr CHF 0.25/kWh x 22'560 kWh = CHF 5'640.-
```

Die Leistungskosten sind in der Aufstellung nicht enthalten.

Für die Betriebskosten von grösserer Bedeutung ist der Aufwand für den Unterhalt der Ventilatoren. Die Unterhaltskosten werden bezogen auf die Investitionskosten abgeschätzt [5]. Die Zusammenstellung ist in Tabelle 7.3 angegeben.

Tabelle 14: Schätzung der jährlichen Unterhaltskosten nach [1]

Element	IK ₀		Anteil an IK ₀	Summ	ie
Strahlventilatoren	CHF	315'000	5%	CHF	15'750
Abluftventilatoren	CHF	1'400'000	4%	CHF	56'000
Abluftklappen	CHF	720'000	4%	CHF	28'800
SiSto-Ventilation mit Zubehör	CHF	300'000	4%	CHF	12'000
Gesamtsumme				CHF	112'550

Aus dem Energieverbrauch und den Unterhaltskosten (ohne Messeinrichtungen) ergeben sich jährliche Betriebskosten von CHF 120'000.-

9 Anhang A: Übersicht Lüftungseinrichtungen

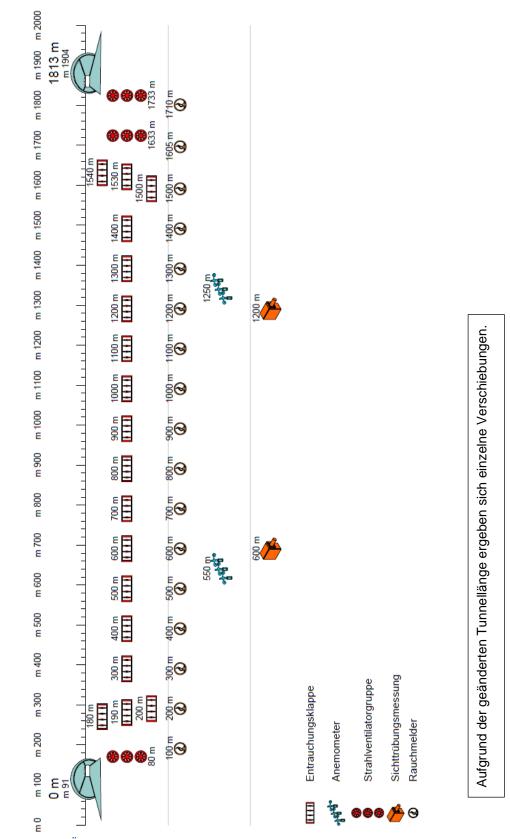
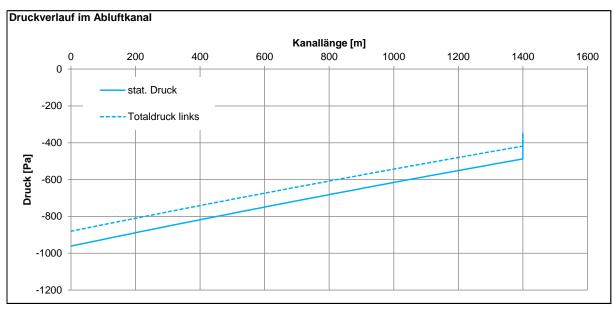


Abbildung 7: Übersicht Lüftungseinrichtungen [8]

10 Anhang B: Datenblätter der Lüftungsberechnung

Daten der Lüftungsberechnung

Objekt:	Umfahrung	Unterägeri					
Geometrie		Abluftkanal		Abluftklappe		Zentralenverluste	
Kanallänge	1400 m	Kanalquerschnitt	20.4 m^2	Klappenquerschnitt	5.0 m ²	links	9.90 -
Brandort	1400 m	hydr. Durchmesser	3.8 m	Klappenabstand	100.0 m	rechts	9.00 -
Tunnelquerschnitt	54.8 m ²	Wandrauigkeit	1 mm	Abstand 1. Klappe	0.0 m	Anzahl AV links	2 -
Verkehrsart	GV	Reibungsbeiwert	0.0163 -	Abstand letzte Kl.	0.0 m	Anzahl AV rechts	-
min. Abluftmenge	219.2 m ³ /s	Anzahl Klappen	15 -	Offene Klappen	1	Dichte ρ	1.20 kg/m ³



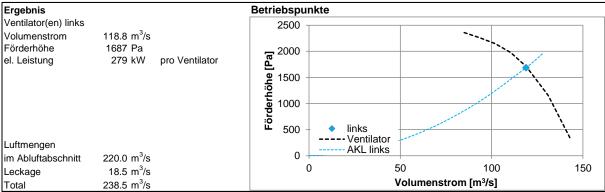
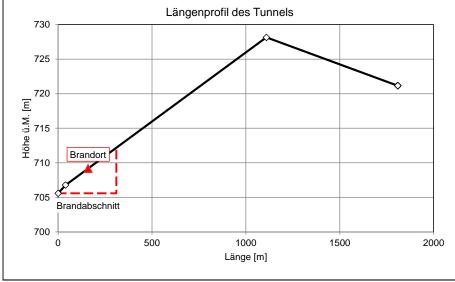


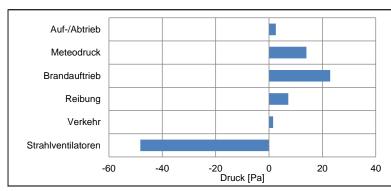
Abbildung 8: Datenblatt Auslegung Abluftsystem

Daten der Lüftungsberechnung

Objekt	l lmfabruma	Untorëmori					
Objekt:	Umfahrung	Unterageri					
Geometrie		Verkehr		Meteorologie		Strahlventilatoren	
Tunnellänge	1809 m	Verkehr MSV	1512 Fz/h	Natürlicher	Auftrieb	Laufraddurchmesser	900 mm
Steigung	0.86%	Anteil Lw	6%	Aussentemperatur	-3.0 °C	Standschub	780 N
Höhe ü.M.	720 m	Geschwindigkeit	80 km/h	Innentemperatur	1.0 °C	Volumenstrom	20.3 m ³ /s
Querschnitt A _T	54.8 m ²	Verkehrsart	GV	TempDifferenz	4.0 K	Strömungsgeschw.	32.0 m/s
A _⊤ bei SV	76.2 m ²	Anzahl Fz im Tunnel	76 Fz	Dichte ρ	1.14 kg/m ³	Einbauwirkungsgrad	80%
hydr. Durchmesser	7.2 m	c _w A(Pw)	0.9 m^2	Meteodruck links	14.0 Pa	SV pro Gruppe	3
Lage des Tunnels	Mittelland	c _w A(Lw)	5.2 m ²				
Reibungsbeiwert	0.015						



Brand	
Brandleistung	30 MW
Brandort	160 m
Brandabschnitt	300 m
ΔT Brand	135 K
Anteil Auftrieb	100%
Steigung	2.1%
Lüftungsbetrieb	
Abluftmenge	220 m ³ /s
Strömung links	2.0 m/s
Strömung rechts	-2.0 m/s
ı	



Natürlicher Auf-/Abtrieb	2.6 Pa
Meteorologischer Druck	14.0 Pa
Auftrieb durch Brandwärme	22.9 Pa
Druckunterschied durch Reibung	7.2 Pa
Druckunterschied durch Verkehr	1.5 Pa
Strahlventilatoren	-48.2 Pa
Sollschub	-2643 N

Ergebnis:

Berechnete Anzahl Strahlventilatoren 6.6 Anzahl Strahlventilatoren ohne Redundanz 6 Anzahl Strahlventilatoren mit Redundanz 9 Bei Anordnung in gleichen 3-er Gruppen 9

Abbildung 9: Datenblatt Auslegung Längslüftung Ereignisbetrieb

Riess Ingenieur-GmbH 22/24 27.07.2022

Basis ASTRA 13001 V3.00 Daten der Lüftungsberechnung Umfahrung Unterägeri Objekt: Bezugsjahr 2035 Tunnellänge 1809 m Fläche 54.8 m² Widerstandsfläche Pkw 0.9 m² hydr. Durchmesser Steigung 0.86% 7.2 m Widerstandsfläche Lkw 5.2 m² mittlere Masse der Lkw Höhe ü.M. 720 m Wandreibung λ 0.015 28 t Dichte ρ 1.14224 kg/m³ Portalverlust ζ A 0.6 Strahlventilatoren Portalverlust ζ B 900 mm 0.6 Laufraddurchmesser minimaler 1.5 m/s 0 Pa Luftaustausch 20 min Winddruck Portal B Standschub 780 N 20.3 m³/s Volumenstrom Längenprofil Steigung v_lim A-B v_lim B-A Strömungsgeschw. 32.0 m/s Länge [m] 40 3.00% 90 km/h Einbauwirkungsgrad 80 % 2 1069 2.00% 90 100 km/h В 730 3 95 km/h 700 -1.00% 100 725 Ξ 720 ü.M 715 Höhe 710 705 700 500 1000 1500 2000 0 Länge [m] Verkehrsfall 2 3 4 6 9 10 1 5 7 8 Fahrtrichtung A-B Anzahl Pw /h /km 1029 772 515 257 1029 772 515 257 643 643 Anzahl Lw 33 /h /km 66 49 16 66 33 49 16 41 41 Lastwagenanteil 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% Geschwindigkeit km/h 80 80 80 80 40 40 40 40 80 10 Blockbildung Pkw fahren die gleiche Geschwindigkeit wie Lkw Fahrtrichtung B-A 1029 Anzahl Pkw /h /km 257 515 772 257 515 772 1029 643 643 Anzahl Lkw /h /km 16 33 49 66 16 33 49 66 41 41 Lastwagenanteil 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% Geschwindigkeit km/h 80 80 80 40 40 40 40 80 80 10 Blockbildung Pkw fahren die gleiche Geschwindigkeit wie Lkw CO-Limit 60 60 ppm 60 60 60 60 60 60 60 60 ST-Limit 1/m 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 Luftbedarf CO m³/s 1.9 1.8 1.7 1.5 2.0 1.9 1.8 1.8 3.3 3.3 m^3/s Luftbedarf ST 18.1 20.7 18.1 17.9 17.8 17.6 18.4 18.3 18.2 20.7 m³/s 82.6 82.6 82.6 min. Austausch 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 Soll-Luftmenge m³/s 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 Soll-Strömung 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 Selbstlüftung m³/s Volumenstrom 219.2 93.2 -93.2 -219.2 131.5 49.3 -49.3 -131.5 153.4 -153.4 Strömung 1.7 -0.9 m/s 4.0 -1.7 -4.0 2.4 0.9 -2.4 2.8 -2.8 Lüftung A→B -4365 Sollschub N -262 3768 7870 -1348 732 2774 4853 -2504 6009 Anzahl Ventilatoren -7.3 -0.4 6.3 13.2 -2.3 4.7 8.2 -4.2 10.1 Lüftung B→A Sollschub 7870 3768 -262 -4365 4853 2774 732 -1348 6009 -2504 Anzahl Ventilatoren 13.2 -0.4 1.2 10.1 -4.2 6.3 -7.38.2 4.7 -2.30 0 0 0 0 2 2 0 0 0 Anzahl SV 250 200

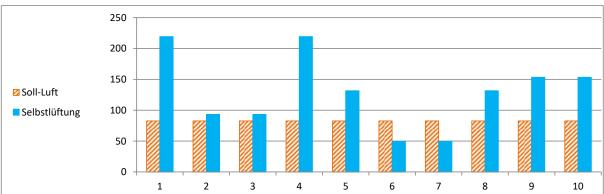


Abbildung 10: Datenblatt Auslegung Normalbetrieb 2035

Basis ASTRA 13001 V3.00 Daten der Lüftungsberechnung Umfahrung Unterägeri Objekt: Bezugsjahr 2045 Tunnellänge 1809 m Fläche 54.8 m² Widerstandsfläche Pkw 0.9 m² hydr. Durchmesser Steigung 0.86% 7.2 m Widerstandsfläche Lkw 5.2 m² mittlere Masse der Lkw Höhe ü.M. 720 m Wandreibung λ 0.015 28 t Dichte ρ 1.14224 kg/m³ Portalverlust ζ A 0.6 Strahlventilatoren Portalverlust ζ B 900 mm 0.6 Laufraddurchmesser minimaler 1.5 m/s 0 Pa Luftaustausch 20 min Winddruck Portal B Standschub 780 N 20.3 m³/s Volumenstrom Längenprofil Steigung v_lim A-B v_lim B-A Strömungsgeschw. 32.0 m/s Länge [m] 40 3.00% 90 km/h Einbauwirkungsgrad 80 % 2 1069 2.00% 90 100 km/h В 730 3 95 km/h 700 -1.00% 100 725 Ξ 720 ü.M 715 Höhe 710 705 700 500 1000 1500 2000 0 Länge [m] Verkehrsfall 2 3 4 6 9 10 1 5 7 8 Fahrtrichtung A-B Anzahl Pw /h /km 1137 853 568 284 1137 853 568 284 711 711 Anzahl Lw 54 36 36 /h /km 18 73 54 45 45 73 18 Lastwagenanteil 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% Geschwindigkeit km/h 80 80 80 80 40 40 40 40 80 10 Blockbildung Pkw fahren die gleiche Geschwindigkeit wie Lkw Fahrtrichtung B-A Anzahl Pkw /h /km 284 568 853 1137 284 568 853 1137 711 711 Anzahl Lkw /h /km 18 36 54 73 18 36 54 73 45 45 Lastwagenanteil 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% 6% Geschwindigkeit km/h 80 80 80 40 40 40 40 80 80 10 Blockbildung Pkw fahren die gleiche Geschwindigkeit wie Lkw CO-Limit 60 60 ppm 60 60 60 60 60 60 60 60 ST-Limit 1/m 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 0.005 Luftbedarf CO m³/s 1.9 1.8 1.7 1.5 2.0 1.9 1.8 1.7 3.3 3.2 m^3/s Luftbedarf ST 20.0 22.2 19.7 19.4 19.3 19.1 19.8 19.7 19.6 22.2 m³/s 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 min. Austausch 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 Soll-Luftmenge m³/s 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 82.6 Soll-Strömung 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 1.51 Selbstlüftung m³/s Volumenstrom 224.7 93.2 -93.2 -224.7 137.0 54.8 -54.8 -137.0 158.9 -158.9 Strömung 1.7 -1.0 m/s 4.1 -1.7 -4.1 2.5 1.0 -2.5 2.9 -2.9 Lüftung A→B Sollschub N -4853 -350 4136 8649 -1524 756 3030 5320 -2803 6591 Anzahl Ventilatoren -8.2 -0.6 7.0 14.5 -2.6 1.3 5.1 8.9 -4.7 11.1 Lüftung B→A Sollschub 8649 4136 -350 -4853 5320 3030 756 -1524 6591 -2803 Anzahl Ventilatoren 14.5 -0.6 -8.2 5.1 -4.7 7.0 8.9 1.3 -2.6 11.1 0 0 0 0 0 2 2 0 0 0 Anzahl SV 250 200 150 ☑ Soll-Luft 100 Selbstlüftung 50

Abbildung 11: Datenblatt Auslegung Normalbetrieb 2045

1

2

3

0

4

5

6

7

8

9

10

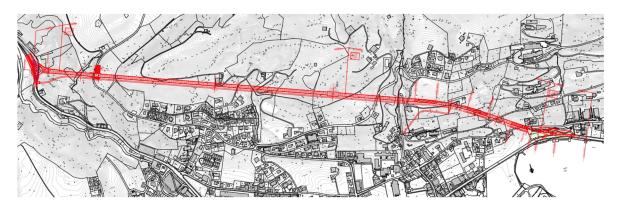


Anhang F: Bericht Betriebs- und Sicherheitsausrüstung Tunnel zum GP

Umfahrung Unterägeri

Betriebs- und Sicherheitsausrüstung Technischer Bericht





Version 1.0 / 30. Juni 2022





Impressum

Auftraggeber*in EBP Schweiz AG

Auftragnehmer*in Amstein + Walthert Progress AG

Andreasstrasse 5

8050 Zürich

Telefon +41 44 305 91 11

awpro.ch

Verfasser*in Elmedin Kurtisi

Versionen 1.0

Freigegeben 06 Juli 2022 **SUTM**

 $ZBIE/KURI/1601015/Umfahrung_Unter \"{a}geri_Technischer_Bericht_BSA_Variante_N+_20220630$ Bezeichnung





Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht des Projekts	4
1 2	Energieversorgung	
3	Beleuchtung	
4	Lüftung	
5	Signalisation	
6	Überwachungsanlagen	10
7	Kommunikation & Leittechnik	
8	Kabelanlagen	12
9	Nebeneinrichtung	
-		

1 Übersicht des Projekts

Der vorliegende Technische Bericht umfasst die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) für der Umfahrung Unterägeri (Tunnel inkl. Sicherheitsstollen). Folgende BSA werden darin beschrieben:

- Energieversorgung
- Beleuchtung
- Lüftung
- Signalisation
- Überwachungsanlage
- Kommunikation und Leittechnik
- Kabelanlage
- Nebeneinrichtung

Projektbeschrieb

Die Umfahrung Unterägeri besteht aus einem rund 1.8km langem Tunnel, sowie ein Kreisel im Osten und eine Anschlusskreuzung im Westen. Die Gesamte Umfahrung beinhaltet drei Zentralen: West, Ost und SISTO.

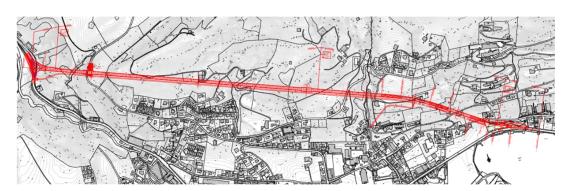


Abbildung 1: Situation Umfahrung Unterägeri





Richtlinien

- ASTRA 23 001, Fachhandbuch BSA
- ASTRA 13 001, Lüftung der Strassentunnel
- ASTRA 13 002, Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln
- ASTRA 15003 Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen
- ASTRA 13 006, Funksysteme in Strassentunneln
- ASTRA 13 010, Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln
- ASTRA 13 011, Türen und Tore in Strassentunneln
- ASTRA 13 013, Struktur und Kennzeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (AKS-CH)
- ASTRA Richtlinie 13015 Beleuchtungsanlagen
- ASTRA 13 030, IT-Sicherheit Leit- und Steuersysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung
- ASTRA 13 031, Systemarchitektur Leit- und Steuersysteme der Betriebs- und Sicherheitsausrüstung
- ASTRA 86 053, Minimale Anforderungen an den Betrieb Strassentunnel
- ASTRA 23 001-12130, TM Kabel
- Beleuchtungsreglement f

 ür Kantonsstrassen / Kanton Zug
- Beleuchtung Kantonstrassen V 1.0 2010

Normen

- SIA 197 Projektierung Tunnel
- SIA 197/2 Projektierung Tunnel Strassentunnel
- NIN 2020 (Niederspannungsinstallationsnorm)
- Elektrizitätsgesetz (EleG; SR 734.00)





2 Energieversorgung

Die Energieversorgung gewährleistet die Stromversorgung sämtlicher Anlagen im Tunnel und der beiden Vorzonen der Umfahrung Unterägeri.

Steuerarchitektur Energie

Die Steuerung der Energieversorgung dient zur Überwachung und Steuerung der Aggregate im Tunnelfahrraum, Sicherheitsstollen (SiSto) und Zentralen.

Folgende Aggregate werden mit der Energiesteuerung überwacht:

- Haupt- und Unterverteilung Normalnetz
- Haupt- und Unterverteilung USV-Netz
- Gleich- / Wechselrichter USV

Hochspannung

Für die Energieversorgung der Umfahrung Unterägeri wird eine Trafostation der WWZ in der Portalstation Ost realisiert. Die Trafostation befindet sich im Eigentum des WWZ. Der Kanton Zug ist somit Niederspannungsbezüger.

Niederspannung

Für die Haupt- und Unterverteilung werde in den Zentralen Schränke installiert. Über diese Schränke werden die restlichen Anlagen mit Energie versorgt.

Notstrom

Das Notstromnetz dient als Ersatzversorgungsanlage bei einem Stromausfall. Dabei werden alle sicherheitsrelevanten Anlagen mit Energie versorgt. Die Energie wird durch Akkumulatoren gewährleistet. Die Autonomiezeit bei einem Stromausfall beträgt 60 Minuten.





3 Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlage des Tunnels Unterägeri dient zur sicheren Verkehrsführung, sowie zu einer besseren Orientierung im Ereignisfall. Die Beleuchtung wird anhand der Helligkeitsmesswerte der Anfahrtsstrecke und durch Ereignisse (Reflexe) geregelt bzw. gesteuert.

Steuerarchitektur Beleuchtung

Die Beleuchtungssteuerung dient zur Überwachung und Steuerung der Beleuchtung im Fahrraum.

Folgende Beleuchtungen werden mit der Beleuchtungssteuerung überwacht und gesteuert:

- Durchfahrtsbeleuchtung
- Adaptationsbeleuchtung
- Brandnotbeleuchtung
- Optische Leiteinrichtung

Durchfahrtsbeleuchtung

Die Durchfahrts- und Notbeleuchtung wird mit linearen LED-Leuchten und in regelmässigen Abständen realisiert. Die Leuchten werden im Bereich der Tunnelachse an die Decke montiert, so dass die Fahrbahn möglichst symmetrisch und ausreichend ausgeleuchtet wird.

Adaptionsbeleuchtung

In den Tunnelportalbereichen werden jeweils über eine Länge von ca. 150m einreihig und mittig über der Fahrspur LED-Einfahrtsleuchten montiert. Diese dienen zur besseren Einsicht in den Tunnel von der Annäherungsstrecke, sowie zur Gewöhnung der Augen der Fahrzeuglenker tagsüber an die dunklere Beleuchtung des Tunnelinnern.

Brandnotbeleuchtung

Um den sich im Tunnel befindlichen Verkehrsteilnehmern im Brandfall eine bessere Orientierung geben zu können, werden auf der Seite der Notausgänge Brandnotleuchten in einem Abstand von 50m über dem Bankett installiert.

Optische Leiteinrichtung

Die optische Leiteinrichtung wird beidseitig der Fahrbahn möglichst nahe dem Fahrbahnrand zur besseren Verkehrsführung installiert. Die Leuchtmodule sind mit weissen Dioden als Leuchtmittel ausgestattet.

Fluchtwegbeleuchtung

Die Beleuchtung des Sicherheitsstollens wird mit Leuchten, welche unter der Decke montiert werden, gewährleistet.

Beleuchtung offene Strecke

Die Knoten und neuralgischen Punkte inkl. Langsamverkehr werden entsprechend den Vorgaben des Kantons Zug beleuchtet.





4 Lüftung

Die Lüftungsanlage des Tunnels Unterägeri umfasst die Lüftung des Tunnels, sowie die Fluchtwegbelüftung der Sicherheitsstollen.

Lüftungskonzept

Das Lüftungskonzept der Umfahrung Unterägeri wird im «Technischen Bericht Tunnellüftung» (Bericht 2201001) detailliert beschrieben.





5 Signalisation

Um die Verkehrsführung zu Regeln und die Sicherheit zu gewährleisten, werden im Tunnel gemäss Vorgaben die entsprechenden Signalisationsmittel montiert.

Steuerarchitektur Signalisation

Die Signalisationssteuerung dient zur Überwachung und Steuerung der Signale im Fahrraum und der offenen Strecke.

Folgende Signale werden überwacht und gesteuert:

- Ampeln und Blinker im Tunnel
- Vorsignalisation in den Tunnelvorzonen

Statische Signale

Die statischen Signale werden gemäss Angaben des Verkehrsingenieurs umgesetzt.

VM-System

Für eine optimale Verkehrsführung werden im Tunnel die entsprechenden Signale für Geschwindigkeit, Überhohlverbot, Achtung etc. montiert.

Zudem werden vor den Ausstellbuchte und an den Portalen Ampeln und Blinker dafür sorgen das im Falle eines Ereignisses die Verkehrsteilnehmer angehalten werden können.

Verkehrsdatenerfassung

Entlang der Stecke wird eine Verkehrsdatenerfassungen (VDE) installiert.

Sicherheitseinrichtung

Notausgang

Der Notausgang im Fahrbahnbereich wird mit grünen Balken mit integrierten weissen Blitzleuchten ausgestattet. Die Signalisation des Notausganges erfolgt mit doppelseitiger, innen ausgeleuchteter Hinweistafel.

Fluchtweg

Im Tunnelfahrraum sowie im Sicherheitsstollen werden die Fluchtwege durch eine permanente Markierung mit nachleuchtenden Piktogrammen signalisiert.

SOS-Nischen

Die Signalisation der SOS-Nischenerfolgt mit doppelseitiger, innen ausgeleuchteter Hinweistafel.





6 Überwachungsanlagen

Die Überwachungsanlagen dienen zur Überwachung und Erfassung wichtiger Zustandsgrössen im Tunnelfahrraum. Eine effiziente Erfassung der überwachten Grössen ist erforderlich, um eine rasche Auslösung der notwendigen Tunnelreflexe sicher zu stellen

Steuerarchitektur Überwachungsanlage

Die Steuerung der Überwachungsanlage dient zur Überwachung und Steuerung der Aggregate auf der offenen Strecke und dem Tunnel Unterägeri.

Folgende Überwachungseinrichtungen werden mit der Überwachungssteuerung überwacht und gesteuert:

- Brandmeldeanlage
- Rauchdetektionsanlage
- SOS-Nischen
- Videoanlage

Brandmeldeanlage Tunnel

Für eine rasche Detektion von Brandereignissen im Tunnelfahrraum wird über die gesamte Länge ein thermischer Linienmelder an die Tunneldecke montiert. Der thermische Linienmelder dient insbesondere der Lokalisierung des Brandherdes in einem verrauchten Bereich.

Rauchdetektionsanlage Tunnel

Die Rauchmelder (RM) überwachen den Fahrraum während dem Normalbetrieb. Diese werden neben dem linearen Brandmeldekabel an der Fahrraumdecke installiert.

Videoanlage

Für die lückenlose Überwachung des Tunnel Unterägeri inkl. der Vorzonen (Ost und West) werden diverse IP-Kameras vorgesehen. Die Eingangsportale werden jeweils mit einer Kamera überwacht. Im Tunnel selbst wird ca. alle 100m eine Kamera für die Überwachung der Fahrbahn vorgesehen.





7 Kommunikation & Leittechnik

Der Tunnel Unterägeri wird mit Kommunikations- und Leiteinrichtungen ausgerüstet. Die Kommunikationssysteme dienen einerseits als Kommunikationsplattform für die einzelnen BSA anderseits auch als Kommunikationsmittel für die Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit (BORS) sowie des Strassenunterhaltsdienstes (STUET).

Kommunikationsnetzwerke

Das Kommunikationsnetzwerk (UeKS) wird vom Kanton Zug betrieben und dient zur Übertragung verschiedener Daten, Sprache und Bilder.

Leittechnik

Der Tunnel Unterägeri wird in das bestehende UeLS Zug Integriert.

Funk-, Mobiltelefon- und Einsprechanlage

Damit im Tunnel keine Zonen ohne Funkversorgung, sei es für Rettungs-, Unterhalts- und Hilfsdiensten wie auch für öffentliche Dienste (Radio, Mobiltelefonie) vorkommen, wird der Tunnel mit einem entsprechenden Funkversorgungssystemen ausgerüstet:

Nottelefon

Der Tunnel Unterägeri wird mit einer Notruftelefonanlage (NTA) ausgerüstet. Dazu wird in jeder SOS-Nische ein Alarmkasten mit integrierter Sprechstelle für die Alarmierung installiert.





8 Kabelanlagen

Die Kabelanlagen beinhalten sämtliche übergeordneten Verkabelungen, welche nicht spezifisch zu einer Anlage oder einem Objekt zugewiesen werden können. Insgesamt sind im Tunnel Unterägeri und auf der offenen Strecke folgende übergeordnete Kabelanlagen vorhanden:

- Erdung
- Lichtwellenleiter
- Kabelrohranlage

Erdungsanlage

Die Erdung dient zum Personen- und Anlagenschutz in den Einrichtungen des Tunnels Unterägeri und der offenen Strecke. Sie verhindert unkontrollierte Potenzialschwankungen und zu grosse Berührungsspannungen. Das Weiteren wird ein Blitzschutz und Überspannungsschutz benötigt, um somit die Anlagen von äusseren Einflüssen zu Schützen.

Lichtwellenleiter

Das geplante Lichtwellenleiterkabel dient zur Anbindung verschiedener Aggregate der BSA an ihre jeweilige Steuerung. Sowie zur Einbindung in das bestehende LWL-Netz des Kanton Zug.

Kabelrohranlage

Damit alle BSA-Komponenten im Tunnel Unterägeri erschlossen werden können, braucht es ein durchgängiges und leistungsfähiges Kabelrohrtrasse, in welchem die einzelnen Anlagen miteinander vernetzt werden können.





9 Nebeneinrichtung

Folgende Nebeneinrichtungen für den Tunnel Unterägeri und der offenen Strecke werden im vorliegenden Dossier beschrieben:

- Steuerarchitektur Nebeneinrichtung
- Hausinstallation
- · Heizung, Lüftung, Klima
- Brandmeldeanlage Gebäude
- Pumpwerk
- Löscheinrichtung
- Tür und Tor
- Barrierenanlage
- Bauliche Einrichtung (Brandabschottungen und Doppelböden)
- Wasserversorgung

Steuerarchitektur Nebeneinrichtung

Die Steuerarchitektur Nebeneinrichtung umfasst die Steuerung, welcher die folgenden Anlagen überwacht und steuert:

- Hausinstallationen Zentrale Ost
- Funkanlage
- Brandmeldeanlage Gebäude
- Heizung, Lüftung, Klima in der.

Hausinstallation

Die beiden Zentralen Ost und West werden mit den üblichen Elektro-Hausinstallation (Licht, Kraft etc) ausgerüstet.

Heizung, Lüftung, Klima

In den Zentralen werden Raumlüftungsanlagen mit integrierter Kältemaschine vorgesehen. Die Räumlüftung sorgt für den minimal geforderten Luftaustausch und für die gemäss Norm geforderten Raumtemperaturen.

Brandmeldeanlage Gebäude

In den Zentralen wird eine Brandmeldeanlage Gebäude installiert.

Pumpwerk

Für die Entwässerung werden Pumpwerke entlang Umfahrung Unterägeri realisiert.

Löscheinrichtung

Die Alarmkasten in der SOS-Nische sowie die beiden Zentralen Ost und West werden mit Handfeuerlöschern ausgerüstet.

Tür und Tor

Die Notausgangstüre bildet den Abschluss des Sicherheitsstollens zum Fahrraum und am anderen Ende befinden sich die beiden Schleusentüren.





Barrierenanlage

Bei den beiden Zufahrten zum Tunnel wird je ein Scherengitter montiert, welches bei Bedarf ausgefahren werden kann.

Bauliche Einrichtung (Brandabschottungen und Doppelböden)

Sämtliche Räume der Zentralen bis auf den Batterie- und den Raumlüftungsraum mit einem Doppelboden ausgerüstet.

Alle Kabeldurchführungen werden mit einer Brandabschottung verschlossen.

Wasserversorgung

Die Zentrale Portal Ost wird mit einer minimalen Wasserversorgung ab dem örtlichen Netz für ein Lavabo ausgerüstet



Umfahrung Unterägeri BSA Kostenvoranschlag

Preisbasis: Mai 2022, exkl. MwSt. Kostengenauigkeit: ±10 %

Bezeichnung	Menge	Einh. Preis	Zwischentotal Betrag [CHF]	KV Bauprojekt Betrag [CHF]
Dossier D-1: Energieversorgung				1'335'000.00
Dossier D-2: Beleuchtung				3'038'000.00
Dossier D-3: Lüftung				3'364'000.00
Dossier D-4: Signalisationsmittel				515'000.00
Dossier D-5: Überwachungsanlage				1'213'000.00
Dossier D-6: Kommunikation & Leittechnik				1'418'000.00
Dossier D-7: Kabelanlage (Infrastruktur)				1'175'000.00
Dossier D-8: Nebeneinrichtung				2'027'000.00
Total I Umfahrung Unterägeri BSA exkl. MWST (gerundet)				14'085'000.00
Regie 5%	5%	14'085'000.00	704'250.00	705'000.00
Unvorhergesehenes 10%	10%	14'085'000.00	1'408'500.00	1'409'000.00
Total II Umfahrung Unterägeri BSA exkl. MWST (gerundet)				16'199'000.00
Mehrwertsteuer 7.7%	7.7%	16'199'000.00	1'247'323.00	1'248'000.00
Gesamttotal Umfahrung Unterägeri BSA (gerundet)				17'447'000.00

Ingenieurleistungen BSA (15% der Investitionskosten)					
Ingenieurleistungen BSA 15% exkl. MWST (gerundet)	15%	16'199'000.00	2'429'850.00	2'430'000.00	
Mehrwertsteuer 7.7%	7.7%	2'430'000.00	187'110.00	188'000.00	
Ingenieurleistungen BSA 15% (gerundet)				2'618'000.00	

Betriebskosten BSA (12Rp./kWh, Netzpreise WWZ)				
Energiekosten pro Jahr exkl. MWST (gerundet)			137'000.00	137'000.00
Mehrwertsteuer 7.7%	7.7%	137'000.00	10'549.00	11'000.00
Betriebskosten BSA (gerundet)				148'000.00

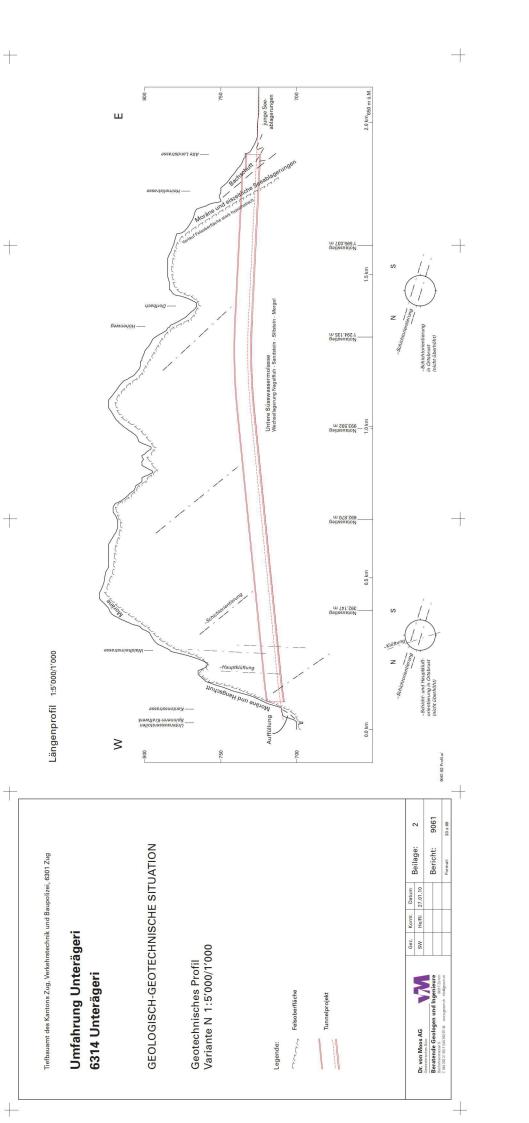
		Wartungskosten BSA (jährlich 2% der Investitionskosten)					
	Wartungskosten BSA pro Jahr exkl. MWST (gerundet)			2%	16'199'000.00	323'980.00	324'000.00
	Wartungskosten BSA Zeithorizont 10 Jahre exkl. MWST (gerundet) Mehrwertsteuer 7.7%		10			3'240'000.00	
			7.7%	3'240'000.00	249'480.00	250'000.00	
		Wartungskosten BSA (Zeithorizont 10 Jahre)					3'490'000.00

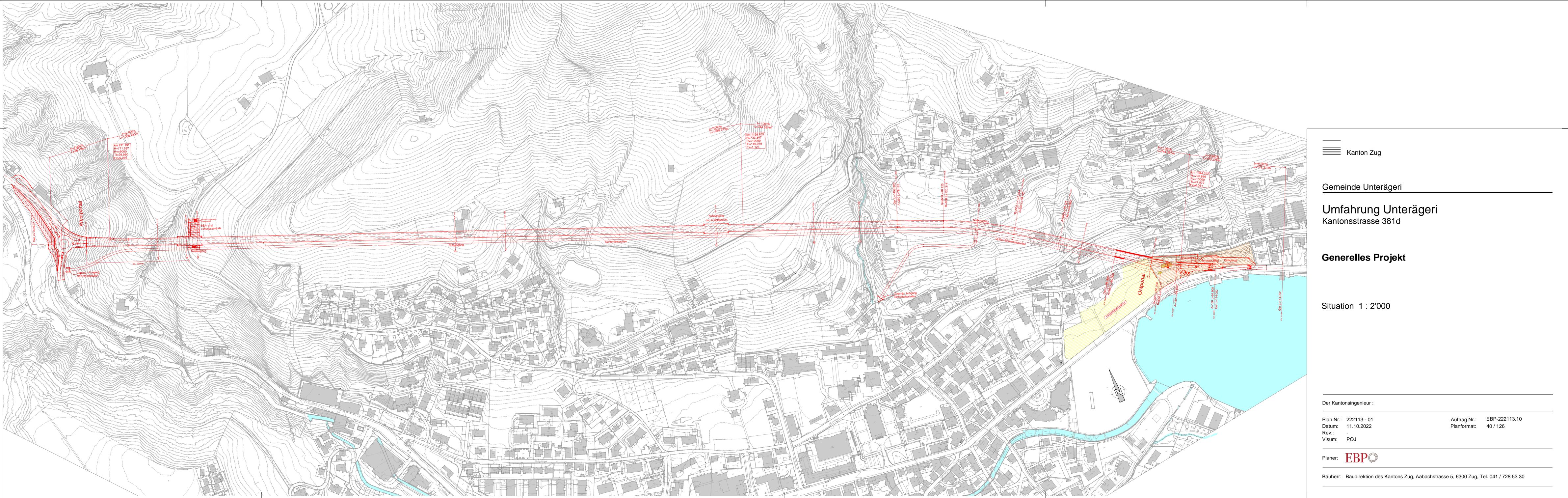
Anmerkungen:

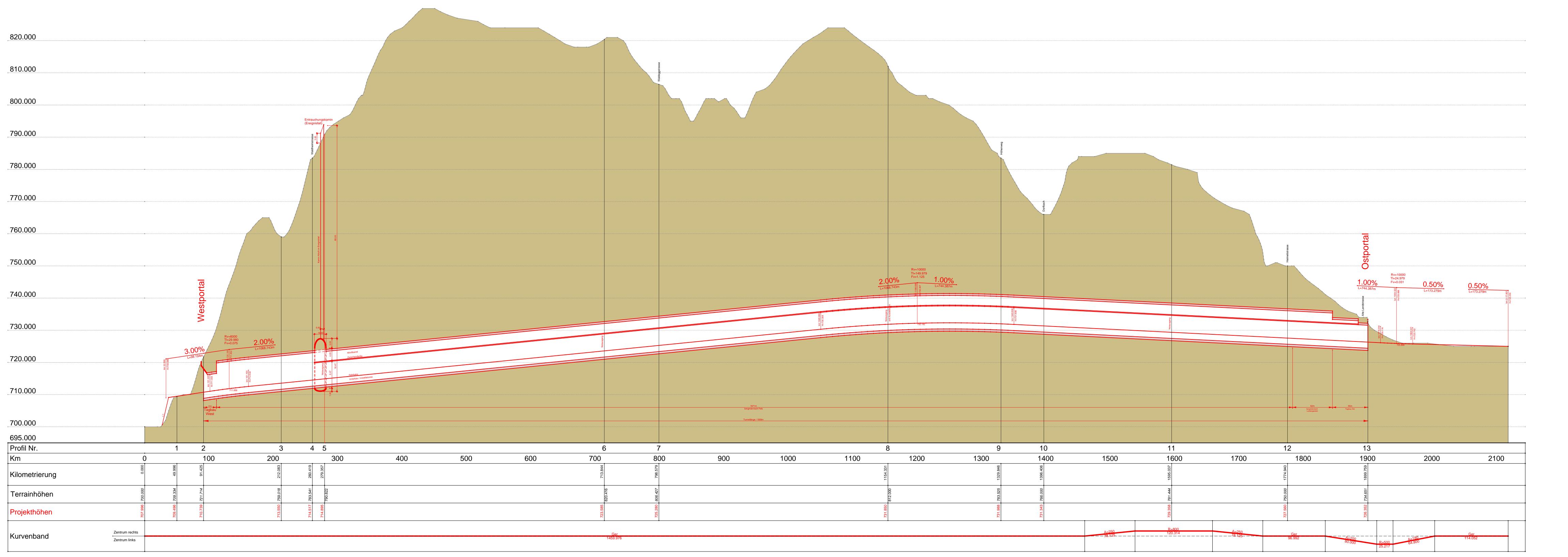
- Aufgrund von Rundungen können in den Additionen geringfügige Differenzen entstehen
- Die Kosten basieren auf Richtpreisofferten von anderen Tunnel-BSA-Projekten und eigenen Schätzungen

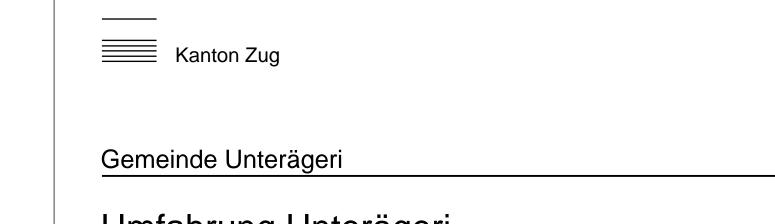


Anhang G: Geologisches Längenprofil der Umfahrung Unterägeri









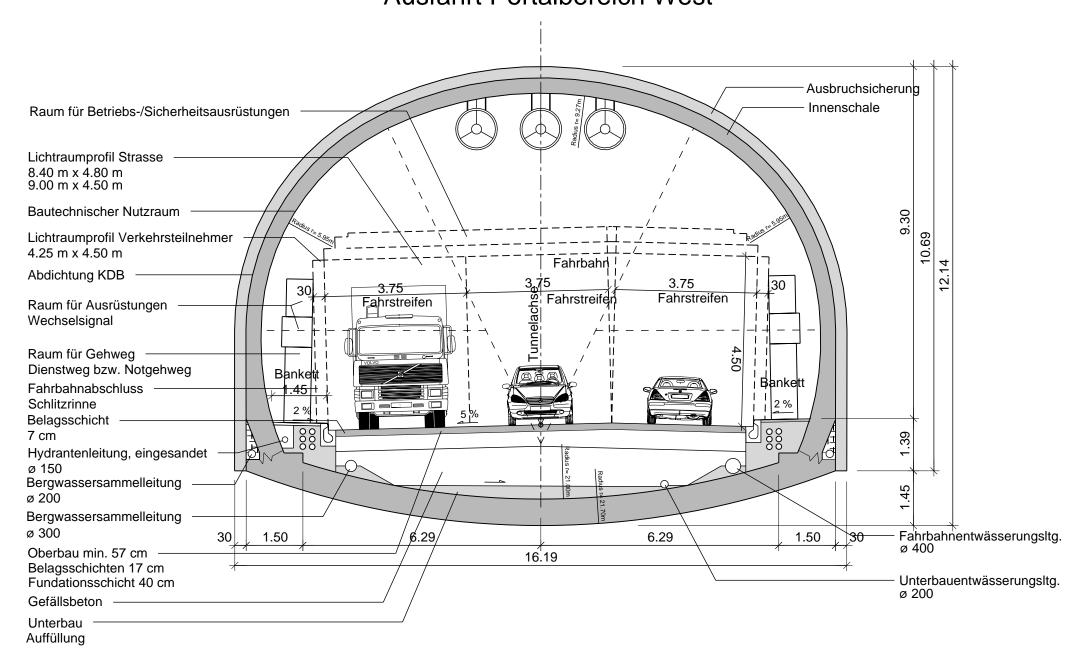
Umfahrung Unterägeri Kantonsstrasse 381d

Generelles Projekt

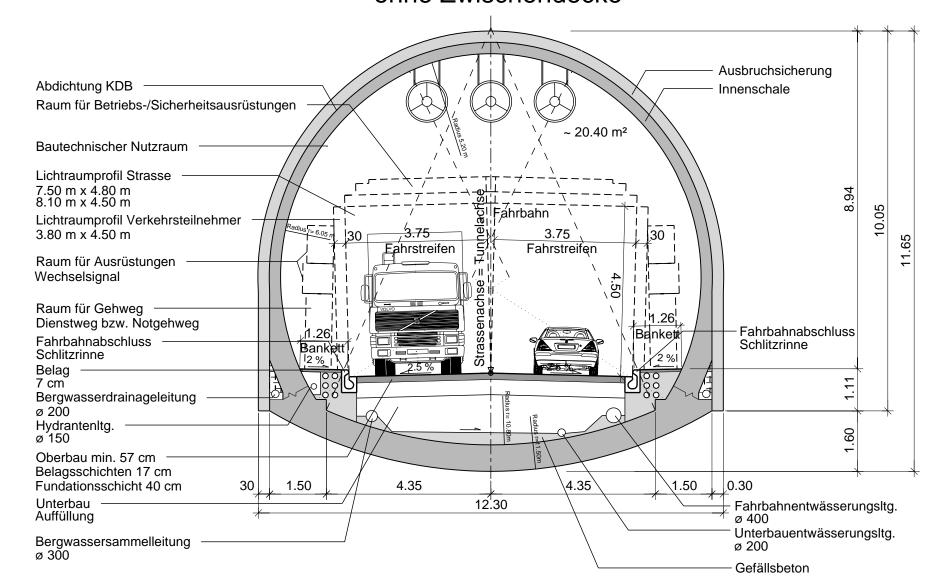
Längenprofil 1: 2'000 / 200

Der Kanto	onsingenieur :		
Plan Nr.:	222113 - 02	Auftrag Nr.:	EBP-222113.10
Datum:	11.10.2022	Planformat:	50 / 147
Rev.:	-		
Visum:	POJ		
Planer:	EBP©		

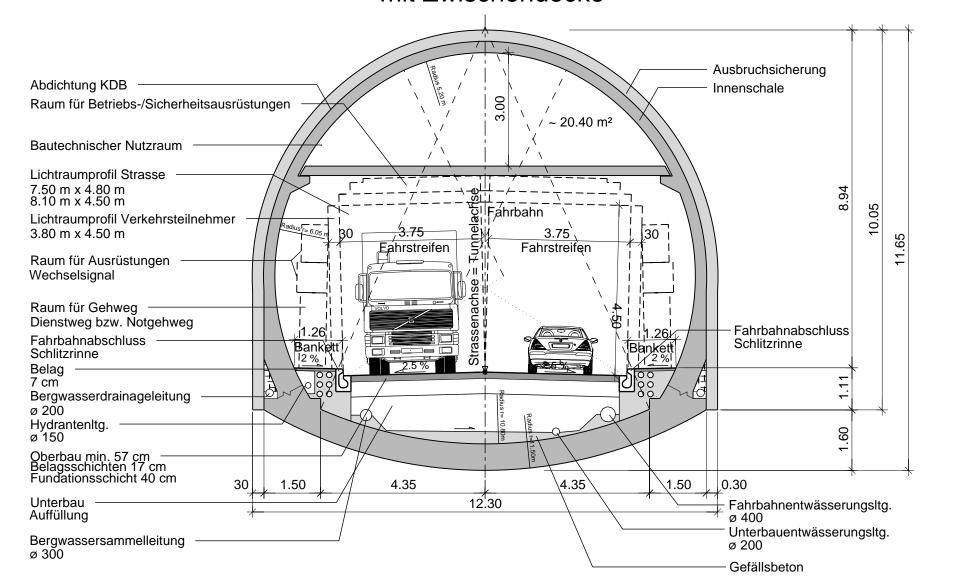
Normalprofil Bergbaustrecke Fels 1:100 Ausfahrt Portalbereich West



Normalprofil Bergbaustrecke Fels 1:100 ohne Zwischendecke



Normalprofil Bergbaustrecke Fels 1:100 mit Zwischendecke





Gemeinde Unterägeri

Umfahrung Unterägeri

Kantonsstrasse 381d

Generelles Projekt

Normalprofile 1:100

Der Kantonsingenieur :

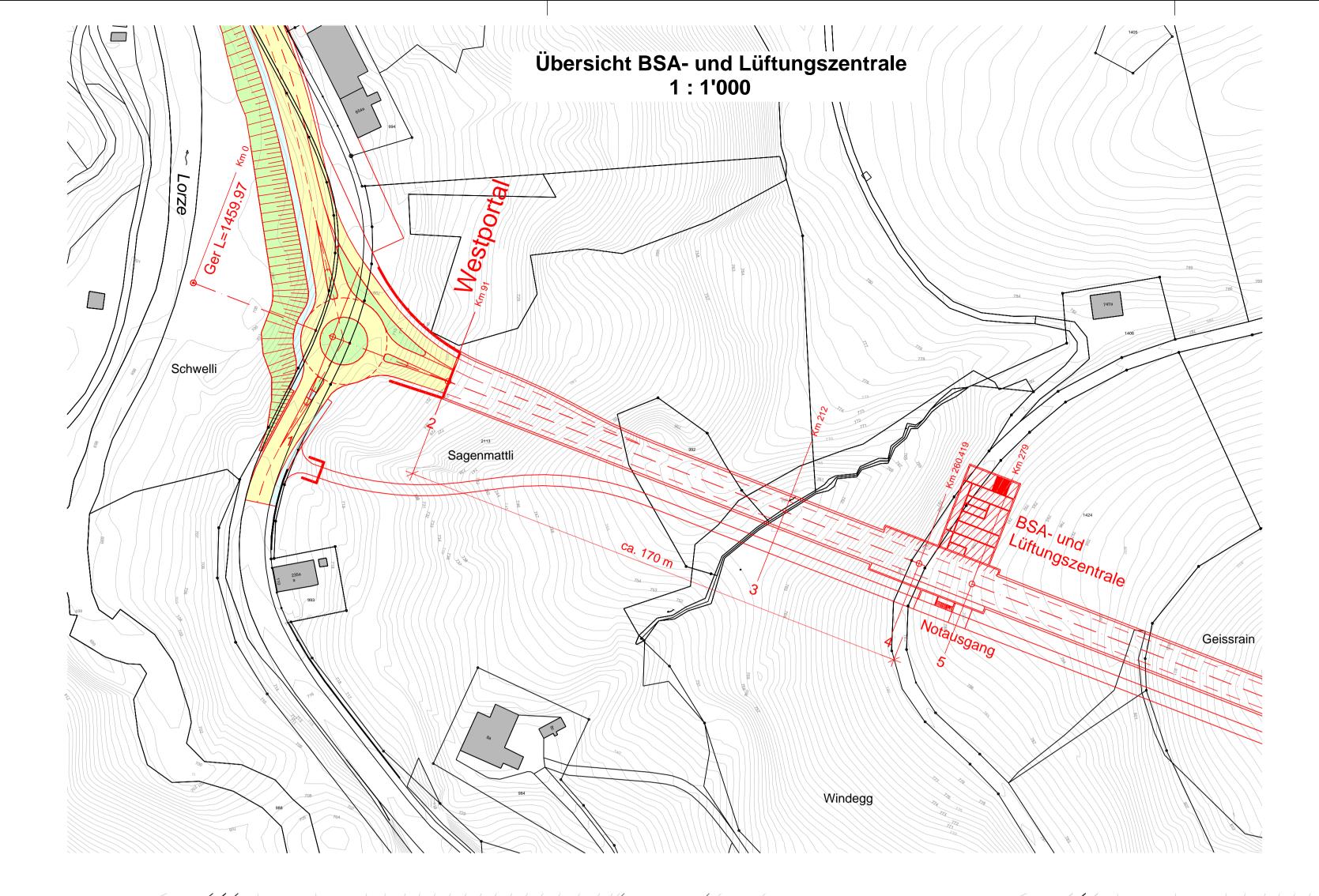
Plan Nr.: 222113 - 03 Datum: 11.10.2022 Rev.:

Auftrag Nr.: EBP-222113.10 Planformat: 45 / 84

POJ

Visum:

Bauherr: Baudirektion des Kantons Zug, Aabachstrasse 5, 6300 Zug, Tel. 041 / 728 53 30







Gemeinde Unterägeri

Umfahrung Unterägeri Kantonsstrasse 381d

Generelles Projekt

Übersichtsplan BSA- und Lüftungszentrale 1:1'000 / 250

r Kanto	onsingenieur :		
	222113 - 04 11.10.2022		

Auftrag Nr.: 222113.10 Planformat: 60 / 84

Planer: EBP

Bauherr: Baudirektion des Kantons Zug, Aabachstrasse 5, 6300 Zug, Tel. 041 / 728 53 30