



Kantonsstrasse **Nr. 17, Rapperswil-Jona**

RMS-Kilometer **33.500 - 38.050**

Gemeinde **Rapperswil-Jona**

02-1

Bauobjekt **Mobilitätszukunft, Machbarkeitsstudie Tunnellösung**

Plan, Massstab **Technischer Bericht inkl. Kostenschätzung**

<p>Projektverfasser</p> <p>IG Rose</p> <p>c/o Basler & Hofmann AG Bachweg 1 8133 Esslingen</p> <p>Näf & Partner AG Frongartenstrasse 16 9000 St. Gallen</p>	<p>Genehmigungsvermerke</p>	<p>vom TBA freigegeben</p>
<p>Plan 00.02-1</p> <p>Projekt B53.3.017.726</p> <p>Mn/FGS</p> <p>FinV</p>	<p>Ausfertigung für</p>	<p>Format A4</p>
<p>Vorstudie</p> <p>Vorprojekt</p> <p>Bauprojekt</p> <p>Genehmigungs-/Auflageprojekt</p> <p>Ausschreibung</p> <p>Ausführungsprojekt</p> <p>Dok. des ausgeführten Werks</p>	<p>Entwurf</p> <p>Rev. 0</p>	<p>Gezeichnet</p> <p>Div.</p> <p>Geprüft</p> <p>AS</p> <p>Datum</p> <p>30.06.2017</p>

Impressum

Datum

30.06.2017, Rev. 0

Bericht-Nr.

B5858-1

Verfasst von

IG Rose

B&H-AS, FO, RIT, HO

N&P-DEG

Textbeiträge Dritter

EBP-PER

VonMoos-JOE

c/o Basler & Hofmann AG

Ingenieure, Planer und Berater

Forchstrasse 395

Postfach

CH-8032 Zürich

T +41 44 387 11 22

F +41 44 387 11 00

Bachweg 1

Postfach

CH-8133 Esslingen

T +41 44 387 15 22

F +41 44 387 15 00

Verteiler

TBA Kt. SG

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	7
2.	Auftrag, Vorgehen, Variantenentwicklung	8
2.1	Auftrag	8
2.2	Vorgehen, Variantenentwicklung	10
3.	Risikobetrachtung, weitere Schritte	15
4.	Grundlagen	17
4.1	Planungsgrundlagen	17
4.2	SBB-Tunnel Meienberg	17
4.3	Projektperimeter, Rahmenbedingungen	17
5.	Geologie und Hydrogeologie	19
5.1	Baugrund	19
5.2	Wasserverhältnisse	21
5.3	Geologisch-geotechnische Problemstellungen	21
5.3.1	Offene Abschnitte und Tagbauten	21
5.3.2	Variante «Ost»	22
5.3.3	Variante «Mitte»	23
5.3.4	Variante «Direkt»	24
5.4	Besondere hydrogeologische Problemstellungen der Tunnelbauten	25
5.5	Prognosesicherheit und Wissenslücken	25
6.	Verkehrsplanung	27
6.1	Ausbaugrössen	27
6.2	Verkehrliche Wirkung und Reduktion Variantenfelder	27
6.3	Leistungsfähigkeiten	29
6.4	Flankierende Massnahmen	30
7.	Variantenbeschreibung	31
7.1	Variante «Ost»	31
7.2	Variante «Mitte»	31
7.3	Variante «Direkt»	32
8.	Tunnelausrüstung	34
8.1	Tunnellüftung	34
8.2	BSA	34
8.3	Sicherheitskonzept	35
9.	Umweltrechtliche Beurteilung	37
9.1	Grundlagen	37
9.2	Umweltrechtlicher Stellenwert	37
9.3	Im Variantenstudium relevante Umweltbereiche	38

9.4	Gewässerschutz	39
10.	Baurealisierung/-phasen	42
10.1	Variante Ost	42
10.1.1	Bauphasen	42
10.1.2	Bautechnische Beurteilung	43
10.1.3	Baustelleneinrichtungsflächen	45
10.2	Variante Mitte (früheres Genehmigungsprojekt)	45
10.3	Variante Direkt	46
10.3.1	Bauphasen	46
10.3.2	Bautechnische Beurteilung	48
10.3.3	Baustelleneinrichtungsflächen	49
11.	Termine	50
12.	Kosten	51
12.1	Grundlagen	51
12.2	Hauptvarianten	51
12.3	Untervarianten	52
12.4	Kosten Variante Mitte	52
13.	Zusammenfassende Variantenübersicht	54
14.	Planbeilagen	56
	Anhang 1	
	Bericht BSA	
	Anhang 2	
	Bericht Tunnellüftung	
	Anhang 3	
A3.1	Geometrische Ausbaugrößen Stadttunnel lang	
A3.2	Variantenübersicht (Differenzenplots)	
	Anhang 4	
A4.1	Bericht: Beurteilung Umwelt einer Portallage Hurden	
A4.2	Beilage zum Bericht	
	Anhang 5	
A5.1	Schutzgebiete	
A5.2	Waldstandorte	
A5.3	Fruchtfolgefleichen	
A5.4	Gewässerschutzkarten	
A5.5	Kataster der belasteten Standorte	
A5.6	Archäologie, Denkmalpflege	
A5.7a	Archäologie im Gebiet Kempraten	

- A5.7b Gesamtplan Kantonsarchäologie St. Gallen
- A5.8 Auszug ISOS

Anhang 6

- A6.1 Bauprogramm Variante Ost
- A6.2 Bauprogramm Variante Mitte
- A6.3 Bauprogramm Variante Direkt

Anhang 7

- A7.1 Kosten Variante Ost inkl. Risikokosten
- A7.2 Kosten Variante Mitte
- A7.3 Kosten Variante Direkt inkl. Risikokosten
- A7.4 Variante Mitte 'hoch'
- A7.5 Variante Direkt 'tief'

Anhang 8

- A8 Variantenübersicht

1. Ausgangslage

Nach dem negativen Volksentscheid zur Tunnellösung im Herbst 2011 wurde von der Stadt Rapperswil-Jona der partizipative Prozess «Mobilitätszukunft» gestartet. Dieser hatte das Ziel, dem Kanton die aus städtischer Sicht bevorzugte Variante für die weiterhin bestehenden Verkehrsprobleme zur Bearbeitung zu übergeben. In einem rund dreijährigen Prozess wurden zusammen mit der interessierten Bevölkerung verschiedene Lösungsvarianten entwickelt und beurteilt. Die Beurteilung basierte auf einer Problemanalyse und einer Vision für die künftige Verkehrsabwicklung. Nach verschiedenen Bewertungsschritten wurde die Variante „Stadtunnel lang“ als bevorzugte Lösung identifiziert. Der Stadtrat folgte diesem Resultat und entschied, dem Kanton im April 2014 eine Strategie mit der Variante „Stadtunnel lang“ als Kernelement zur weiteren Bearbeitung zu übergeben, das heisst für die Aufnahme in den kantonalen Richtplan und das Strassenbauprogramm. Darüber hinaus hat er in seiner Strategie eine kosten- und risikooptimierte Variante als mögliche Alternative benannt, sollte der lange Stadtunnel mit dem Südportal in Hurden, einem Anschluss in Jona und dem Nordportal im Hüllistein nicht machbar oder nicht finanzierbar sein. Die Details der Varianten sind in der "Strategie des Stadtrats zum weiteren Vorgehen" vom 31.03.2014 ersichtlich.

Der Kanton hat für die vertiefte Prüfung dieser und der sich daraus allfällig ergebenden weiteren Tunnelvarianten eine Projektorganisation gebildet, welche weiterhin eine enge Zusammenarbeit mit der Stadt vorsieht. Diese ist in einer Projektgovernance dokumentiert. Für die Ingenieurarbeiten zur Vertiefung der bautechnischen und umweltrechtlichen Machbarkeit einer Tunnellösung liegt ein Pflichtenheft vor. Diese Arbeiten wurden von der IG Rose ausgeführt und im Frühjahr 2017 abgeschlossen. Des Weiteren hat der Kanton St.Gallen Expertenmandate für Umwelt (Basler & Hofmann) und Geologie/Hydrogeologie (Dr. von Moos) erteilt. Nach Abschluss dieser Studie sollen die Tunnelvarianten in einer Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) in Bezug auf ihre Gesamtwirkung geprüft und verglichen werden.

2. Auftrag, Vorgehen, Variantenentwicklung

2.1 Auftrag

Auftrag, Ziel

Anfangs 2015 hat der Kanton die inhaltliche Bearbeitung der "langfristigen Ebene" der Strategie Mobilitätszukunft aufgenommen. Die Stadt Rapperswil-Jona beantragt dem Kanton St.Gallen, mittels einer Tunnellösung ("Stadttunnel lang") das Zentrum zu entlasten. Dazu wird eine konkrete Linienführung vorgeschlagen. Unter Federführung des Kantons sind Entscheidungsgrundlagen für eine Aufnahme eines Projektes in das 17. Strassenbauprogramm des Kantons St.Gallen und den kantonalen Richtplan zu erarbeiten. Damit ein Tunnelprojekt Aufnahme ins Strassenbauprogramm findet, sind die bautechnische Machbarkeit und die umweltrechtliche Bewilligungsfähigkeit aufzuzeigen und die Kosten zu schätzen. Die von der Stadt vorgeschlagene Linienführung „Stadttunnel lang“ steht dabei im Vordergrund. Falls diese Variante auch mit Optimierungen baulich und umweltrechtlich nicht realisierbar oder aufgrund fehlender Mittel auch langfristig nicht finanzierbar sein sollte, ist zu entscheiden, welche baulichen Alternativen möglich sind.

Ziel des vorliegenden Auftrages ist das Erarbeiten von technisch machbaren Lösungen, als Basis für die nachfolgende Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB).

Organisation

Die vorliegende Studie wurde durch folgende Firmen bearbeitet.

_ Partner IG Rose:

_ Basler & Hofmann AG, Esslingen

_ Näf & Partner AG, St. Gallen

_ Subplaner:

_ Walter Böhler AG, Rapperswil-Jona

_ HBI Haerter AG, Zürich

_ WSP W. Schefer + Partner Ingenieurbüro AG, Hinwil

_ separate Mandate (Drittbeauftragte):

_ Umwelt: Basler & Hofmann AG, Esslingen

_ Geologie/Hydrogeologie: Dr. von Moos AG, Zürich

_ Bauherrenunterstützung, Prozessbegleitung und Verkehrsplanung: EBP AG, Zürich.

Die Facharbeiten wurden von der Projektleitung (Kanton und Stadt) geleitet und von einer Fachkommission (FK), bestehend aus den kantonalen Ämtern, sowie einer Begleitgruppe (BK) aus lokalen Interessensvertretern begleitet. Der Stadtrat von Rapperswil-Jona war in allen Gremien vertreten und wurde ergänzend über wichtige Zwischenergebnisse informiert.

Auftragsabgrenzung

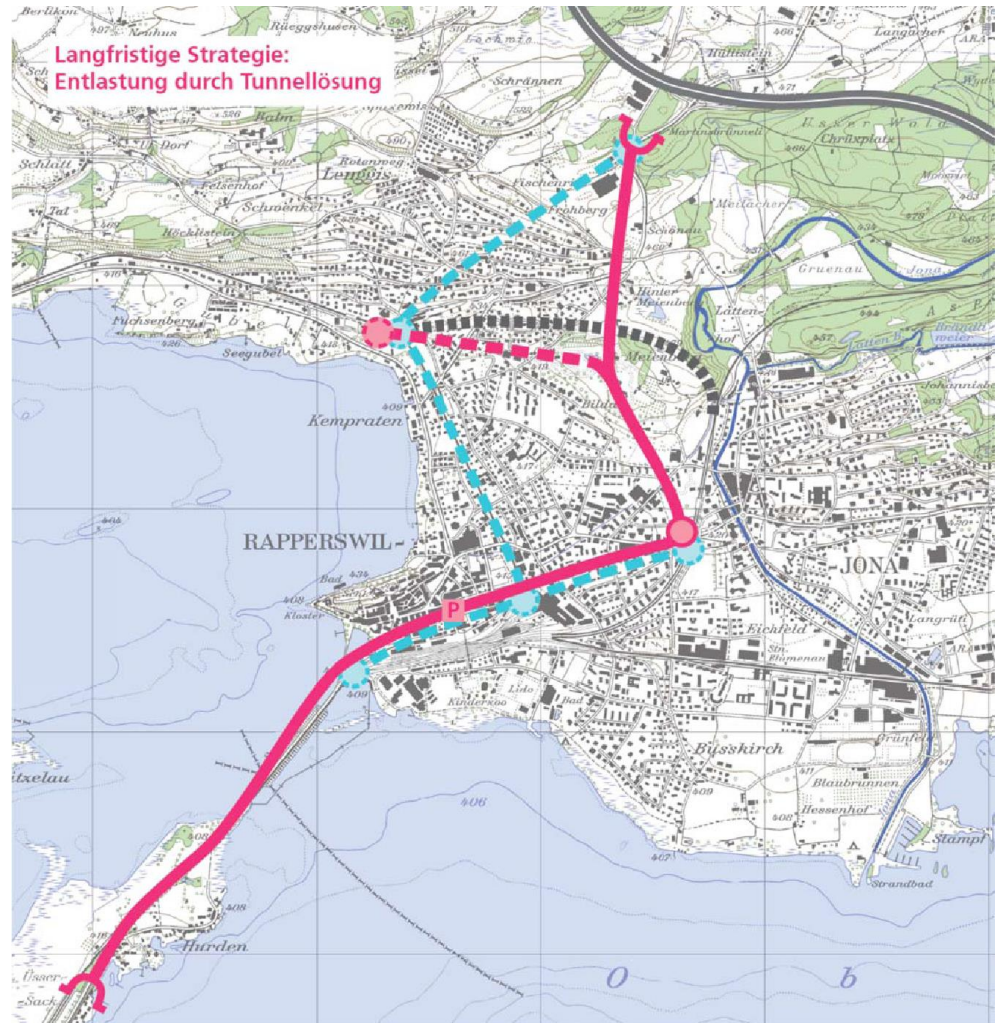
Der anfängliche Projektperimeter kann der Abbildung der favorisierten Tunnellösung aus der Strategie der Stadt Rapperswil-Jona entnommen werden (Abbildung 1) und bezieht sich auf die rot eingefärbte Variante, "Stadttunnel lang". Die blaue Alternativlösung und der SBB-Tunnel Meienberg werden mitbetrachtet, jedoch im Rahmen dieser

Studie nicht weiter vertieft. Sie entspricht dem Genehmigungsprojekt des Kantons St. Gallen:

- _ Genehmigungsprojekt Etappe 1, Seedamm-Tüchelweier (29.10.2001)
- _ Genehmigungsprojekt Etappe 1, Seedamm-Zürcherstrasse (April 2010)
- _ Genehmigungsprojekt Etappen 2+3, Tüchelweier-Kempraten-Hüllistein (15.03.2004)

Für den SBB-Tunnel Meienberg liegen folgende Projekte vor:

- _ Vorprojekt, i.A. Kanton St.Gallen (31.03.2003)
- _ Projektstudie SBB, 2016.



- Stadttunnel lang (favorisierte Lösungsidee aus Prozess Mobilitätzzukunft), Länge ca. 5,5 km
- Anschluss ans untergeordnete Strassennetz
- ⌋ Tunnelportale Hurden und Hüllistein
- P Unterirdisches Parkhaus
- - - ● Option Anschluss
- - - ● Mögliche Elemente einer Alternativvariante
- - - - - Meienbertunnel, Bahn/SBB

**Rapperswil-Jona
mobilitätzzukunft**



Abbildung 1: Projektperimeter Stadttunnel lang

2.2 Vorgehen, Variantenentwicklung

Infolge zahlreicher Unwägbarkeiten und weil die Abstimmung zwischen Kanton und Stadt eine zentrale Bedeutung hat, erfolgte die Erarbeitung der Entscheidungsgrundlagen in zwei Schritten.

1. Schritt: Machbarkeit
Stadttunnel lang

Im ersten Schritt wurde die Machbarkeit der vorgeschlagenen Linienführung "Stadttunnel lang" überprüft. Nicht oder sehr schwer umsetzbare Elemente wurden so abgeändert bzw. optimiert, dass sie als bautechnisch und umweltrechtlich umsetzbar bezeichnet werden können sowie gleichzeitig den Vorstellungen und Zielsetzungen des Prozesses "Mobilitätszukunft" weitestgehend entsprechen.

Der Stadttunnel lang führte in der vom Stadtrat ursprünglich gewünschten Linienführung vom Hüllistein über den Anschluss Jona im Bereich Grünfels, die Unterquerung des Stadtzentrums von Rapperswil im Bereich des Gleisfeldes am Bahnhof und weiter unter dem See bis nach Hurden.

Anpassungen Stadttunnel lang

Die Abklärungen zeigten, dass bei der vorgeschlagenen Variante verschiedene Bereiche und Abschnitte nicht, oder nur mit Konzeptänderungen umzusetzen sind. Ein Anschluss Hurden ist aus umweltrechtlicher Sicht nicht bewilligungsfähig. Diese Erkenntnisse, welche schlussendlich zur angepassten «Variante Ost» führten, werden im Folgenden kurz erläutert.

Portal Hurden, Seequerung

Das geplante Portal in Hurden im Kanton Schwyz liegt im Bereich eines Flachmoores von nationaler Bedeutung. Weiter ist das Gebiet in Hurden, entlang des Seedamms bis nach Rapperswil im Unesco-Welterbe Kulturstätten eingetragen (vgl. Kapitel 9 sowie Anhang 4). Die Erstellung der Portalzone mit Tagbauabschnitten über mehrere Hundert Meter ist in jenem Bereich nicht möglich. Das Portal musste auf die Seite Rapperswil verschoben werden. Als erstes Ergebnis der Ingenieurarbeiten wurde somit im Mai 2016 das Portal Hurden (sowie ein Tunnel zwischen Hurden und Rapperswil) in Übereinstimmung mit FK und BG aus umweltrechtlichen Gründen ausgeschlossen (siehe dazu Erläuterungsbericht in Anhang 4). Damit verschob sich die südliche Portallage des Tunnels wieder nach Rapperswil.

Portal Seedamm

Damit der Anschluss an den Seedamm sichergestellt werden kann, muss das Portal auf der westlichen Seite des Dammes im Bereich der heutigen Kantonsstrasse zu liegen kommen. Dadurch kann der Streckenabschnitt im Bereich des Bahnhofes nur im Tagbau erstellt werden. Die im Genehmigungsprojekt 2001/2004 vorgesehene Lösung mit einem Tagbautunnel vor dem Bahnhofgebäude wurde somit als die geeignetste Lösung im Bereich des Bahnhofes übernommen.

Parkhaus

Das Parkhaus im Bereich Güterschuppen wurde in der Studie nicht weiterverfolgt.

Vertikale Linienführung / Übergänge Berg-/Tagbau

Die vertikale Linienführung wurde so angepasst, dass die Übergänge Tagbau zu Bergbau optimiert und auf die bestehende Bausubstanz Rücksicht genommen werden konnte. Die Steigung der Tunnels wurde so gewählt, dass den geotechnisch ungünstigen Schichten so gut wie möglich ausgewichen werden konnte.

2. Schritt: Alternative Tunnelvarianten

Im zweiten Schritt wurden in Abstimmung mit der Fachkommission und dem Begleitemgremium alternative Varianten entwickelt. Die Prozessführung dazu wurde durch die Prozessbegleitung übernommen. Ausgehend von einem morphologischen Kasten wurden alternative Tunnelvarianten gebildet. Damit die Innenstadt wie gewünscht nicht nur vom Durchgangsverkehr, sondern auch von einem Teil des Ziel- und Quellverkehrs entlastet werden kann, wurde als Bedingung formuliert, dass der Stadttunnel neben den beiden Portalen mindestens einen Anschluss im Raum Bahnhof – Güterstrasse und einen in der Stadt (Tüchelweier, Kempraten oder Jona) benötigt (siehe Abbildung 2).

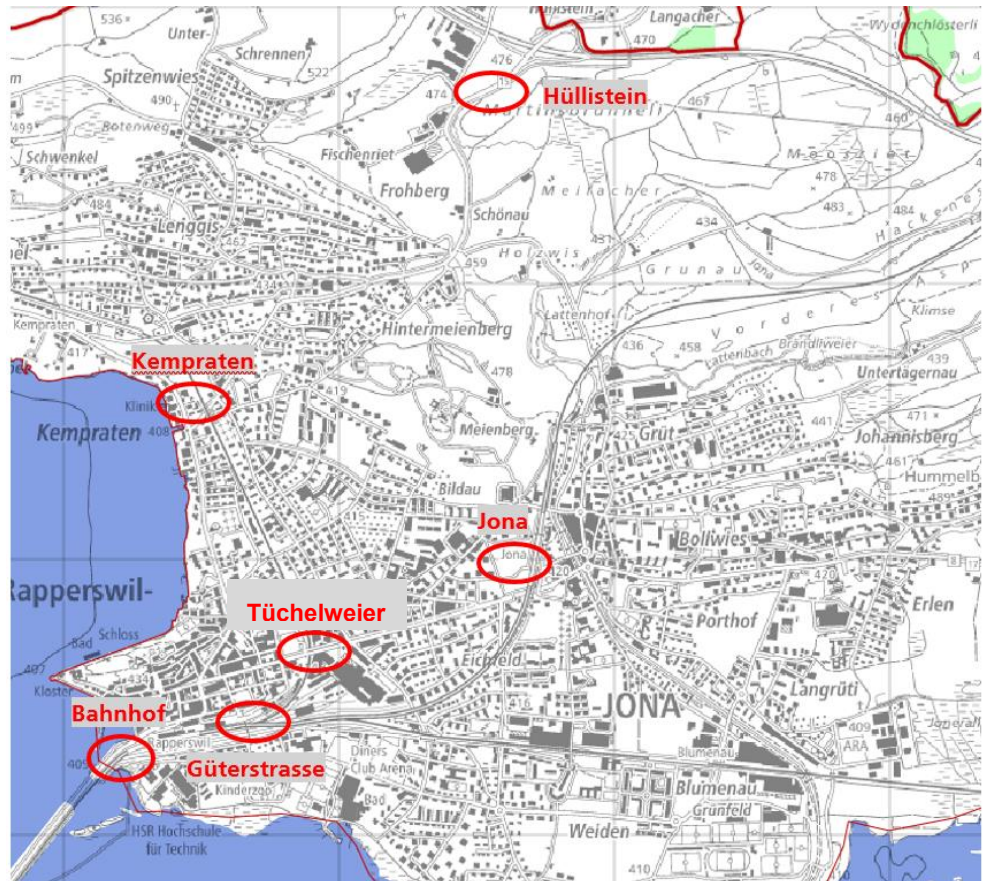


Abbildung 2: Mögliche Portale und Anschlüsse alternativer Tunnelvarianten

Zudem wurde festgehalten, dass die Kombination Portal Bahnhof und Anschluss Güterstrasse sowie Portal Güterstrasse und Anschluss Tüchelweier aufgrund der kurzen Distanzen nicht zweckmässig sind.

Variantengruppen

Aus der Kombination der verschiedenen Portale und Anschlüsse wurden zuerst drei Variantengruppen gebildet: Varianten «Ost» (via Jona, als Ersatz für den ursprünglichen Stadttunnel lang); Varianten «Mitte» (via Kempraten, entspricht dem Genehmigungsprojekt 2004) und Varianten «Direkt» (ohne Zwischenanschluss zwischen Tüchelweier und Hüllistein). Für alle Variantengruppen wurde jeweils auch eine kurze Variante ohne Tunnel bis Tüchelweier gebildet. Sämtliche so entstandenen Varianten sind im Anhang 3.3 dargestellt. Die verkehrlichen Wirkungen sind in Kapitel 6.2 und

Anhang 3.2 beschrieben. Diese waren schlussendlich ausschlaggebend für die Wahl der weiter zu vertiefenden Varianten.

Portallage Seedamm

Bei der Evaluation der alternativen Tunnelvarianten wurde neu auch die Möglichkeit eines Portals in der Güterstrasse untersucht. Bautechnisch sollte ein solches entweder in der Güterstrasse oder weiter Richtung Tüchelweier machbar sein. Je nach Portallage ist aber eine andere oberirdische Führung des Verkehrs als auch der lokalen Erschliessung notwendig. Die grossräumige Verlagerung des Verkehrs wird von der Wahl zwischen den beiden Portallagen nicht beeinflusst, entsprechend beurteilt der Kanton derzeit die Portallage im Umfeld des Bahnhofs Rapperswil und entlang der Güterstrasse als neutral. Die für die Stadt Rapperswil-Jona beste Portallage hängt insbesondere von städtebaulichen Überlegungen, den flankierenden Massnahmen aber auch von der innerstädtischen Verkehrsführung und Erschliessung ab.

Städtebauliche und verkehrliche Studie

Für die Wahl einer Bestvariante für die Portallage im Raum Bahnhof Rapperswil-Güterstrasse liegen zum Zeitpunkt des Abschlusses dieses Berichtes noch nicht genügend Grundlagen vor. Diese werden im Rahmen einer von der Stadt beauftragten städtebaulich-verkehrlichen Studie derzeit erarbeitet. Bereits im Rahmen der mittelfristigen Ebene der Strategie Mobilitätszukunft wurden erste Überlegungen zur Güterstrasse angestellt, welche berücksichtigt werden können. Ziel dieser Arbeiten ist die vertiefte Untersuchung von Chancen und Risiken verschiedener Portalvarianten im Bereich Seedamm / Bahnhof Rapperswil / Güterstrasse, sodass die Stadt dem Kanton ihre bevorzugte Portallage vor dem Start der ZMB nennen kann.

Projektbegleitung, Zwischenbeurteilung

Die erläuterten Schritte wurden in den regelmässigen Projektsitzungen der Fachbegleitung besprochen und gemeinsam weiterentwickelt. Die (Zwischen-)Resultate wurden der FK respektive dem BG an je vier Sitzungen vorgestellt und deren Haltung bzw. Empfehlungen zum weiteren Vorgehen abgeholt. Wesentliche Aspekte aus diesen Zwischenbeurteilungen wurden in die Projektbearbeitung aufgenommen und wo möglich umgesetzt. Mit diesem iterativen Vorgehen wurden die möglichen, akzeptablen Varianten optimiert.

Erweiterte Auftragsabgrenzung, untersuchte Varianten

Es hat sich gezeigt, dass es auf Grund der vielfältigen Blickwinkel und Ansprüche noch nicht möglich ist, eine eigentliche Bestvariante zu evaluieren. Im Rahmen der späteren Zweckmässigkeitsbeurteilung kann diese Variantenbeurteilung und der Variantenvergleich umfassender vorgenommen werden. An Stelle nur einer Bestvariante wurden deshalb die folgenden drei grundsätzlich möglichen Varianten (mit je zwei Untervarianten betr. Portallage Süd sowie unterschiedlicher Knotengestaltung) bearbeitet und dokumentiert, vgl. Abbildung 3:

- _ **Variante «Ost»** (Abwandlung des "Stadtunnels lang" aus der Strategie «Mobilitätszukunft» bezüglich Portal Hurden)
- _ **Variante «Mitte»** (entspricht dem Genehmigungsprojekt von 2001 und 2004 mit den Etappen 1 und 2/3)
- _ **Variante «Direkt»** (Zusatzvariante mit nur einem innerstädtischen Anschluss)

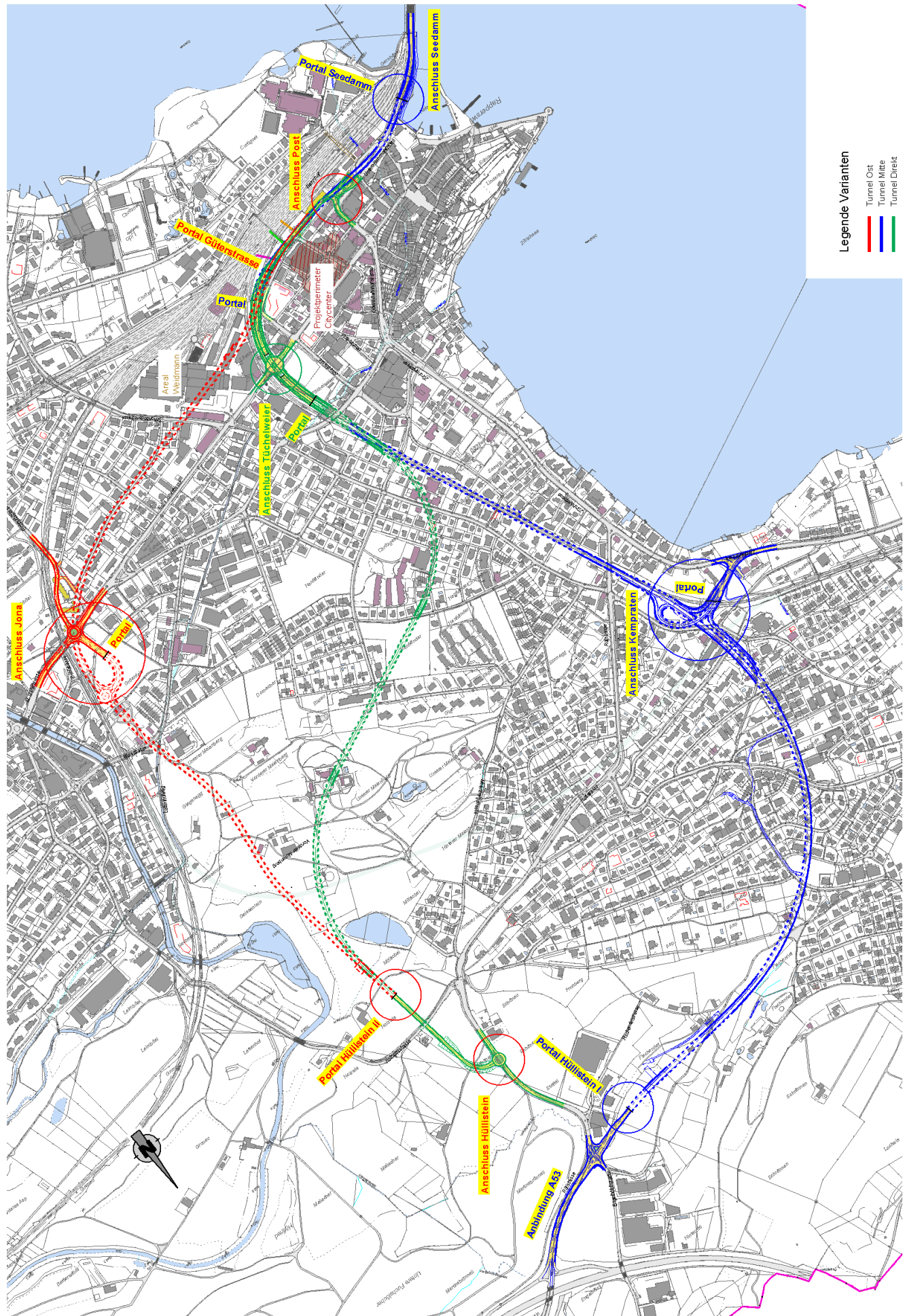


Abbildung 3: Betrachtete Varianten für einen Stadttunnel

Projektbearbeitung

Die Projektbearbeitung erfolgte im Zeitraum November 2015 bis Mai 2017 und endete mit der Abgabe des vorliegenden Dossiers.

Im vorliegenden Bericht wurden Kapitel 5 "Geologie/Hydrogeologie" vom Büro Dr. von Moos AG, das Kapitel 6 Verkehrsplanung vom Büro EBP AG und das Kapitel 9 vom Fachspezialist Umwelt von Basler&Hofmann verfasst (jeweils inkl. zugehöriger Anhänge). Die Beiträge betreffend Tunnellüftung stammen von HBI Haerter AG und betreffend BSA von WSP W. Schefer + Partner Ingenieurbüro AG.

3. Risikobetrachtung, weitere Schritte

Bautechnische Risiken

Im Projektperimeter, speziell im Abschnitt Seedamm-Tüchelweier herrschen komplexe Baugrundgegebenheiten, welche bekannt sind und bei zahlreichen realisierten Projekten zu berücksichtigen waren. Die jungen Seeablagerungen neigen zur Bodenverflüssigung; dies wurde im Genehmigungsprojekt 2004 untersucht und ist aktenkundig. Die Ausdehnung dieser Ablagerungen ist für die weitere Projektentwicklung noch weiter zu präzisieren. Klar zu unterscheiden davon ist das bautechnische Verhalten von Seekreide und seekreideartigen Sedimenten im Gebiet Seedamm-Bahnhof-HSR; sie bergen das Risiko eines Strukturkollapses.

In Rapperswil gibt es für das geplante Vorhaben eines Stadttunnels nur Linienführungen in anspruchsvollem Baugrund – einfache Varianten gibt es leider nicht. Dies führt dazu, dass die bautechnischen Massnahmen zur Beherrschung der Risiken einerseits sehr sorgfältig abzuklären sind und andererseits tendenziell umfangreich sein werden.

Aufgabe der aktuellen Untersuchungen ist es primär, die bauliche Machbarkeit und die umweltrechtliche Bewilligungsfähigkeit der vorgeschlagenen Linienführung unter den gegebenen Bedingungen zu überprüfen sowie Konfliktsituationen und Risiken aufzuzeigen und mögliche Lösungsansätze auszuarbeiten. Dabei wurden in der aktuellen Projektarbeit nicht oder sehr schwer umsetzbare Elemente so optimiert, dass sie als bautechnisch realisierbar eingeschätzt werden können und gleichzeitig weiterhin den Vorstellungen/Zielsetzungen der Strategie Mobilitätszukunft entsprechen.

Die aus den bisherigen Untersuchungen resultierende Variante "Ost" (ex Stadttunnel lang) und die zusätzliche Variante "Direkt" berücksichtigen die komplexen Baugrundverhältnisse im Raum Rapperswil: sie minimieren die Tunnelabschnitte in den bautechnisch heiklen Böden (Seeablagerungen: Seekreide und seekreideartigen Sedimenten) und legen die erforderlichen Untertagbauabschnitte möglichst in die Felsformationen (vertikale Linienführung, weitere Optimierungen unter Annahme von Ausnahmeregelungen betreffend Trassierungsparameter "Längsneigung" sind möglich). Die dritte Variante "Mitte" entspricht dem bisherigen Genehmigungsprojekt 2001/2004 des Kantons St.Gallen. Die bauliche und umweltrechtliche Machbarkeit wird auf Grund des weiter fortgeschrittenen Projektstandes als gegeben angesehen.

Um die Unsicherheiten bzw. Risiken betreffend bauliche Machbarkeit auf ein phasengerecht akzeptables Mass zu bringen, schlagen wir für die weitere Projektentwicklung Folgendes vor:

- _ Sondierungen zur Erhöhung der Baugrundprognose (inkl. geotechnische Versuche)
- _ Kontaktaufnahme und Einbezug eines mit den vorliegenden Verhältnissen vertrauten Unternehmers zur Beurteilung der möglichen Bauverfahren (speziell Untertagbauabschnitte, Einsatz von Multimode-TVM zum Auffahren heterogener Baugrunde)
- _ Kontaktaufnahme und Einbezug nationaler/internationaler Experten, die tiefe Baugruben in ähnlichen Böden realisiert haben
- _ Grossversuch in situ (ev. mit Unterstützung der Hochschulen) hinsichtlich Untertagbau und Anwendung von Bauhilfsmassnahmen sowie hinsichtlich Baugrubenabschlüsse (bereits im Genehmigungsprojekt Etappe 1 (April 2010) ist auf die

Ausführung einer Probebaugrube hingewiesen worden (Vorschlag Standort: Dükerbauwerk Kanal K bei der Güterstrasse).

Umweltrechtliche Risiken

Die umweltrechtlichen Risiken werden im Kap. 9 vertieft erläutert.

Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB)

Nach Abschluss der vorliegenden Studie werden die möglichen Varianten einer Tunnelösung in einer Zweckmässigkeitsbeurteilung (ZMB) gegenübergestellt. Diese Beurteilung erfolgt unter Vorbehalt der vorgängig erwähnten Risikobetrachtung.

4. Grundlagen

4.1 Planungsgrundlagen

Frühere Dokumentationen

Folgende Dokumentationen standen bei Projektbeginn zur Verfügung:

- _ Genehmigungsprojekt Etappe 1, Seedamm-Tüchelweier, 29.10.2001
- _ Machbarkeitsstudie Busersatzbetrieb Rapperswil-Feldbach, Bericht, 07.01.2003
- _ Vorprojekt SBB-Tunnel Meienberg, 31.03.2003
- _ Einfluss SBB-Tunnel Meienberg auf Tunnel Burgerau, Bericht, 30.05.2003
- _ Genehmigungsprojekt Etappen 2+3, Tüchelweier-Kempraten-Hüllistein, 15.03.2004
- _ Genehmigungsprojekt Etappe 1 plus, Linienführung Sonnenhof Süd, April 2010 (Auf-lageprojekt)
- _ Mobilitätszukunft Rapperswil-Jona, Variantenstudie, Lösungsfamilie 6; Stadttunnel lang, Plan Locher Ingenieure vom 13.09.2013.

Aktuelle Dokumentation

Während der Projektbearbeitung ergänzend erhaltene Grundlage:

- _ Konzeptstudie SBB zum Meienbergtunnel (Factsheet vom 05. April 2016 und Prä-sentation vom 30. August 2016).

Bestandesbauten

Die Studie basiert auf den vom Kanton zur Verfügung gestellten Katasterplan sowie einem digitalen Geländemodell. Es sind keine systematischen Abklärungen und Auf-nahmen zu den Gebäudefundationen sowie Werkleitungen gemacht worden. Für die weitere Projektentwicklung sind diesbezüglich vertiefte Abklärungen erforderlich.

4.2 SBB-Tunnel Meienberg

Auftrag

Im Auftrag des Tiefbauamtes Kanton St.Gallen wurde durch die SBB eine Konzeptstu-die zur Überprüfung einer neuen Linienführung für die S7 durch den Meienbergtunnel untersucht. Dazu wurde durch das Büro SMA eine Fahrplantechnische Prüfung und durch die SBB selbst eine Konzeptstudie inklusive einer Globalkostenschätzung durch-geführt.

Projekt

Die Gleistopologie ist in der Konzeptstudie der SBB auf eine maximale Geschwindigkeit $v_{\max} = 95 \text{ km/h}$ ausgelegt. Die Einbindung in Jona erfolgt niveaufrei mit einer Überwer-fung und beim Bahnhof Kempraten mit einer Kreuzungsstation. In der Kostenschätzung (+/-50%) werden für das Projekt Investitionskosten von CHF 300 Mio. ausgewiesen. Kosten für Rückbauten und Abschreibungen sind nicht eingerechnet. Unberücksichtigt sind auch die Folgekosten für Unterhalt und Erhaltung des neuen Abschnitts, welche nach Vorstellung SBB vom Projektauslöser zu tragen sind. Frühere Kostenschätzungen für den Meienberg-Bahntunnel basieren auf anderen Annahmen und sind damit nicht direkt vergleichbar.

Umwelt

Bisher wurden keine umweltrechtlichen Abklärungen zum Meienberg-Bahntunnel getä-tigt.

4.3 Projektperimeter, Rahmenbedingungen

Projektperimeter

Der Projektperimeter der in der Strategie Mobilitätszukunft favorisierten Lösungsidee "Stadttunnel lang" erstreckt sich vom Raum Schönau mit dem Anschluss an die Rütistrasse über die Gebiete Jona (Grünfels) und Bahnhof Rapperswil bis auf die gegen-

überliegende Seeseite im Kanton Schwyz mit dem Halbanschluss Seedammstrasse in Hurden. In

Abbildung 4 ist ein Ausschnitt des Grundlagenplans "Stadttunnel lang" dargestellt.

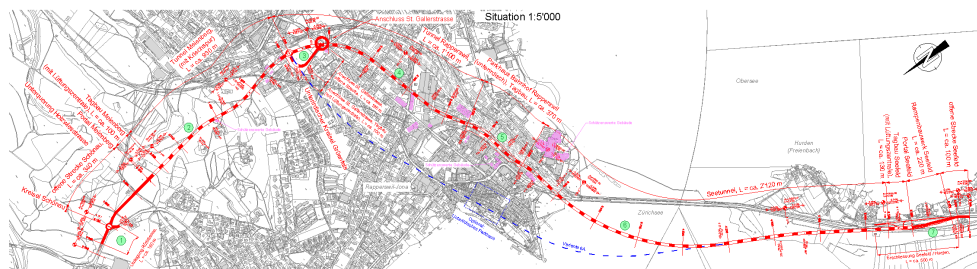


Abbildung 4: Situation Stadttunnel lang, Ausschnitt Plan Locher Ingenieure vom 13.09.2013

Projekte Dritter

Folgende für die vorliegende Studie relevanten Hochbauprojekte sind zum Zeitpunkt der Studienbearbeitung bekannt:

- _ Citycenter Rapperswil, zwischen Neue Jonastrasse und Merkurstrasse
- _ Neuüberbauung Säntisstrasse
- _ Bebauung Parzelle 1438 bei der Gemüsebrücke.

In der nächsten Projektphase ist die Koordination mit den Projekten SBB und Dritter sicherzustellen.

5. Geologie und Hydrogeologie

5.1 Baugrund

Allgemeiner Aufbau

Der geologische Aufbau im Gebiet von Rapperswil-Jona wird geprägt durch herausragende Felsrippen (Schichtrippenlandschaft) und mächtige Lockergesteinsabfolgen im Bereich der Felsmulden, welche im Zuge der Verlandung des Zürich- und Obersees abgelagert wurden.

Molassefels

Die Felsrippen wurden von eiszeitlichen Gletschern durch selektive Erosion der weichen Schichten erodiert und verlaufen in einer westsüdwestlichen/ostnordöstlichen Richtung. Sie sind über weite Distanzen zu verfolgen, wie etwa vom Hügel "Kirche Jona" zum Schlosshügel – Insel Lützelau – Insel Ufenau. Im Untergrund verläuft die Felsoberfläche entsprechend unruhig, wobei sich Rücken und Mulden etwa parallel der Streichrichtung abwechseln. Die Felsoberfläche fällt teilweise steil ab.

Der anstehende Fels ist der Oberen Meeresmolasse (OMM) bzw. der Oberen Süswassermolasse (OSM) zuzuordnen. Beim Fels der OMM handelt es sich v.a. um Sandsteine und harte Nagelflühbänke, untergeordnet um Mergel, die mit ca. 20 ÷ 30° in nördlicher Richtung einfallen. Beim Fels der OSM handelt es sich um eine Wechsellaagerung von Sandsteinen, Siltsteinen und Mergeln mit dicken Nagelfluhbänken. Im Projektgebiet ist ein Schichtfallen von ca. 10 ÷ 15° in Richtung NNW zu erwarten, gegen N wird die Schichtneigung rasch kleiner. Eine stratigrafische Zuordnung der Felsschichten zur OMM bzw. OSM ist im Projektbereich nur schwer möglich, da die Bohrungen – wenn überhaupt – meist nur knapp in den Fels reichen. Da eine Unterscheidung für diese Projektphase bautechnisch nicht relevant ist, wird der Fels im Folgenden vereinfacht als **Molassefels** bezeichnet. Die mergeligen Partien im Molassefels weisen im Vergleich zu den Sandstein- und Nagelfluhpartien einen deutlich niedrigeren Erosionswiderstand auf, was zu der Schichtrippenlandschaft geführt hat. Der Molassefels kann teilweise stark geklüftet sein, wobei die Klüfte wasserführend sein können. Oberflächlich ist der Molassefels zum Teil stark verwittert und er besitzt eine Tendenz zur Aufblätterung. Die Mergelpartien weisen ein gewisses Quellpotential auf.

Lockergesteine

Der Aufbau der **Lockergesteine** von Rapperswil-Jona ist in erster Linie durch den grossen Schwemmkegel geprägt, welchen die Jona nach dem Abschmelzen des letzteiszeitlichen Rhein-Linthgletschers in den Zürich- und Obersee hinaus geschüttet hat. Überlagert wird der Molassefels von einer unterschiedlich mächtigen, z.T. verschwemmten **Moräne**. Diese setzt sich mehrheitlich aus leicht tonigem, siltigem Fein- bis Mittelsand mit wechselnden Anteilen an Kies, Steinen und Blöcken bis Findlingsgrösse zusammen. Die Moräne ist i.d.R. dicht bis sehr dicht gelagert. Teilweise kann die Moräne fehlen – wie z.B. im Projektbereich Kempraten – bzw. sie wurde durch jüngere Ablagerungen ersetzt.

Im Abschnitt Hüllistein - Jona (Variante «Ost») steht über der Moräne **junger Bachschutt** an. Dieser besteht aus Kies mit viel Fein- bis Grobsand und bildet den Grundwasserträger. Überlagert wird der Bachschutt von Hanglehm bzw. künstlicher Auffüllung.

Eiszeitliche Seeablagerungen	Im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier (Variante «Mitte») folgen über der Moräne zunächst über weite Strecken eiszeitliche Seeablagerungen , die oft recht sandig, z.T. aber auch dominant tonig-siltig entwickelt sind und für die eckigen Grobkomponenten typisch sind.
Tonig-siltige Seeablagerungen	Im Abschnitt Tüchelweier - Güterstrasse (Variante «Ost») sowie im Abschnitt Kempraten - Seedamm (Variante «Mitte») sowie auf Abschnitten der Variante Direkt wird die Moräne von tonig-siltigen glazialen Seeablagerungen überlagert. Die Konsistenz der Seeablagerungen ist generell als weich bis breiig zu beschreiben. Die Durchlässigkeit ist gering. Die Seeablagerungen können sich infolge starker Erschütterungen verflüssigen. Teilweise ist mit sandig-siltigen Linsen zu rechnen. Die Konsistenz dieser Linsen ist als weich zu bezeichnen und sie sind teilweise dicht gelagert. Die Linsen weisen zum Teil hohe Porenwasserdrücke auf. Im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier sind die tonig-siltigen Seeablagerungen sandiger ausgeprägt und SP-Tests haben überraschend hohe Schlagzahlen aufgezeigt. Diese sind u.E. allerdings nicht auf eine glaziale Vorbelastung oder Stauchung zurückzuführen sondern viel mehr auf eine gute Drainage und damit raschere Konsolidation.
Deltaablagerungen	Die Deltaablagerungen im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier sind in der Regel unten sandreich und gehen nach oben in kiesreichere Ablagerungen der Jona über. Gemäss älteren Sondierungen sind insbesondere die kiesreichen Deltaablagerungen oft äusserst locker gelagert.
Sumpfablagerungen	Als natürliche Deckschicht fanden sich im Schwemmkegelbereich der Jona dünne Überschwemmungssedimente , während im abgeschirmten Bereich des Tüchelweiers Sumpfablagerungen gebildet werden konnten. Solche Sumpf- und Tümpelablagerungen werden aber auch in den Depressionen zwischen den Nagelfluhrrippen im Abschnitt Hüllistein - Kempraten recht verbreitet sein. Auf den Felsrippen selbst bzw. auf der sie bedeckenden Moräne kam es zur Bildung von Hangschutt.
Seekreideartige Seeablagerungen	Die seekreideartigen Seeablagerungen im Bereich der südlichen Portale wurden postglazial abgelagert und sind wassergesättigt. Ihre Durchlässigkeit ist gering. Eine klare Abgrenzung zu den glazialen Seeablagerungen ist nicht möglich, da der "basale Faulschlamm" fehlt. Die seekreideartigen Seeablagerungen bestehen aus Silt mit viel Sand und Schnecken- und Muschelbruchstücken. Sie besitzen eine geringe Plastizität, die Konsistenz ist als sehr weich bis breiig zu bezeichnen.
Seekreide	Südlich des Bahnhofsbereichs ist mit einem Übergang der seekreideartigen Seeablagerungen zur Seekreide zu rechnen. Seekreide ist sehr strukturempfindlich und besitzt eine geringe Bruchfestigkeit (Risiko eines Strukturkollapses). Ihre Konsistenz ist breiig. Die Seekreide und seekreideartigen Ablagerungen verfügen typischerweise über hohe Wassergehalte (> 50% bis über 100%).
Künstliche Auffüllung	Wie in überbauten Gebieten zu erwarten ist, befindet sich zuoberst verbreitet künstliche Auffüllung , wobei seewärts auch flächige Uferschüttungen vorkommen. Die künstlichen Auffüllungen sind erfahrungsgemäss sehr heterogen aufgebaut und können mit Fremdkomponenten durchsetzt bzw. stark belastet sein – vor allem im Bereich des

Weidmann Areal muss mit Belastungen im Untergrund gerechnet werden. Solches Material muss während der Vortriebsarbeiten untersucht, triagiert und VVEA-konform (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) entsorgt werden.

Schichtgrenzen

Die in den hydrogeologischen Längenprofilen dargestellten Verhältnisse basieren vor allem auf untiefen Bohrungen (bis etwa 10 m Tiefe ab OK Terrain). Der tiefere Teil der Rinnenfüllungen wurde teilweise aus bis zu 120 m entfernten Bohrungen extrapoliert und ist daher mit grösseren Unsicherheiten behaftet. Die Schichtgrenzen sind also stark schematisch und vereinfacht gezeichnet.

Durchlässigkeit

5.2 Wasserverhältnisse

Bezüglich der **Durchlässigkeit** sind die künstlichen Auffüllungen aufgrund ihrer heterogenen Zusammensetzung als eher schlecht durchlässig zu taxieren. Die Deltaablagerungen sind als generell gut permeabel einzustufen, lediglich feinkörnigere Schichten und Stränge innerhalb der Deltaablagerungen sind als mässig durchlässig zu bezeichnen. Die Moräne sowie die gletschernahen, tonig-siltigen bzw. seekreideartigen Seeablagerungen und die Seekreide sind als wasserstauend zu bezeichnen. Den Grundwasserträger bildet der gut durchlässige junge Bachschutt resp. die gut durchlässigen, rund 20 m mächtigen, teilweise heterogen aufgebauten Deltaablagerungen. Frühere Messungen haben gezeigt, dass Grundwasserspiegelschwankungen in diesem Bereich weitgehend vom Seespiegel diktiert werden.

Fliessrichtung

Die generelle Fliessrichtung ist südlich der Neuen Jonastrasse (Trasse der Variante Ost) Richtung Südwest (geringe Mächtigkeit des Grundwasserträgers) bzw. nördlich der Neuen Jonastrasse (Trassees der Varianten «Mitte» und «Direkt») von Osten nach Westen in Richtung des Zürichsees.

Hang- und Schichtwasserzirkulation

Es ist anzunehmen, dass über dem gering durchlässigen Molassefels auf verschiedenen Niveaus mit einer geringen **Hang- und Schichtwasserzirkulation** zu rechnen ist. Im Molassefels sind lokale Wasseraustritte aus Klüften und allenfalls verwitterten Sandsteinpartien zu erwarten, wobei die Ergiebigkeit stark witterungsabhängig, insgesamt aber klein sein wird.

5.3 Geologisch-geotechnische Problemstellungen

5.3.1 Offene Abschnitte und Tagbauten

Im Bereich der offenen Strecken bzw. der im Tagbau zu erstellenden Tunnelportale sind die zu erstellenden Böschungen entsprechend der Rölligkeit des anstehenden Materials zu sichern bzw. die Standsicherheit der sehr steilen/senkrechten Baugrubenabschlüsse ist nachzuweisen. Für den weiteren Tunnelvortrieb in der Moräne bzw. im Fels sind entsprechende Sicherungsmassnahmen gegen Niederbruch von Klufkörpern bzw. Lockergesteinsmaterial sowie gegen Ortsbrustinstabilitäten vorzusehen. Immissionsrisiken stellen dabei die infolge des Vortriebs auftretenden Erschütterungen bzw. Setzungen an der Oberfläche dar. Zusätzliches Augenmerk ist auf die Übergangsbereiche mit gemischten Abbauverhältnissen Fels/Lockergestein zu legen. Die Fundamentalsituationen der zu unterquerenden Gebäude sind zu berücksichtigen, allfällige Unterfangungsmassnahmen sind vorzusehen.

Je nach Witterungsverhältnissen ist in den sandigen Lagen der Moräne mit einer geringen Hang- und Schichtwasserzirkulation zu rechnen. Im Molassefels sind lokale Wasseraustritte aus Klüften und allenfalls verwitterten Sandsteinpartien zu erwarten.

5.3.2 Variante «Ost»

Felslage	Ab ca. km 0'850 ist die Tiefenlage des Fels nicht ausreichend erkundet. Die Felsoberfläche fällt rasch ab, wobei diese zwischen 5 m bis 25 m unter OK Terrain erwartet wird. Im folgenden Tunnelverlauf ist der Wechsel von Fels zu Lockergestein schleifend. Beim Übergang vom Fels in die Lockergesteinsschichten und v.a. im Bereich des jungen Bachschutts (Grundwasserleiter, Wasserspiegel oberflächennah) ist mit hohem Wasserandrang bis hin zum Wassereinbruch zu rechnen.
Seeablagerungen	Zwischen ca. km 1'500 und km 1'600 ist eine weitere Felsrippe zu erwarten. Anschließend folgen über der Moräne tonig-siltige Seeablagerungen, die wiederum von jungem Bachschutt und Hanglehm/künstlicher Auffüllung überdeckt werden. Besonderes Augenmerk ist hier auf die stark unterschiedlichen Durchlässigkeiten des Bachschutts (gut durchlässig) und der Seeablagerungen (wasserstauend) zu legen. Falls in den Seeablagerungen Wasserhaltungsmassnahmen vorgesehen werden, sind Konsolidationsprozesse, die Setzungen mindestens im cm-Bereich hervorrufen können, nicht auszuschliessen. Das Setzungspotential der Seeablagerungen ist als hoch einzustufen. Die in den tonig-siltigen Seeablagerungen zu erwartenden sandig-siltigen Linsen können teilweise hohe Porenwasserdrücke aufweisen und auslaufen. Ein solches Auslaufen bzw. sonstige Instabilitäten können – aufgrund der geringen Überdeckung – zu grossen Setzungen an der Oberfläche und zur Rissbildung bis in die grundwasserführenden Schichten führen, was einen Wassereinbruch im Tunnel zur Folge haben kann. Bei einem TBM Vortrieb bestehen Risiken betreffend Maschinensteuerung in den Seeablagerungen.
Bestand	Des Weiteren stellen die Foundationen bestehender Gebäude (Pfahlfoundationen, etc.) sowie alte Baugrubensicherungen (Anker, etc.) weitere Hindernisse im Tunnelvortrieb dar.
Bereich Areal Weidmann	Vor allem im Bereich des Weidmann Areals (ca. km 2.120 bis km 2.450) ist die Felslage sehr unsicher. Wie zahlreiche Unterlagen aus der Projektumgebung – insbesondere aus der Zeit der Erstellung der Gebäude des Weidmann Areals – zeigen, steigt/fällt die Felsoberfläche sehr steil an/ab und die Felsoberfläche weist zahlreiche Felsrippen und Mulden auf.
Bereich Bahnhof Rapperswil	Die bautechnischen Herausforderungen im Bereich des Bahnhofs Rapperswil (ab ca. km 2'350) sind geprägt durch: <ul style="list-style-type: none">_ das hohe Setzungs- und Verflüssigungspotential (Strukturempfindlichkeit) der anstehenden Seesedimente (sowohl Seekreide wie Seeablagerungen),_ den mit dem Seespiegel kommunizierenden Grundwasserspiegeln,_ die dichte Überbauung in der unmittelbaren Umgebung des Tunnels,_ die Nähe des Tunnels zu den Bahngleisen der SBB.

Die Unterkante des Tunnels liegt in diesem Bereich rund 20 m unter heutigem Terrain und verläuft in den tonig-siltigen Seeablagerungen, im Firstbereich stehen seekreideartige Seeablagerungen an. Bei allfälligen Bauhilfsmassnahmen sind die unterschiedlichen Eigenschaften der wechselnden Schichtung sowie die Strukturempfindlichkeit der seekreideartigen Seeablagerungen zu berücksichtigen.

Besonderheiten

Die erhöhten Anforderungen der SBB bezüglich Deformationen und Erschütterungen sind entsprechend nachzuweisen bzw. deren Einhaltung ist während der Ausführung über ständige Kontrollmessungen zu überprüfen. Eine zusätzliche Herausforderung bringen die beengten Platzverhältnisse bei der Erstellung des Tunnels im Tagbau/in offener Bauweise bezüglich Baustelleneinrichtung, Deformationen, Baugrubensicherung (eine Rückverankerung des Baugrubenabschlusses wird aufgrund der Nachbargebäude kaum möglich sein) und weiterer Immissionen.

5.3.3 Variante «Mitte»

Abschnitt Hüllistein - Kempraten

Der Abschnitt Hüllistein - Kempraten kann praktisch vollständig im Molassefels erstellt werden. Dabei handelt es sich um eine Wechsellagerung von Sandsteinen, Siltsteinen und Mergeln mit unterschiedlich dicken Nagelfluhbänken. Im Übergangsbereich zum Abschnitt Kempraten - Tüchelweier mit dem Anschluss Kempraten ist wegen der Lockergesteinsmulde und der im weiteren Verlauf anzufahrenden Lockergesteine mit vermehrten Wasserzutritten zu rechnen. Es sind demzufolge Drainagemassnahmen vorzusehen oder die Wasserzutritte sind mittels Injektionen mindestens zu vermindern. Mit Injektionen könnten die Lockergesteine zusätzlich stabilisiert werden.

Die bautechnischen Herausforderungen beim Tagbautunnel im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier sind geprägt durch:

- _ das bestehende Gleis der SBB, welches anfangs mehr auf der Ostseite der geplanten Tunnelachse und am Ende auf der Westseite derselben liegt,
- _ die dichte Überbauung entlang dem Trasse,
- _ evtl. aufrecht zu erhaltende Querverbindungen (Alte Jonastrasse, Gemüsebrücke, Unterführung Hans Ratgebweg und Rütistrasse),
- _ die hohen Grundwasserspiegel und
- _ die stark unterschiedlich durchlässigen Lockergesteine sowie deren lockere Lagerung.

Abschnitt Kempraten - Tüchelweier

Die Unterkante des Tunnels im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier liegt zwischen 10 und 14 m unter heutigem Terrain und verläuft in den vorwiegend sehr locker gelagerten und meist kiesigen bis kiesig/sandigen Deltaablagerungen mit teils hoher Permeabilität. Der Wasserdruck auf die Tunnelsohle beträgt i.A. 0.6 bis 1 bar. Das Baugrubenkonzept, die Bemessung des Baugrubenabschlusses sowie die zu treffenden Massnahmen hinsichtlich Wasserhaltung im Bauzustand und die Bemessung für den Endzustand sind massgeblich durch die verschiedenen Varianten bezüglich Bahnbetrieb im Bau- und Endzustand geprägt.

Es sind auch die Auswirkungen hinsichtlich der Eingriffe ins Grundwasser zu beachten. Da der Tunnel den Grundwasserstrom mehr oder weniger senkrecht zur Strömungsrichtung quert und der Abfluss des Grundwassers in Richtung Zürichsee sowohl im Bau- wie auch im Endzustand zu gewährleisten ist, spielt der temporär oder permanent

unterbrochene Aquiferquerschnitt hinsichtlich der zu treffenden Massnahmen eine bedeutende Rolle.

Als Baugrubenabschluss steht – wegen der hohen Grundwasserspiegel und der grossen Durchlässigkeit bzw. der weitreichenden Grundwasserabsenkung – nur ein dichter Baugrubenabschluss zur Diskussion. Grundsätzlich sind mehrfach abgestützte überschnittene Bohrpfahl- oder Schlitzwände denkbar. Beide Varianten bieten ausführungstechnisch und hinsichtlich der Dichtigkeit in Abhängigkeit von den wechselhaften Baugrundverhältnissen Vor- und Nachteile, die es abzuwägen gilt. Innerhalb der Baugrube ist der Grundwasserspiegel mittels Filterbrunnen soweit abzusenken, damit der Aushub im Trockenen und ohne Grundbruchrisiken ermöglicht wird.

Anschluss Tüchelweier

Die geotechnischen Randbedingungen im Bereich des Anschlusses Tüchelweier sind deshalb schwierig, weil der gesamte Anschluss wie auch das Südportal des Tunnels im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier weitgehend in extrem weichen und nahezu wassergesättigten Seeablagerungen zu liegen kommen. Die dadurch bedingten (über 12 m) tiefen Baugruben bedürfen eines steifen und in der Regel mehrfach abgestützten Baugrubenabschlusses (Schlitz- oder Bohrpfahlwände mit überbohrten Pfählen) und im Ausfahrtsbereich im Endzustand einer permanenten Abstützung sowie einer dichten Bauweise. Wegen des hochliegenden Grundwasserspiegels ist mit entsprechenden Auftriebskräften zu rechnen, welche vor allem auch in den Ausfahrtsbereichen zu beachten sind. Das Felsrelief wird unruhiger verlaufen als in den Profilen dargestellt. Der Fels steigt gegen die Alte Jonastrasse hin bis nahe an die Terrainoberkante an und im Bereich des Anschlusses wird dieser in 16 bis 20 m Tiefe anzutreffen sein. Dort, wo der Fels hoch liegt und vor allem im Portalbereich des Tunnels im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier, wird die wünschbare Einbindung des Baugrubenabschlusses im Fels infolge der z.T. sehr harten Nagelfluhbänke entsprechend aufwändig. Die Bauverfahren sind auf die extrem unterschiedlichen Baugrundverhältnisse – weichste, wassergesättigte bindige Seeablagerungen und harter Fels – auszurichten. Zudem ist in den Lockergesteinen mit Steinen zu rechnen.

Fliessgewässer

Als weiteren Problempunkt gilt es den eingedolten Bach, welcher unmittelbar südlich der Alten Jonastrasse den Bahneinschnitt überquert, zu beachten. Dieser dürfte im Grenzbereich Lockergestein/Fels verlaufen und ist im Bauzustand provisorisch zu verlegen und im Endzustand über den Tunnel zu führen.

Abschnitt Tüchelweier -
Seedamm

Die geologisch-geotechnischen Hinweise sind bei dieser Variante analog zur Variante Ost.

Allgemeines

5.3.4 Variante «Direkt»

Die Variante Direkt umfasst drei Untervarianten bezüglich vertikaler Linienführung. Die hochliegende Variante durchfährt dabei im Bachschuttkegel der Jona die vorwiegend sandigen Deltaablagerungen bzw. die vorwiegend sandig-siltigen Seeablagerungen. Die tiefer liegenden Varianten fallen steiler ab (Gefälle 7 %) und verlaufen somit länger im Fels. Der Anstieg zum Kreisel Tüchelweier beträgt dann wieder 5 % bzw. 7 %. Die Trassees dieser beiden Untervarianten durchfahren im Bachschuttkegel der Jona die tieferliegenden tonig-siltigen Seeablagerungen sowie die Moräne.

Unsicherheiten Die angetroffenen Baugrundsichten dieser Variante sind vergleichbar mit den Verhältnissen bei der Variante «Mitte». Allerdings ist in diesem Fall die bergseitige Ausdehnung des Bachschuttkegels der Jona nicht genau bekannt. Die rein im Fels zu durchfahrende Strecke kann z.B. bei der hochliegenden Variante zwischen rund 550 m und 800 m lang sein.

Multimode-TBM Die bautechnische Herausforderung liegt in diesem Fall bei der Dimensionierung einer TBM, welche für den harten Fels sowie für die grundwasserführenden bzw. weichen Delta- und Seeablagerungen geeignet ist.

Grundwasserfassung Einen weiteren Problempunkt stellt die Grundwasserfassung "Hanfländer" dar, deren Grundwasserschutzzone S3 vom Tunnel durchquert wird. Bei der weiteren Verfolgung dieser Variante sind frühzeitig die für den Grundwasserschutz und die Fassung verantwortlichen Behörden in die Planung miteinzubeziehen, sodass ein bewilligungsfähiges Projekt entwickelt werden kann.

5.4 Besondere hydrogeologische Problemstellungen der Tunnelbauten
Grundwasserschutz Aus Gründen des Grundwasserschutzes sind Bauten unter den mittleren Grundwasserspiegel im Gewässerschutzbereich A_U und in der Schutzzone S3 nur in Ausnahmefällen gestattet, wobei die Durchflusskapazität nicht mehr als 10 % reduziert werden darf (sog. 10-%-Regel). Bei allen Varianten werden Teile des Tunnels mehrere Meter bis vollständig ins Grundwasser eintauchen. Massnahmen für Foundationen und Auftriebssicherungen erfordern zusätzliche Einbauten ins Grundwasser. Solche Bauten sind grundsätzlich gemäss der Gewässerschutzgesetzgebung (GSchG, GSchV) nicht zulässig. Deshalb sind spezielle Massnahmen zur Erhaltung der Durchflusskapazität (Düker, Ersatzmassnahmen) einzuplanen und mittels hydrogeologischen Untersuchungen die Einhaltung der Vorschriften nachzuweisen. Zudem sind gewässerschutzrechtliche Ausnahmegenehmigungen mit dem Nachweis der Standortgebundenheit und des öffentlichen Interesses zu begründen.

Grundwasserwärmenutzungen In der Nähe zu den geplanten Tunneltrassees sind Grundwasserwärmenutzungen aktenkundig. Es ist davon auszugehen, dass durch einen Tunnelbau mindestens zeitweise eine Beeinflussung der Zirkulationsverhältnisse stattfinden wird, wodurch die Nutzung beeinträchtigt werden kann. Weitere Untersuchungen und gegebenenfalls hydrogeologische Modellrechnungen können die allfällig notwendigen Massnahmen aufzeigen.

5.5 Prognosesicherheit und Wissenslücken
Schichtgrenzen Der Verlauf der Schichtgrenzen wurde in den Längenprofilen auf den Massstab 1:2'500/500 generalisiert, d.h. in Wirklichkeit ist mit einem unruhigeren Verlauf zu rechnen. Im Bereich Bahnhof Rapperswil liegen bereits viele Sondierbohrungen in unmittelbarer Nähe zum Projekt vor, sodass dort die Prognosegenauigkeit als gut eingestuft wird. Zwischen Tüchelweier und dem Anschluss Hüllistein sind weniger und oft weiter entfernte Bohrungen (50 - 200 m) vorhanden, sodass in diesen Zonen zwar der generelle Aufbau bekannt, die lokale Lage aber mit einer mittleren Unsicherheit verbunden ist.

Die Felsoberfläche wird deutlich unruhiger verlaufen, als in den Profilen dargestellt. Es ist im Projektperimeter bekannt, dass diese lokal sehr steil abfallen kann, sodass in Querprofilen mit einem relevanten Felsreliefunterschied zu rechnen ist. Des Weiteren sind die Sondierungen teilweise sehr weit projiziert, was zusätzliche Unsicherheiten birgt. Der Übergang der seekreideartigen Seeablagerungen zur Seekreide bzw. die genaue Lage der sandig-siltigen Seeablagerungen sind im Detail nicht bekannt.

Weiteres Vorgehen

Für die weitere Projektentwicklung sind projektspezifische Abklärungen erforderlich. Insbesondere sind spezifische Sondierungen zur Abklärung des Vorkommens von Seekreide und seekreideartigen Seeablagerungen und im Bereich der Seeablagerungen zur Zusammensetzung und Konsistenz (Wassergehalt) erforderlich. Der in situ Erkundung der Sedimenteigenschaften, insbesondere des Verformungsverhaltens, kommt eine hohe Bedeutung zu. Entsprechend ist ein etappiertes Vorgehen mit einem anfänglich groben Sondiergitter und einer spezifischen Detailerkundung (in-situ Versuche und Laborversuche) empfehlenswert.

6. Verkehrsplanung

6.1 Ausbaugrößen

Ausbaugrößen

In Anlehnung an die vorliegenden Genehmigungsprojekte aus den Jahren 2001 (Etappe 1) resp. 2004 (Etappen 2/3) wurden vom Kanton die im Anhang 3.1 dargestellten Vorgaben festgelegt. Sie beziehen sich auf folgende Aspekte:

- _ Projektierungsgeschwindigkeit
- _ Ausnahmetransporte
- _ Trassierung
- _ Sicherheit
- _ Spurabbau und -addition
- _ Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen
- _ Lichtraumprofil
- _ Normalprofil.

Es handelt sich dabei um Standardvorgaben. Weitere Optimierungen sind denkbar, wenn sich die Notwendigkeit in den folgenden Projektierungsschritten ergeben sollte.

Im Zusammenhang mit den speziellen innerstädtischen Verhältnissen sind Abweichungen von den normativen Vorgaben erforderlich, z.B. betreffend:

- _ max. Längsgefälle bei Rampen
- _ unterirdische Kreisel
- _ Spurabbau in Tunnels.

6.2 Verkehrliche Wirkung und Reduktion Variantenfelder

Verkehrliche Wirkung

Für insgesamt 14 verschiedene zum «Stadttunnel lang» alternative Varianten (Kapitel 2.2) wurde die verkehrliche Wirkung im durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) mit dem aktuellen Verkehrsmodell Obersee¹ für den Prognosehorizont 2030 abgeschätzt (Anhang 3.2). Dabei wurde auf die Berücksichtigung der Wirkung von flankierenden Massnahmen verzichtet. Es sollte ersichtlich bleiben, welche Verlagerungswirkung rein von den Tunnelvarianten ausgeht, damit werden sie besser vergleichbar. Der Zweck des Variantenstudiums war das Vergleichen möglicher Tunnellösungen hinsichtlich einer optimalen verkehrlichen Entlastung des Stadtzentrums von Rapperswil-Jona. Es ist festzuhalten, dass in diesem Schritt die technische Machbarkeit und die genaue Festlegung aller möglichen Abbiegerbeziehungen nicht für alle untersuchten Varianten geprüft wurden. Diese Aufgaben wurden anschliessend nur für die vertieft bearbeiteten Varianten durchgeführt.

Erkenntnisse

Die Modellrechnungen haben folgende Erkenntnisse geliefert:

- _ Jede der Variantenfamilien Ost, Mitte und Direkt zeigt eine deutliche Entlastung der Innenstadt, insbesondere im Bereich Untere Bahnhofstrasse, Neue Jonastrasse und Zürcherstrasse. Mit einem prognostizierten Verkehrsvolumen von ca. 13'000 – 19'000 Fahrzeuge pro Tag im Jahr 2030 werden die 2-spurigen Tunnelvarianten im Gegenverkehr eine deutliche Verlagerung der heutigen Verkehrsströme bewirken.

¹ Aktualisierung 2015 des Verkehrsmodells Obersee 2011 für die Agglomerationsprogramme der 3. Generation

- _ Um eine zu hohe Auslastung des Tunnels zu verhindern, soll der Tunnel eine künftige Belastung unter 20'000 Fahrzeuge pro Tag aufweisen. Für die Sicherstellung der vollständigen Tunnelkapazität müssen potenziell kapazitätsreduzierende Elemente wie unterirdische Kreisel und Anschlussknoten später noch genauer untersucht werden.
- _ Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass sich ein Portal am Bahnhof hinsichtlich der grossräumigen verkehrlichen Auswirkungen nur unwesentlich von einem Portal an der Güterstrasse unterscheidet. Bei der Evaluierung des möglichen Portalstandorts werden entsprechend andere Kriterien wie beispielsweise die städtebaulichen Aspekte, die entstehenden Baukosten oder die Führung des Fuss-, Rad- und öffentlichen Verkehrs von zentraler Bedeutung sein.
- _ Kurze Varianten des Stadttunnels haben eine deutlich geringere Entlastungswirkung sowie weitere bauliche Eingriffe in die Stadt zu Folge und sollen daher nicht weiterverfolgt werden.

Hauptvarianten

Vor diesem Hintergrund wurde von den beteiligten Gremien entschieden, jeweils eine lange Hauptvariante aus den drei Familien weiter zu untersuchen (vgl. Kapitel 2.2, Variantentwicklung):

- _ Variante «Ost»: Portal Hüllistein - Vollanschluss Jona - Portal Güterstrasse
- _ Variante «Mitte»: Portal Hüllistein - Vollanschluss Kempraten - Vollanschluss Tüchelweier - Portal Seedamm
- _ Variante «Direkt»: Portal Hüllistein - Portal/Anschluss Tüchelweier ohne Zwischenanschluss, oberirdische Linienführung vom Tüchelweier via Güterstrasse bis Seedamm

Variante «Mitte»

Die Variante «Mitte» wird in 3 Abschnitte unterteilt:

- _ Abschnitt Hüllistein - Kempraten²
- _ Abschnitt Kempraten - Tüchelweier³
- _ Abschnitt Tüchelweier - Seedamm⁴

Die Linienführung des Abschnitts Kempraten - Tüchelweier war bereits 2004 (Genehmigungsprojekt) unter dem Trasse der heutigen S7 geplant. Der Abschnitt Tüchelweier - Seedamm war im Genehmigungsprojekt resp. ist in dieser Variante «Mitte» unterirdisch vorgesehen.

Ober- oder unterirdische Linienführung zwischen Tüchelweier und Seedamm möglich

In der Variante Direkt wird die Strasse auf dem Abschnitt Tüchelweier – Seedamm im Sinne der vom Stadtrat gewünschten Kosten- und Risikooptimierung oberirdisch geführt. Grundsätzlich ist jedoch auch denkbar, diesen Abschnitt wie im Genehmigungsprojekt resp. der Variante «Mitte» in einen Tunnel zu verlegen resp. umgekehrt bei der Variante «Mitte» bis Tüchelweier auch oberirdisch zu fahren. Die grossräumigen verkehrlichen Wirkungen dieser beiden Linienführungen unterscheiden sich nicht, weswegen in den vorliegenden Machbarkeitsuntersuchungen beide Untervarianten bezüglich bautechnischer und umweltrechtlicher Machbarkeit untersucht werden. Für den Entscheid, ob eine unter- oder oberirdische Linienführung zweckmässiger ist braucht es

² Entspricht Etappe 2 des bisherigen Genehmigungsprojektes aus dem Jahr 2004

³ Entspricht Etappe 3 des bisherigen Genehmigungsprojektes aus dem Jahr 2004

⁴ Entspricht Etappe 1 des bisherigen Genehmigungsprojektes aus dem Jahr 2001

weitere Grundlagen. Diese werden von der Stadt in einer parallelen «Städtebaulichen und verkehrlichen Studie zum Raum Bahnhof – Güterstrasse»⁵ erarbeitet. Die kleinräumigen Verkehrsverlagerungen im Raum Bahnhof, Güterstrasse, Neue Jonastrasse, Cityplatz sind neben der gewählten Linienführung auch stark von den flankierenden Massnahmen und den lokalen Erschliessungsrouten abhängig. Auch diese werden im Rahmen der erwähnten Studie untersucht.

6.3 Leistungsfähigkeiten

Anschlussknoten

Die Leistungsfähigkeit der Anschlussknoten in den drei Varianten wurde mittels statischer Berechnungen in der Abendspitzenstunde beurteilt. Basierend darauf wurden die Anzahl Spuren sowie die Knotenform zuhanden der Projektierung festgelegt. Neben dem Prognosehorizont 2030 aus dem Verkehrsmodell Obersee wurde mittels einer pauschalen Erhöhung der Verkehrsmengen um 15% auch ein möglicher späterer Zustand mit zusätzlichem Verkehrswachstum berücksichtigt. Die Interaktion mit Fussgängern, Velofahrenden und eine ÖV-Priorisierung ist in allen Grobbeurteilungen noch nicht berücksichtigt und müsste bei leistungskritischen Knoten später im Detail untersucht werden.

VQS C ausreichend

Die Leistungsfähigkeit wurde als ausreichend betrachtet, wenn die Verkehrsqualitätsstufe (VQS) C gemäss SN 640 023 für Knoten mit LSA und 640 024a⁶ für Kreisel erreicht wird.

Anschlüsse Variante «Mitte»

Die Anschlüsse in Hüllistein und Kempraten gemäss Genehmigungsprojekt 2004 wurden nicht weiter auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht. Beim Portal Seedamm wird mit Ausnahme von einem Zubringer ins Bahnhofsareal der ganze Verkehr in den Tunnel geführt, weswegen eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit nicht notwendig ist. Auch der Anschluss Tüchelweier wurde im Genehmigungsprojekt 2004 bereits aufgrund von Überlegungen zur Leistungsfähigkeit dimensioniert und war nicht Gegenstand von weiteren Vertiefungen. Er ist bisher als zweistöckiger Knoten vorgesehen, bei welchem der Durchgangsverkehr im Tunnel unter dem Knoten hindurchführt und nur die Anschlussbeziehungen auf die Neue Jonastrasse auf einem oberirdischen zweistreifigen Kreisel abgewickelt werden sollen. Analog könnte der Knoten auch bei der Variante Direkt aussehen. Die Dimensionierung und das Layout dieses Anschlusses sind im weiteren Verlauf der Arbeiten jedoch noch vertiefter zu untersuchen, da sich mit der Umsetzung des Betriebs- und Gestaltungskonzepts Neue Jonastrasse / St. Gallerstrasse eine neue Ausgangslage ergibt und die Ausgestaltung auch abhängig ist von den noch zu definierenden flankierenden Massnahmen. Der Knoten ist für die Bus-Priorisierung wie auch für die Querung von Fussgängern und Velofahrenden zu optimieren.

Vollanschluss Jona

Neue Erkenntnisse aus den Leistungsfähigkeitsrechnungen konnten aber insbesondere für den erstmals untersuchten Anschluss Jona in der Variante Ost gewonnen werden.

⁵ Arbeiten per Ende Juni 2017 noch nicht abgeschlossen, weswegen hier noch keine Erkenntnisse beschrieben werden können.

⁶ Zur Beschreibung der Verkehrsqualität werden in der Verkehrstechnik sechs Stufen verwendet (Grundnorm SN 640 017). Stufe C bedeutet "Der Verkehrszustand ist in jedem Fall stabil, aber die Beeinträchtigungen der Verkehrsteilnehmer untereinander nehmen zu. Das individuelle Fahrverhalten hängt nun in stärkerem Mass von dem Fahrverhalten der anderen Strassenbenutzer ab."

Damit eine VQS C eingehalten werden kann, braucht es zwei Kreisel mit Bypässen in resp. aus dem Tunnel: beim Anschluss an die St. Gallerstrasse oberirdisch, beim Anschluss an den Tunnel unterirdisch. Der Kreisel zum Anschluss an die St. Gallerstrasse ist sehr gross und städtebaulich schwierig zu integrieren. Eine Busbevorzugung wird ohne LSA Steuerung schwierig umzusetzen sein. Durch die bestehende Bahnbrücke sowie ein denkmalgeschütztes Gebäude (Villa Grünfels) besteht wenig räumlicher Handlungsspielraum am Anschlusspunkt.

Untervarianten Anschluss Jona

Um den Platzbedarf des Anschlusses zu minimieren, wurden verschiedene andere Varianten des Anschlusses geprüft, unter anderem auch ein Halbanschluss Jona von/nach Seedamm oder ein direkter Anschluss des (unterbrochenen) Tunnels an die St. Gallerstrasse. Der direkte Anschluss ist baulich mit sehr vielen Risiken behaftet und ebenfalls sehr platzintensiv, weshalb er verworfen wurde. Ein Halbanschluss würde nur geringfügig kleiner ausfallen, ist daher städtebaulich weiterhin schwierig integrierbar und bezüglich der ÖV-Priorisierung herausfordernd. Da ein Halbanschluss nicht wesentliche Vorteile bringt, wurde er in Abstimmung mit den Gremien aber wieder verworfen.

Knoten Hüllistein

Im Hüllistein sieht das Genehmigungsprojekt resp. die Variante Mitte eine Lichtsignalanlage mit Bypässen vor. Die beiden Varianten Ost und Direkt hingegen werden mittels eines einstreifigen Kreisels direkt in die Rütistrasse eingebunden. Auch dieser Knoten ist bezüglich Lage und Layout noch optimierbar.

6.4 Flankierende Massnahmen

Flankierende Massnahmen

Die Verkehrsmodellrechnungen wurden wie oben ausgeführt ohne Berücksichtigung von flankierenden Massnahmen gemacht. Diese werden im Rahmen der laufenden «Städtebaulichen und verkehrlichen Studie Bahnhof Rapperswil-Güterstrasse» derzeit noch untersucht. Um die Kosten dafür trotzdem berücksichtigen zu können, wurden einfache Annahmen über die umzugestaltende Länge von entlasteten Strassenabschnitten getroffen und mit einem Laufmeterpreis multipliziert. Die effektive Ausgestaltung von flankierenden Massnahmen muss in den Folgeschritten für die ausgewählte(n) Tunnelvariante(n) vertieft werden. Es ist davon auszugehen, dass auf der Neuen Jonastrasse nach Umsetzung des Betriebs- und Gestaltungskonzepts keine weiteren baulichen Massnahmen erforderlich sind, weshalb der Abschnitt von Jona bis Cityplatz für die grobe Kostenschätzung nicht berücksichtigt wird.

7. Variantenbeschrieb

7.1 Variante «Ost»

Übersicht

Diese Variante beinhaltet einen Tunnel zwischen der Rütistrasse (Anschluss Hüllistein) und der Güterstrasse in der Nähe des Bahnhofs Rapperswil mit einem Vollanschluss in Jona.

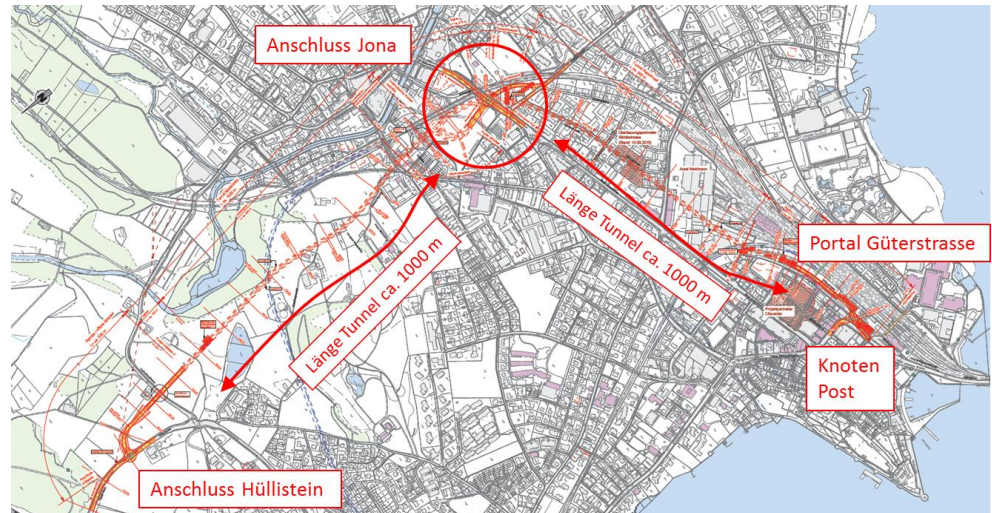


Abbildung 5: Situation Variante Ost (Auszug aus Planbeilage 04-11)

Portal Hüllistein – Anschluss Jona

Von der Autobahn A53 ist die Tunnelzufahrt über einen Kreisel in der Rütistrasse vorgesehen. Der neue zweispurige Abschnitt (Gegenverkehr) vom Kreisel in der Rütistrasse bis zum unterirdischen Kreisel Grünfels in Jona hat eine Länge von rund 1'300 m (davon ca. 1'000 m im Tunnel).

Anschluss Jona

Der Vollanschluss Jona besteht aus einem unterirdischen Kreisel (Anschluss an den Tunnel) und einem oberirdischen Kreisel (Anschluss an die St. Galler- und an die Eichfeldstrasse). Die beiden Kreisel sind über eine 180 m lange Rampe mit 8% Gefälle miteinander verbunden. Informationen über die Leistungsfähigkeit des Knotens sind Kapitel 6.3 zu entnehmen.

Anschluss Jona - Portal Güterstrasse - Knoten Post

Die Länge des zweiten Streckenabschnitts zwischen Kreisel Grünfels und Portal in der Güterstrasse beträgt ca. 1'200 m. Davon liegen ca. 1000 m im Tunnel, der bei ca. km 2'400, kurz vor dem Portal, das Trasse der S7 unterquert. Der Anschluss zum Seedamm oder in die Innenstadt erfolgt über eine ca. 260 m lange Rampe und den Knoten Post.

7.2 Variante «Mitte»

Übersicht

Die Variante Mitte entspricht in summa den drei Etappen der bisherigen kantonalen Genehmigungsprojekte. Das Projekt wurde für die vorliegende Studie unverändert übernommen (Abbildung 6); Es entspricht in der Bearbeitungstiefe einem Bauprojekt.

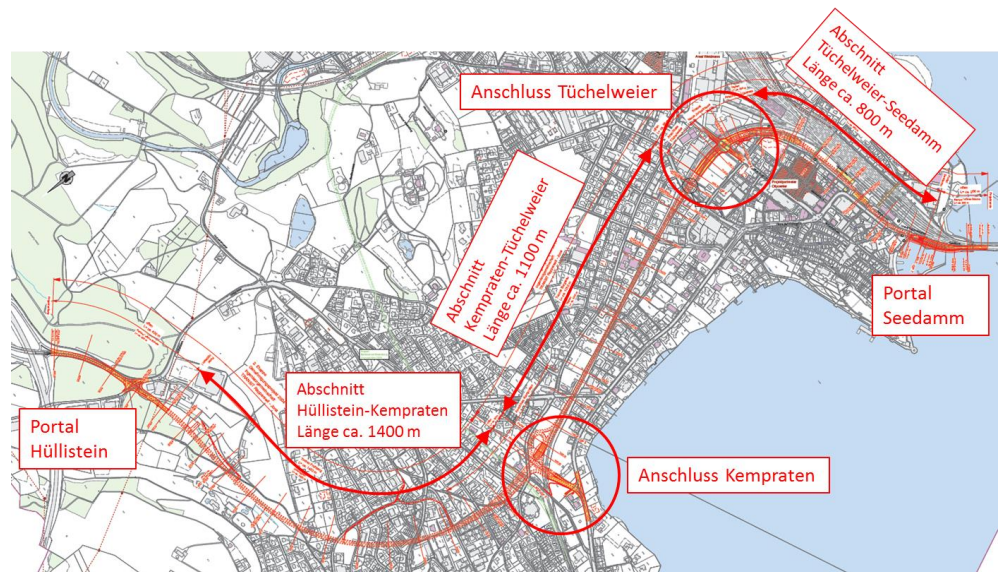


Abbildung 6: Situation Variante Mitte (aus Planbeilage 04-21)

Abschnitt Hüllistein-Kempraten	Der längste Abschnitt der Variante Mitte liegt zwischen dem Anschluss Engelhölzli (Portal Hüllistein) und dem Anschluss Kempraten. Rund 1'400 m davon verlaufen im dreispurigen Untertagbautunnel.
Abschnitt Kempraten-Tüchelweier	Der mittlere Abschnitt verbindet die Anschlüsse Tüchelweier und Kempraten. Der doppelspurige Tagbautunnel hat eine Länge von ca. 1'100 m und verläuft unterhalb des Trassees der SBB-Linie S7. Rund 60 m beim Anschluss Kempraten werden offen geführt.
Abschnitt Tüchelweier-Seedamm	Dieser Abschnitt umfasst das unterirdische Teilstück vom Anschluss Tüchelweier bis zum Seedamm. Der ca. 800 m lange, grösstenteils zweispurige Tunnel im Gegenverkehr verläuft grösstenteils im Bereich der Güterstrasse und endet beim Portal Seedamm, in der heutigen unteren Bahnhofstrasse.

7.3 Variante «Direkt»

Übersicht	Die Variante beinhaltet einen doppelspurigen Tunnel von ca. 1'700 m Länge zwischen dem Anschluss Hüllistein und dem Anschluss Tüchelweier. Von dort führt eine oberirdische Verbindung zum Anschluss Post und weiter zum Seedamm.
-----------	---

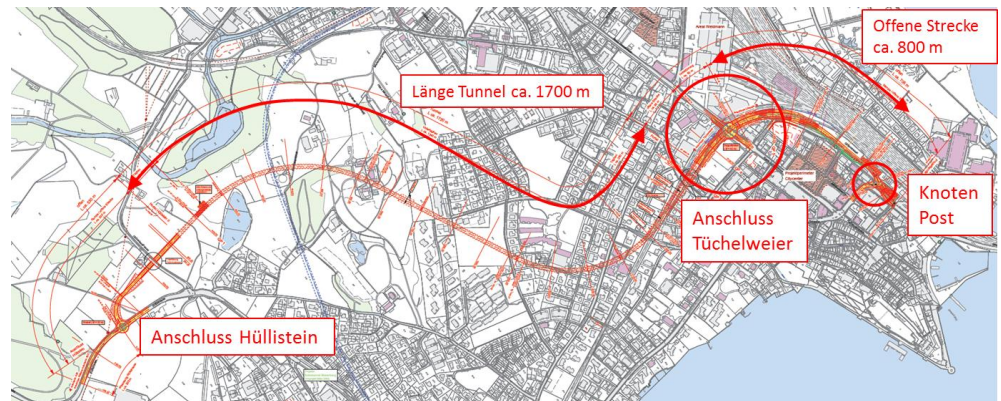


Abbildung 7: Situation Variante Direkt (aus Planbeilage 04-31)

Portal Hüllistein - Tüchelweier

Analog zur Variante Ost erfolgt die Tunnelzufahrt von der Autobahn A53 her über einen Kreisell in der Rütistrasse. Der zweisepurige, ca. 1'700 m lange Tunnelabschnitt (Gegenverkehr) verbindet das Portal Hüllistein mit dem Anschluss Tüchelweier, wobei ab ca. km 1'800 das Trasse der SBB-Linie S7 unterquert wird, bevor eine Aus-/Einfahrtsrampe zum Kreisell Tüchelweier auf der Neuen Jonastrasse führen.

Anschluss Tüchelweier

Die Anbindung der Umfahrungsstrasse an die Neue Jonastrasse erfolgt über einen oberirdischen Knoten Tüchelweier. Dieser liegt über der neuen Entlastungsstrasse, die genaue Knotenform ist noch zu bestimmen. Die Breite der bestehenden Brücke über die SBB-Linie ist hierzu nicht mehr ausreichend. Die Brücke ist durch einen Neubau zu ersetzen.

Tüchelweier - Knoten Post

Im Vergleich zur Variante Mitte wird der Abschnitt zwischen dem Anschluss Tüchelweier und dem Seedamm in der Variante Direkt oberirdisch geführt. Nach der Unterquerung des Knotens Tüchelweier führt eine Rampe mit 5 % Neigung auf das Niveau der heutigen Güterstrasse. Der Knoten Post sowie die Anbindung an den Seedamm sind gleich ausgebildet wie bei Variante Ost.

8. Tunnelausrüstung

8.1 Tunnellüftung

Die Notwendigkeit einer mechanischen Tunnellüftung oder Rauchabsaugung und die Anforderungen an Fluchtwege bestimmen einerseits das Normalprofil und andererseits auch massgebend die Investitions- und Betriebskosten. Anhand der Richtlinien des Bundesamtes für Strassen ASTRA wurde das Lüftungs- und Fluchtwegkonzept bestimmt.

Der Bericht Tunnellüftung (Anhang 2) zeigt die wesentlichen Aspekte der benötigten Fahrraumlüftung und Lüftung des Werkleitungskanals für die Varianten Ost und Direkt. Weiter wird darin auf den Einfluss des geplanten unterirdischen Kreisels für die Variante Ost eingegangen. Variante Mitte basiert weiterhin auf dem Genehmigungsprojekt 2004.

8.2 BSA

Im Bericht BSA (Anhang 1) werden die wesentlichen Aspekte und Grundsatzüberlegungen für die elektromechanische Ausrüstung der Varianten Ost und Direkt aufgeführt, sowie weitere Informationen zu Ausstattungen und Dimensionen. In den nachfolgenden Abbildungen 8 und 9 wird schematisch die Platzierung der Zentralen bei den Varianten Ost und Direkt aufgezeigt.

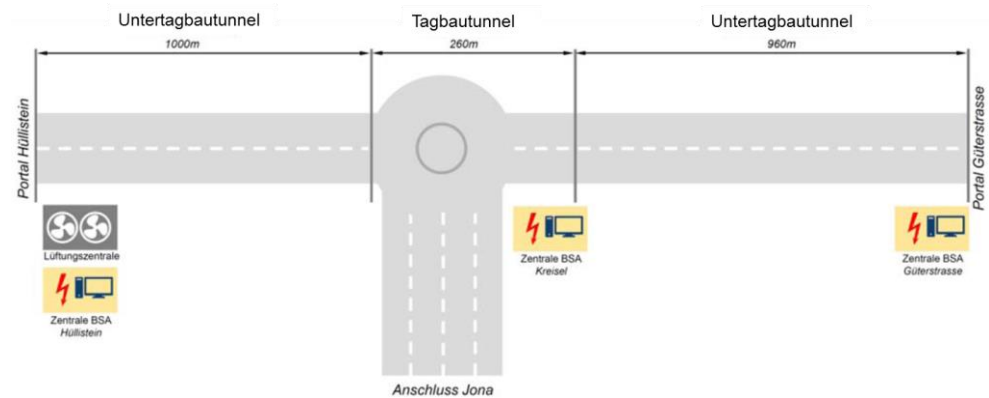


Abbildung 8: Schematische Darstellung / Platzierung der Zentralen Variante Ost

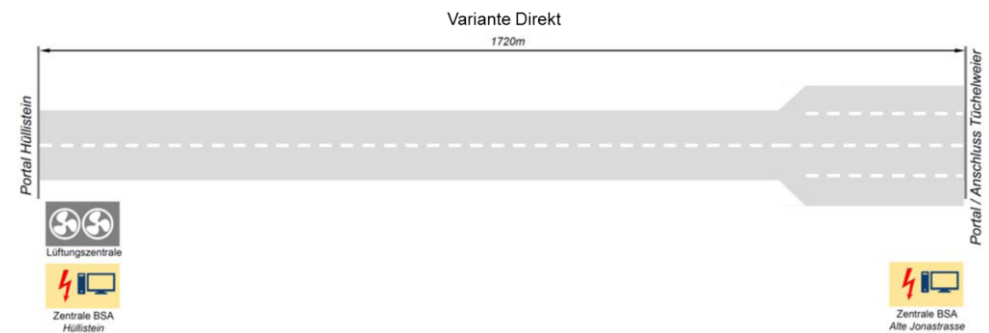


Abbildung 9: Schematische Darstellung / Platzierung der Zentralen der Variante Direkt

8.3 Sicherheitskonzept

Nach der Norm SIA 197/2 (2004) Strassentunnel sind Bauteile zur Sicherheit der Nutzer in Tunneln ab einer Länge von 300 m vorzusehen. Diese Bauteile umfassen z.B. Nischen, Ausstellbuchten und Fluchtwege aus dem Fahrraum.

Nischen

Die Nischen für die SOS-Ausrüstung sind alle 150 m wechselseitig, die Hydranten in Abständen von 150 m einseitig anzuordnen.

Ausstellbuchten

In den Tunnelabschnitten sind alle 600 bis 900 m gegenüberliegende Ausstellbuchten erforderlich.

Bei der Variante Ost werden beidseitige Ausstellbuchten vor- und nach dem Anschluss Jona vorgesehen (Untertagbau), sowie eine einseitige Ausstellbucht beim Anschluss Jona (Tagbau).

Bei der Variante Direkt sind nur beidseitige Ausstellbuchten ca. in der Mitte des 1'720 m langen Tunnels vorgesehen.

Die optimalen Standorte der Ausstellbuchten sind in der weiteren Projektentwicklung zu bestimmen.

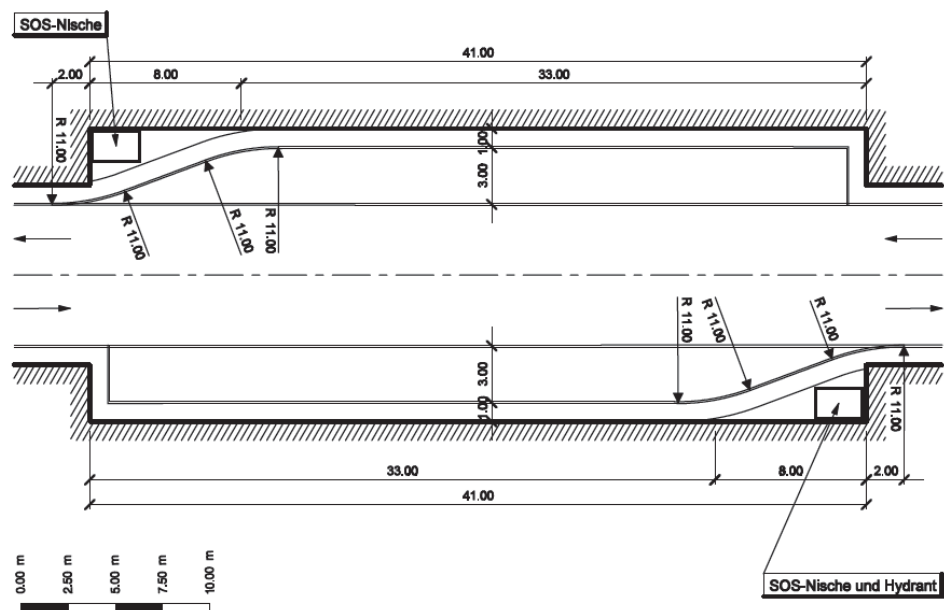


Abbildung 10: Geometrie und sicherheitstechnische Ausrüstung einer Ausstellbucht (SIA 197/2)

Fluchtwege

Die Fluchtwege aus dem Fahrraum werden in regelmässigen Abständen auf einer Seite erstellt. Das Konzept sieht Abgänge aus dem Fahrraum in den begehbaren und belüfteten Werkleitungskanal unterhalb der Fahrbahn vor. Der maximale Abstand der Fluchtwege in Untertagbautunnels ist von der Längsneigung des Tunnels abhängig und beträgt zwischen 300 und 500 m. (sh. SIA 197/2 und Abbildung 11). Für die Varianten bedeutet dies:

- _ Variante Ost: 7 Notausgänge mit max. Abstand von 300 m (Längsneigung mehrheitlich 5 %)
- _ Variante Direkt: 5 Notausgänge mit max. Abstand zwischen 300 und 500 m (Längsneigungen zwischen 0.5 und 5.0 %).

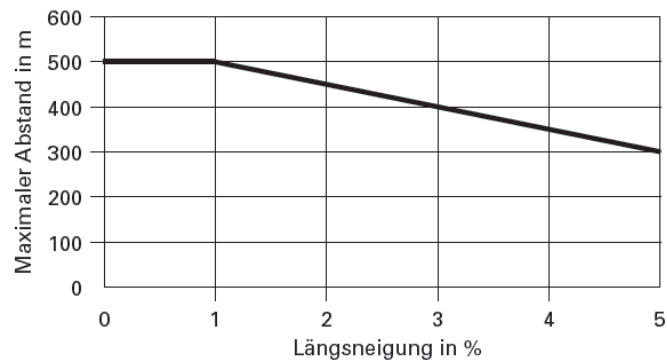


Abbildung 11: Maximaler Abstand der Notausgänge bei einröhriigen Tunnels (SIA 197/2)

Weitere Einrichtungen

Der Tunnel wird mit einer Löschwasserleitung und Hydranten ausgerüstet. Die Fahrbahntwässerung erfolgt über die Schlitzrinne in die syphonierte Schmutzwasserleitung. In teilabgedichteten Tunnelabschnitten (Regenschirmabdichtung) sind für den Unterhalt der Gewölbedrainagen in regelmässigen Abständen beidseitig Unterhaltsnischen vorzusehen.

9. Umweltrechtliche Beurteilung

9.1 Grundlagen

Seit vielen Jahren werden Tunnellösungen zur Verkehrsentlastung von Rapperswil-Jona diskutiert. Dementsprechend wurden auch schon umfangreiche Umweltabklärungen getätigt.

Als wichtigste Dokumente sind diesbezüglich zu erwähnen:

- _ Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) zum Genehmigungsprojekt über alle drei Etappen: Bahnhof, Burgerau und Froberg, Basler & Hofmann, datiert vom 06.05.2004, entspricht Variante Mitte im vorliegenden Projekt.
- _ Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) zum Genehmigungsprojekt Etappe 1+, Linienführung Sonnenhof Süd, Basler & Hofmann, datiert vom 31.07.2010.
- _ UVB-Voruntersuchung mit Pflichtenheft zum SBB-Teilprojekt der Verkehrsentlastung Rapperswil-Jona, Basler & Hofmann, datiert vom 04.10.2011

Weiter wurden konsultiert:

- _ Bericht Umwelt zu einer Portallage in Hurden, Basler & Hofmann, datiert vom 04.05.2016 (siehe Anhang 4): Basierend auf diesem Bericht wurde die Portallage Hurden aus umweltrechtlichen Gründen nicht mehr weiterverfolgt.
- _ Altlastabklärungen im Perimeter der Verkehrsentlastung Rapperswil-Jona, vertraulicher Bericht Basler & Hofmann, datiert vom 10.02.2004.
- _ Technische Altlastuntersuchung im Bahnhofareal der SBB, Pool 0158 Rapperswil, Basler & Hofmann, datiert vom 04.02.2005.
- _ Stellungnahme Amt für Kultur, Archäologie, zur Bedeutung des römischen Dorfes (Vicus) in Kempraten, 21.02.2017 (Anhang 5.7).
- _ ISOS, Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz: Rapperswil, national geschützt (2006), Jona, kommunal geschützt (1974).
- _ GIS-Umweltkarten des Kantons St.Gallen (www.geoportal.ch)
 - Gewässerschutzkarte
 - Grundwasserkarte
 - Kataster belasteter Standorte, KbS
 - Waldstandorte
 - Fruchtfolgeflächen, FFF
 - Naturschutzinventar Bund und Kanton St.Gallen
 - Schutzverordnung, kantonale Darstellung
 - Schutzverordnung, kommunale Darstellung.
- _ GIS-Umweltkarten des Bundes (www.map.geo.admin.ch)
 - UNESCO-Welterbe Kulturstätten.
- _ Akteneinsicht in KbS-Standorte im Perimeter der Varianten des Stadttunnels beim AFU Kanton St.Gallen am 26.04.2017.

9.2 Umweltrechtlicher Stellenwert

Der Stadttunnel unterliegt aufgrund von Ziffer 11.2 "Hauptstrassen, die mit Bundeshilfe ausgebaut werden" des Anhangs der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) der UVP-Pflicht. Bei Ziffer 11.2 Anhang UVPV muss im massgeblichen Verfahren auch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) angehört werden. Grundlage der

Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bildet der Umweltverträglichkeitsbericht (UVB), welcher die Umweltauswirkungen des Stadttunnels und die erforderlichen Massnahmen zum Schutz der Umwelt aufzeigt. Die UVP bzw. die Erarbeitung des UVB erfolgen auf Stufe Genehmigungs-/Auflageprojekt.

Die jetzigen Umweltabklärungen beziehen sich auf die Stufe Machbarkeit. Die umweltrechtliche Genehmigungsfähigkeit der drei untersuchten Varianten können auf dieser Projektierungsstufe noch nicht abschliessend geklärt werden. Jedoch ist es das Ziel, allfällige Konflikte im Umweltbereich aufzuzeigen.

Für das Genehmigungsprojekt 2004 wurde von Basler & Hofmann ein Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) erarbeitet. Allerdings liegt zu diesem UVB noch keine Beurteilung des Amtes für Umwelt und Energie (AFU) und des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) vor. Es wird in diesem Planungsstand davon ausgegangen, dass die Aussagen des UVB auch für die neue Variante Mitte, gelten. Allerdings gelten heute neue rechtliche Vorgaben zur Beurteilung der Umweltauswirkungen, welche es zu berücksichtigen gilt.

9.3 Im Variantenstudium relevante Umweltbereiche

Die Umweltbereiche Gewässer, Altlasten und Denkmalpflege/Archäologie haben sich als relevant herauskristallisiert (vgl. nachfolgende Relevanzmatrix).

Relevanzmatrix
Stadttunnel

Relevante Umweltbereiche im Variantenstudium	Natur- und Landschaftsschutz	Wald	Gewässer	Störfallvorsorge	Altlasten	Abfälle	Boden	Luft	Lärm	Erschütterungen Körperschall	Denkmalpflege Archäologie
Variante Ost	-	-	o	-	o	-	-	-	-	-	o
Variante Mitte	-	-	o	-	o	-	-	-	-	-	o
Variante Direkt	-	-	o	-	o	-	-	-	-	-	-

Legende:

- nicht relevant bzw. fürs Variantenstudium nicht relevant
- o relevant und im Technischen Bericht behandelt

Bemerkungen zur Relevanzmatrix:

Natur- und Landschaftsschutz (Anhang 6.1):

Im Perimeter der drei Varianten sind keine nationalen und kantonalen Schutzgebiete verzeichnet. Im Hüllstein sind kommunale Schutzgebiete, primär Feuchtgebiete, eingetragen. Diese kommunalen Objekte sind für die Variantenwahl nicht von Bedeutung. Sie liegen auch nicht direkt im Bereich der Linienführung.

Wald (Anhang 6.2):

Bereits der UVB 2004 zum Genehmigungsprojekt hat gezeigt, dass im Hüllstein Waldflächen definitiv und temporär beansprucht werden. Auch die beiden anderen Varianten werden im Hüllstein Wald beansprucht. Der Bereich Wald ist für den Variantenentscheid jedoch nicht von Relevanz. Für definitive Rodungen ist Ersatz zu leisten.

Fruchtfolgefleichen (Plan in Anhang 6.3):

Von keiner der drei Varianten werden Fruchtfolgefleichen beansprucht.

9.4 Gewässerschutz

Alle drei untersuchten Tunnelvarianten kommen auf rund einem Kilometer Länge in den Gewässerschutzbereich A_U zu liegen (siehe nachfolgende Tabelle bzw. Plan in Anhang 6.4), das heisst Gebiete mit nutzbaren Grundwasservorkommen. Die Variante «Direkt» verläuft zusätzlich noch auf 184 m Länge in der rechtskräftig ausgeschiedenen Grundwasserschutzzone S3 der Grundwasserfassung "Hanfländer". Alle drei Varianten verlaufen jedoch nicht in engeren Grundwasserschutzzonen (S1, S2) und auch nicht in Grundwasserschutzarealen. Die Varianten «Ost» und «Mitte» tangieren zusätzlich den zum Schutz des Zürichsees ausgeschiedenen Gewässerschutzbereich A_O, teilweise überlagert vom Gewässerschutzbereich A_U. Die Variante «Ost» führt noch 234 m durch den Gewässerschutzbereich A_O der Jona.

Varianten	Ost	Mitte*	Direkt
Übriger Bereich	334 m	1'346 m	584 m
Bereich A _O	686 m	1'570 m	0 m
Bereich A _U	1'195 m	916 m	940 m
Grundwasserschutzzone S3	0 m	0 m	184 m
Totallänge Tunnel	2'215 m	3'426 m	1'708 m

*406 m befinden sich im A_U und A_O und sind demzufolge doppelt aufgeführt.

Grundsätzlich ist ein Tunnel in den Gewässerschutzbereichen A_U und A_O, als auch in der weiteren Grundwasserschutzzone S3 unter Auflagen bewilligungsfähig. Gemäss Gewässerschutzgesetzgebung (Anhang 4 Ziffer 211 Gewässerschutzverordnung, GSchV) dürfen im A_U und S3 keine Bauten und Anlagen erstellt werden, welche unter den mittleren Grundwasserspiegel reichen. Die Behörden können Ausnahmen bewilligen, wobei die Durchflusskapazität um maximal 10 % verringert werden darf. Der sogenannte Umströmungsnachweis inklusive allfällige Massnahmen zur Erhöhung der Durchflusskapazität (Düker) ist im Genehmigungs-/Auflageprojekt zu erbringen. Es ist eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung nach Art. 32 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) erforderlich.

Für die Bauphase gelten die Bestimmungen für den Untertagebau der Wegleitung Grundwasserschutz des BAFU. Injektionen und andere Bauhilfsmassnahmen sind nur zulässig, wenn die eingesetzten Stoffe keine Gefährdung der Grundwasserqualität verursachen. Zudem sind solche Massnahmen im Gewässerschutzbereich A_U und in der Grundwasserschutzzone S3 nur zur Stabilisierung des nicht wassergesättigten Untergrundes zulässig.

9.5 Altlasten (Kataster belasteter Standorte, KbS)

Im Perimeter der drei Tunnelvarianten sind folgende KbS-Standorte verzeichnet (vgl. auch Plan in Anhang 6.5):

Belastete Standorte, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig

- _ KbS 3340B0079, Güterstrasse 14: Variante Ost, Variante Mitte, Variante Direkt.
- _ KbS 3340B0077, Bahnhofplatz: Variante Ost, Variante Mitte, Variante Direkt.
- _ KbS 3340B0094, Lüssiwies: Variante Ost.
- _ KbS 3340A1047, Belsitostrasse: Variante Mitte.

Untersuchungsbedürftige, noch nicht nach Altlastenverordnung (AltIV) klassierte Standorte

- _ KbS 3340B012404, Untere Bahnhofstrasse 4, Chemische Reinigung: Knoten Post, Variante Ost, Variante Direkt.
Basierend auf den bereits vorliegenden Abklärungen und Untersuchungen (Historische und Gastechische Untersuchungen) ist eine Verunreinigung des Untergrundes bzw. des Grundwassers mit chlorierten Kohlenwasserstoffen möglich. Ergänzende technische Untersuchungen zur Abklärung des Belastungsverdachts sind notwendig, damit eine abschliessende altlastrechtliche Klassierung vorgenommen werden kann.
- _ KbS 3340B116009, Fluhstrasse 30, Gerberei: Anschluss Kempraten, Variante Mitte
Die durchgeführten Altlastabklärungen (Historische Untersuchungen) und ein auf dem Areal ausgeführtes Bauprojekt haben gezeigt, dass mit Schadstoffbelastungen am Standort gerechnet werden muss. Die altlastrechtliche Klassierung des Areals durch die Behörde ist zurzeit noch ausstehend.

Für alle KbS-Standorte im Perimeter des Stadttunnels ist bis zum Genehmigungs-/Auflageprojekt der Nachweis zu erbringen, dass Art. 3 der Altlastenverordnung (AltIV) eingehalten wird. Das heisst der Stadttunnel darf nicht dazu führen, dass die Standorte sanierungsbedürftig werden bzw. eine spätere Sanierung der Standorte darf nicht wesentlich erschwert werden.

9.6 Archäologie, Denkmalpflege

Im Perimeter der drei Varianten sind diverse archäologische Zonen und Objekte der Denkmalpflege verzeichnet (siehe auch Plan in Anhang 6.6).

Archäologische Zone Römische Kleinstadt (Vicus) im Perimeter Anschluss Kempraten Variante Mitte:

In Kempraten befinden sich die Überreste einer römischen Kleinstadt (Vicus). Dieser Sachverhalt war bereits im UVB zum Genehmigungsprojekt 2004 bekannt. Es handelt sich um die grösste und bedeutendste römische Siedlung im Kanton St.Gallen. In Anhang 6.7 ist der aktuelle Stand des Wissens von der Fachstelle Archäologie des Amtes für Kultur des Kantons St.Gallen beschrieben. Dieser Beschrieb enthält auch einen Plan mit der räumlichen Ausdehnung dieser Kleinstadt. Das gesamte Gebiet ist sowohl im kantonalen Richtplan als auch in der kommunalen Schutzverordnung als archäologisches Schutzgebiet ausgewiesen. Es ist aber auch als Bauzone ausgeschieden, so

dass ein Anschluss Kempraten des Stadttunnels bewilligungsfähig ist. Allerdings muss der Fachstelle Archäologie vorgängig die Gelegenheit eingeräumt werden, die durch den Anschluss Kempraten gefährdeten Bereiche fachgerecht und mit ausreichend Zeit zu untersuchen und zu dokumentieren. Die Kosten hierfür gehen zu Lasten des Projekts und werden von der Fachstelle Archäologie auf 25 bis 30 Millionen Franken veranschlagt.

Archäologische Zone Altstadt, UNESCO-Welterbe Pfahlbauten im Perimeter Anschluss Seedamm Variante Mitte:

Die Variante Mitte tangiert beim Anschluss Seedamm die archäologische Zone Altstadt. Der Anschluss Seedamm kommt jedoch in künstliche Auffüllungen im Bereich der heutigen Strasse zu liegen, so dass nicht mit archäologischen Funden zu rechnen ist. Marginal wird auch noch die Pufferzone der UNESCO-Welterbe Kulturstätten (Pfahlbauten) tangiert. Auch dies dürfte hinsichtlich Bewilligungsfähigkeit kein Problem darstellen.

ISOS II, 0.0.2 Villa Grünfels mit grosser Parkanlage im Perimeter Anschluss Jona Variante Ost

Die Villa Grünfels und ihre Parkanlage haben gemäss ISOS von Jona (vgl. Auszug in Anhang 6.8) besondere Bedeutung und damit das Erhaltungsziel A „Erhalten der Substanz“. Auch das unverbaute, leicht nach Süden abfallende Gelände mit Wiesen und lockerem Baumbestand ist im ISOS eingetragen: Gewisse Bedeutung, Erhalten der Beschaffenheit (siehe ebenfalls Anhang 6.8). Für die Villa und alle dazugehörigen Grundstücke besteht ein Legat, dass diese nicht überbaut und entweder als Grünfläche oder als öffentliche Anlage zu gestalten seien. Die Villa Grünfels inklusive Parkanlage wird von Variante Ost nicht tangiert, das heisst die Villa wird vom Stadttunnel unterfahren. Das unverbaute, südliche Gelände dient jedoch als Installationsplatz während der Bauphase und ein Teil des Grundstücks wird für den oberirdischen Teil des Anschlusses Jona benötigt. Dies stellt umweltmässig einen Konflikt dar; über die Bewilligungsfähigkeit des Anschlusses Jona wird im Genehmigungs-/Auflageprojekt entschieden.

9.7 Gesamtbeurteilung Umwelt

Die bisherigen Abklärungen haben bei keiner der drei untersuchten Varianten des Stadttunnels umweltrechtliche "no-goes" zu Tage gefördert. Der relevanteste Umweltbereich ist bei allen drei Varianten der Gewässerschutz, das heisst der Verlauf der Tunnels in Gebieten mit nutzbaren Grundwasservorkommen (Gewässerschutzbereich A_U bzw. sogar zusätzlich noch in der Grundwasserschutzzone S3 bei der Variante «Direkt»). Des Weiteren dürfte der Anschluss Kempraten der Variante «Mitte» aus archäologischen Gründen nur sehr aufwändig zu realisieren sein. Bei der südlichen Wiese bei der Villa Grünfels besteht in Variante «Ost» ein Konflikt mit dem ISOS und einem Legat. Im Altlastenbereich steht bei zwei Standorten (chemische Reinigung beim Knoten Post, Gerberei beim Anschluss Kempraten) die altlastrechtliche Klassierung noch aus, was finanzielle und bewilligungstechnische Risiken für alle drei Varianten in sich birgt.

10. Baurealisierung/-phasen

10.1 Variante Ost

10.1.1 Bauphasen

Übersicht

Der grösste Teil des Tunnels wird maschinell im Untertagbau, vom Portal Hüllistein her via Anschluss Jona zum Portal in der Güterstrasse ausgebrochen. Die Portalbereiche sowie das Anschlussbauwerk in Jona werden im Tagbau erstellt. Zwischen ca. km 1'230 und 1'350 (Bereich Villa Grünfels) ist ein konventioneller Gegenvortrieb mit Bauhilfsmassnahmen vorgesehen. Gemäss Kapitel 11 Termine wird von folgendem Bauablauf ausgegangen:

1. Startbaugrube Jona
2. Konventioneller Gegenvortrieb Villa Grünfels
3. Maschineller Vortrieb Portal Hüllistein - Anschluss Jona
4. Maschineller Vortrieb Anschluss Jona - Areal Weidmann
5. Fertigstellung Tagbauwerke (Hüllistein, Jona, Güterstrasse) und Strassenbau.

Portal Hüllistein - Anschluss Jona

Der ca. 900 Meter lange Tunnel zwischen dem Portal Hüllistein und dem Anschluss Jona wird in zwei unterschiedlichen Bauweisen erstellt:

Auf ca. 120 m Länge, im Bereich der Villa Grünfels ist infolge Ausspurstrecke zum Anschluss Jona ein konventioneller Gegenvortrieb mit Teilausbrüchen erforderlich. Um die geschützte Villa sicher zu unterqueren, ist in diesem Bereich als Bauhilfsmassnahme ein Rohrschirm im Molassefels angedacht.

Auf ca. 800 Metern Länge, ab Portal Hüllistein wird der Tunnel maschinell aufgeföhren. Im Hinblick auf die wechselnden Baugrundverhältnisse – vor der Villa Grünfels und nach dem Anschluss Jona (Richtung See) - ist der Einsatz einer Multimode-TBM vorgesehen.

Anschluss Jona

Der Anschluss Jona wird grösstenteils im Tagbau, in offener Baugrube erstellt. Im Bereich der St. Gallerstrasse und der Eichfeldstrasse wird der Tunnel in Deckelbauweise erstellt, um den Betrieb der Verkehrsachsen möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Der Tunnel Ost liegt generell im Fels, der im Bereich des Anschlusses Jona von Moräne und Bachschutt mit einer Mächtigkeit von ca. 5 bis 15 m überlagert ist. Die Baugrube wird im Lockergestein wo möglich geböschert oder mit einer Nagelwand gesichert, die Felssicherung ist mit Spritzbeton und ungespannten Felsankern vorgesehen. Entlang der SBB-Gleise ist ein verformungsarmer Baugrubenabschluss gefordert, der mittels gespriesster Rühlwand realisiert wird. Im Bereich des Deckelbaus ist eine Bohrpfahlwand zur Abtragung der vertikalen Lasten aus dem Deckel vorgesehen.

Als erstes wird die Baugrube im Bereich des Kreisels Grünfels erstellt, aus der anschliessend der konventionelle Gegenvortrieb Richtung Hüllistein erfolgt. Anschliessend wird die Baugrube entlang des Bahnhofs Jona erstellt. Dazu sind die Stützmauern der St. Gallerstrasse abzubrechen resp. anzupassen und die neue Eichfeldstrasse mit Stützmauern gegen den SBB-Bahndamm zu erstellen.

Nachdem die Tunnelbohrmaschine den ersten Tunnelabschnitt bis zum Anschluss Jona aufgefahren hat, wird diese durch die Baugrube gezogen, um im Bereich der heutigen Eichfeldstrasse den Tunnelast Rapperswil vorzutreiben. Nach Durchfahrt der Tunnelbohrmaschine können der Rohbau des Tagbautunnels fertig erstellt und das Gelände wiederhergestellt werden.

Anschluss Jona – Areal Weidmann

Der ca. 770 Meter lange, Untertagbautunnel zwischen dem Anschluss Jona und dem Tagbauabschnitt in der Güterstrasse wird maschinell, im Multimode-Modus aufgefahren.

Tagbau Güterstrasse

Der Tagbautunnel und die Rampe Güterstrasse liegen vorwiegend in der Zone der geotechnisch heiklen, struktur- und setzungsempfindlichen Seeablagerungen. Der vom Zürichsee beeinflusste Grundwasserspiegel liegt nur knapp unterhalb der Terrainoberkante. Aufgrund der komplexen geotechnischen Verhältnisse und zur Verhinderung von unzulässigen Setzungen der nahestehenden Bestandesbauten muss ein wasserdichter, verformungsarmer Baugrubenabschluss gewählt werden. Die Baugrube ist zusätzlich in ihrer Grösse zu beschränken.

Für die Baugrube im Bereich Güterstrasse ist daher eine überschnittene Bohrpfahlwand vorgesehen. Sie wird in Längsrichtung zusätzlich durch Querschotten unterteilt. Die Segmente werden einzeln ausgehoben. Zur Verhinderung eines hydraulischen Grundbruchs und eines Baugrundversagens findet der Aushub unter Wasser statt. In regelmässigen, vertikalen Abständen werden Stahlsprisse zur Aussteifung eingebaut. Zur Sicherstellung der Dichtigkeit der Baugrube von unten wird vor dem Lenzen der Baugrube eine Unterwasserbeton-Sohle eingebaut und gegen Auftrieb gesichert.

Für die Erstellung des Tunnelrohbaus werden die Querschotten teilweise rückgebaut. Die verbleibenden Bohrpfähle dienen im Endzustand der Auftriebssicherung des Tunnels und des Rampenbauwerks.

Das Gleis der SBB-Linie S7 wird im Bereich der Baugrube vorgängig auf eine provisorische Hilfsbrückenkonstruktion verlegt, um einen möglichst unterbruchsfreien Bahnbetrieb sicherzustellen.

10.1.2 Bautechnische Beurteilung

Portal Hüllistein – Anschluss Jona

Im Bereich des Portals Hüllistein kann der Voreinschnitt mit der Portalwand (Beginn maschineller Vortrieb) vollständig im Fels erstellt werden (herkömmlicher Baugrubenabschluss, z.B. Nagelwand). Mit einer Überdeckung von mindestens 10 m Fels birgt der maschinelle Vortrieb im Fels mit Tübbingausbau zwischen km 0'430 und km ca. 1'130 keine speziellen Risiken. Vortriebe im Molassefels sind im Schweizer Mittelland weit verbreitet.

Auf den letzten 220 m des maschinellen Vortriebes in diesem Abschnitt (km ca. 1'130 und km 1'350) ist die Überdeckung unterhalb des Grundwassertroges (bei Querung Lattenbach) reduziert. Daraus ergeben sich folgende bautechnische Risiken (vgl. Anhang 7.1)

- _ tiefer verlaufende Felslinie mit gemischter Ortsbrust (Fels/Lockergestein) mit Grundwasser → Umstellung auf Nassvortrieb, Stützung der Ortsbrust

- _ Ungenügende Durchflusskapazität des Grundwasserleiters aufgrund des Tunnels
→ Einbau von Dückern
- _ Setzungen / Schäden an Gebäuden (z.B. schützenswerte Gebäude an der Werkstrasse) → Instandsetzungsmassnahmen (Rissanierungen etc.)
- _ Gefahr von Verbrüchen → Erfordernis eines Grossrohrschirmes

Der vorgängige, konventionelle Gegenvortrieb unter der Villa Grünfels wird mit einer vorausseilenden Bauhilfsmassnahme (Rohrschirm) gesichert. Je nach angetroffenen geologischen Verhältnissen kann die Anzahl an Teilausbrüchen und die Abschlagslänge variiert werden.

Anschluss Jona

Die tiefe Baugrube des Anschlusses Jona befindet sich ca. auf den unteren 2/3 im Fels. Dieser Bereich bietet mit einer entsprechenden Felssicherung bautechnisch keine speziellen Probleme. Die Nähe der SBB-Gleise ergibt insbesondere im oberen Teil der Baugrube im Lockergestein Anforderungen an eine verformungsarme Bauweise. Diesen wird mit einem verformungsarmen Baugrubenabschluss begegnet.

Die im geologischen Längsschnitt ausgewiesene, geringmächtige Grundwasserschicht muss in den weiteren Projektphasen detaillierter ergründet und ausgewiesen werden. In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass hier grundwassersenkende Massnahmen getroffen werden können. Allenfalls muss jedoch ein wasserdichter Baugrubenabschluss mit entsprechend höheren Kosten vorgesehen werden. Ein solcher wird im Bereich südlich des Kreisels St. Gallerstrasse eingeplant aufgrund des dort vorhandenen, grossflächigen Grundwasserträgers.

Anschluss Jona – Areal Weidmann

Für den bergmännischen Abschnitt zwischen km 1'590 und km 2'360 wird die TBM auf den Nassmodus umgebaut, weil über die gesamte Strecke von ca. 770 m gemischte Ortsbrustverhältnisse vorliegen. Die vertikale Linienführung ist so an die geologischen Verhältnisse angepasst, dass die Sohle auf der gesamten Strecke im Fels zu liegen kommt. Im First sind Schichten aus Moräne und tonig-siltigen Seeablagerungen möglich.

Ab km 2'150 – im Bereich des Areals Weidmann – muss mit Hindernissen (Pfahlgründungen) im Baugrund gerechnet werden. Dort kann z.B. eine bewehrte Innenschale dabei helfen, die aus den Pfählen ankommenden Lasten in den Fels abzutragen. Weitere bautechnische Risiken ergeben sich analog zum maschinellen Abschnitt im Fels (vgl. Anhang 7.1):

- _ Setzungen / Schäden an Gebäuden, Strassen und Werkleitungen
- _ Gefahr von Tagbruch → Erfordernis eines Grossrohrschirmes ab Baugrube

Die im geologischen Längsschnitt ausgewiesene Felsnase kurz vor dem bergmännischen Portal (ca. km 1'765) muss in den weiteren Projektphasen detaillierter erkundet werden. Sie ermöglicht einen bergmännischen Vortrieb bis vor das Trasse der S7 und verhindert das Erfordernis noch tieferer Baugruben in den vorherrschenden Seeablagerungen.

Tagbau Güterstrasse

Der Anschluss Güterstrasse liegt in einer geotechnisch sehr anspruchsvollen Zone. Die vorhandenen Seeablagerungen sind setzungs-, grundbruch- und z.T. strukturempfindlich. Der Grundwasserspiegel liegt nur knapp unter der Terrainoberkante. Bei Bauvorhaben in diesem Gebiet sind in der Vergangenheit Probleme aufgetreten infolge De-

formationen sowie unerwünschten Materialeinbrüchen oder hydraulischem Grundbruch. Neben solchen Versagen sind auch übermässige Setzungen an der benachbarten Bebauung (insbesondere Merkurhof, PTT-Gebäude, SBB-Gleisanlage) zu verhindern. Die zum Teil grosse Tiefe der Baugrube (am Übergang zum bergmännischen Vortrieb) akzentuiert die beschriebenen Risiken.

Diesen Gefahren wird mittels eines steifen Baugrubenabschlusses, kleinzelliger Bauweise (mit Querschotten), Unterwasseraushub zur Vermeidung eines Strömungspotenzials im Untergrund und einer intensiven Untersuchungs- und Überwachungskampagne begegnet.

Diese Bauweise hat in Rapperswil bereits bei anderen Projekten zum Erfolg geführt, zum Beispiel beim Bau des Parkhauses See.

10.1.3 Baustelleneinrichtungsflächen

Installationsplätze / Landbeanspruchung

Folgende temporär und permanent beanspruchte Flächen wurden für den Tunnel Ost ermittelt:

- Hüllistein: ca. 30'000 m² temporär für den Voreinschnitt, die Installationsflächen für den Strassenbau, Tagbau und die Tunnelbohrmaschine. Darin enthalten sind auch Flächen für ein Tübbinglager und einen Umschlagplatz des geförderten Ausbruchmaterials. Die permanent beanspruchte Fläche aufgrund der neuen offenen Strecke inklusive der dazu erforderlichen Böschungen beträgt ca. 10'000 m².
- Anschluss Jona: ca. 25'000 m² temporär für die Erstellung der Tagbautunnel in offener Bauweise und den dazu erforderlichen Baustelleninstallationen. Während des maschinellen Vortriebs zwischen dem Anschluss Jona und der Güterstrasse bietet die Grünfels-Wiese zudem Platz für eine Separationsanlage und den Materialumschlag. Die permanent beanspruchte Fläche aufgrund der neuen offenen Strecke beträgt ca. 5'000 m².
- Portal Güterstrasse bis Knoten Post: ca. 15'000 m² temporär für die Erstellung des Tagbautunnels, der Rampe und der weiterführenden neuen Strecke bis zum Knoten bei der Post. Beansprucht wird dabei grösstenteils die Fläche zwischen den Gleisen und den gegenüberliegenden Parzellengrenzen entlang der Güterstrasse. Die permanent beanspruchte Fläche aufgrund der neuen offenen Strecke beträgt ca. 5'000 m².

Materialtransporte

Die Materialtransporte erfolgen primär über das regionale Strassennetz. Beim Installationsplatz Hüllistein werden die grössten Kubaturen anfallen. Dieser liegt jedoch in unmittelbarer Nähe zum Autobahnanschluss A53, über welchen möglichst viele Transporte abgewickelt werden sollen.

10.2 Variante Mitte (früheres Genehmigungsprojekt)

Der nachfolgende Beschrieb basiert auf den bereits vorhandenen Dossiers der früheren Genehmigungsprojekte Etappen 1 (Abschnitt Tüchelweier - Seedamm) und 2/3 (Abschnitte Hüllistein - Kempraten / Kempraten - Tüchelweier) und ist im Sinn einer groben Zusammenfassung zu verstehen; er soll die bautechnische Vergleichbarkeit zu den beiden anderen Varianten ermöglichen. Details zur Linienführung und Geologie können dem Kapitel 7.2 oder den Planbeilagen für die Variante Mitte entnommen werden, vgl. Kapitel 14.

Abschnitt Tüchelweier -
Seedamm

Für die Erstellung des Anschlusses Tüchelweier wird als Baugrubensicherung eine durch Spriessung gestützte Schlitzwand verwendet. Der Abschnitt Tüchelweier - Seedamm befindet sich grösstenteils in den seekreideartigen Seeablagerungen. Bewehrte Schlitzwände (> 10 m Tiefe) und Sekanten-Pfahlwände dienen als Aussenwände und Baugrubenabschluss. Die Decke besteht aus vorgespannten Betonplatten. Die Tunnelkonstruktion ist weitestgehend wasserdicht. Die Anbindung an den Seedamm ist in vier bautechnische Abschnitte unterteilt, wobei Spundwände und Schlitzwände, teilweise in Deckelbauweise, vorgesehen sind.

Abschnitt Hüllistein - Kempraten

Der gesamte Anschluss Kempraten wird im Tagbau in offener Baugrube erstellt. Als Baugrubenabschlüsse dienen je nach Höhenlage des Felshorizontes eine aufgelöste Bohrpfahlwand resp. eine gebohrte Rühlwand mit Verankerungen. Der 1'134 m lange zentrale Bereich des Abschnitts Hüllistein - Kempraten kann vollständig im Fels der Oberen Süsswassermolasse erstellt werden. Der Vortrieb wird fallend in Richtung Kempraten ausgeführt. Nach einem vorgängig erstellten Pilotstollen ist ein Kalottenvortrieb mit kontinuierlich nachgezogenem Strossenabbau mittels einer Teilschnittmaschine vorgesehen.

Abschnitt Kempraten - Tüchelweier

Der Bauablauf für die Erstellung des Tagbautunnels unter dem heutigen Bahntrasse unter gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Bahnbetriebs über die ganze Bauzeit ist kompliziert und sehr aufwändig. Eine einheitliche Lösung über alle Querschnitte von Tüchelweier bis Kempraten ist nicht möglich, weil sich die Trassen des Strassentunnels und der Bahn in einem sehr spitzen Winkel schleifend kreuzen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Bahn zu Beginn im tiefen Einschnitt zwischen den Häusern liegt und später gegen Kempraten auf einem künstlichen Damm verläuft. Grundsätzlich ist ein Konzept vorgesehen, in dem das Bahntrasse drei Mal verschoben werden muss (zuerst nach Ost, dann auf die erste Hälfte des erstellten Tunneldeckels und schliesslich in die ursprüngliche Achse, nach Fertigstellung der 2. Hälfte des Tunnels). Die Liegenschaft an der alten Jonastrasse bei km 1'710 wird auf die ganze Breite vom Tunnel im Abschnitt Kempraten - Tüchelweier unterfahren. Das Gebäude wird dabei konventionell unterfangen. Seitlich der Unterfangung werden vorgespannte Träger erstellt, welche die Lasten des Gebäudes möglichst deformationsarm abtragen können. Die Abfangträger werden auf vier Schlitzwandpfählen neben dem Gebäude fundiert.

10.3 Variante Direkt

10.3.1 Bauphasen

Der grösste Teil des Tunnels Direkt wird maschinell vom Portal Hüllistein her Richtung Anschluss Tüchelweier vorgetrieben. Der Portalbereich Hüllistein und der Tunnelabschnitt ab km 1'770 (Unterquerung Trasse S7) wird im Tagbau erstellt. Gemäss Kapitel 11 Termine wird von folgendem übergeordnetem Bauablauf ausgegangen:

1. Anschluss Tüchelweier mit Unterführung und Rampen
2. Tagbau zwischen km 1'770 und 2'050 (Unterquerung Trasse S7)
3. Maschineller Vortrieb Portal Hüllistein – km 1'770
4. Fertigstellung Tagbauwerke und Strassenbau.

Bereich Anschluss Tüchelweier	<p>Die Geologie im Bereich der Umfahrungsstrasse Tüchelweier entspricht prinzipiell der des Tagbaus Güterstrasse in Variante Ost (siehe Abschnitt 10.1.1). Daher wird auch beim Anschluss Tüchelweier eine überschrittene Bohrpfahlwand vorgesehen. Diese kann hier allerdings in die relativ undurchlässige Moräne, zum Teil sogar bis in den Fels eingebunden werden. Somit kann auf eine Zellenbauweise, den Unterwasseraushub und die Unterwasserbeton-Sohle verzichtet werden. Im Bereich der Alten Jonastrasse kommt die Deckelbauweise zur Anwendung, sodass sich der Verkehrsunterbruch auf ein Minimum beschränkt.</p> <p>Die Rampen auf der Südseite der Neuen Jonastrasse werden zur Seite mit vor Ort betonierten Winkelstützmauern begrenzt. Auf der Nordseite werden die Rampen in das Terrain eingegraben. Entsprechend sind für die entsprechenden Baugrubenabschlüsse ebenfalls Bohrpfahlwände vorgesehen.</p>
Unterfangung Gebäude Alte Jonastrasse	<p>Der Umfahrungstunnel unterquert komplett das Gebäude Alte Jonastrasse 22. Analog dem Genehmigungsprojekt der Variante Mitte (siehe Abschnitt 10.2) wird eine aufwändige Unterfangung dieses Gebäudes vorgesehen. Das Unterfangungskonzept wird weithin übernommen. Es sieht vor, das Gebäude mit vorgespannten Riegeln abzufangen und die Lasten seitlich, in dieser Variante über Bohrpfahl-Gruppen, in den Untergrund zu leiten.</p>
Tagbau zw. km 1'770 und 2'050	<p>Unterhalb der Alten Jonastrasse stösst ein Felsriegel beinahe bis an die Oberfläche vor. In diesem Bereich kann die Baugrube ähnlich wie beim Anschluss Jona in der Variante Ost (siehe Abschnitt 10.1.1) mit einer vernagelten Felssicherung abgeschlossen werden. Nördlich davon dominiert wieder Lockergestein den Untergrund. Im Becken der Kempratener Bucht herrschen sandig-kiesige Ablagerungen vor, die im Vergleich zu den Seeablagerungen auf der südlichen Seite geotechnisch weniger Probleme darstellen. Gleichzeitig schwenkt die Linienführung des Umfahrungstunnels unter das Trasse der S7-Bahnlinie.</p> <p>Aufgrund der nahe liegenden Bebauung und des hoch liegenden Grundwasserspiegels ist ebenfalls ein verformungsarmer, wasserdichter Baugrubenabschluss gefordert. Es wird wiederum eine überschrittene Bohrpfahlwand vorgesehen. Diese kann ebenfalls in die relativ undurchlässige Moräne eingebunden werden (siehe oben).</p> <p>Die Baugrubenabschlüsse werden so angeordnet, dass der Bahnbereich möglichst wenig tangiert wird und die Betriebsunterbrüche auf ein Minimum beschränkt werden können. Dadurch ergeben sich gewisse Mehrvolumen beim Aushub, die nicht vom Strassenraum beansprucht werden. Diese können nach Möglichkeit für betriebs- und sicherheitstechnische Anlagen genutzt werden. Während dem Baugrubenaushub bis zur Hinterfüllung nach dem Rohbau wird die Bahnlinie auf Hilfsbrücken geführt. Diese werden über Querjoche auf die Baugrubenabschlüsse aufgelagert und stellen einen nahezu unterbruchlosen Betrieb der Bahnlinie sicher.</p>
Portal Hüllistein – km 1'770	<p>Der ca.1340 m lange, bergmännische Tunnel zwischen dem Portal Hüllistein und dem Übergang zur Tagbaustrecke bei km 1'770 wird maschinell aufgefahren. Weil sich die Baugrundverhältnisse verändern von Fels (km 430 bis km 1'100) zu Lockergestein (km 1'100 bis km 1'770), ist analog zur Variante Ost auch hier eine Multimode-TBM vorgesehen. Im Übergang vom Molassefels in die vorwiegend sandigen und kiesigen Seeablagerungen muss die TBM vom trockenen in den nassen Modus umgebaut werden. Ein</p>

Zielschacht (Teil der Baugrube für nachfolgenden Tagbautunnel) dient nach km 1'770 für die Demontage der TBM.

10.3.2 Bautechnische Beurteilung

Bereich Anschluss Tüchelweier

Der Anschluss Tüchelweier liegt geologisch in der gleichen Zone wie der etwas weiter südlich liegende Tagbau Güterstrasse in Variante Ost (siehe Abschnitt 10.1.1). Allerdings steigt die Felsoberkante gegen Norden markant an. So können beim Anschluss Tüchelweier die Baugrubenabschlüsse in die Moräne oder gar den Fels eingebunden werden. Damit reduziert sich das geotechnische Risiko markant. So kann auf einige der in Variante Ost beschriebenen Bauhilfsmassnahmen verzichtet werden (siehe auch Abschnitt 10.3.1).

Falls die Felskoten wider Erwarten deutlich tiefer liegen, z.B. in allenfalls vorhandenen Felsrinnen, ist ein Einbinden der Bohrpfähle in den Fels oder die darüber liegende Moräne eventuell nicht möglich. Dann müssten wiederum die in Variante Ost beschriebenen, umfangreichen Bauhilfsmassnahmen angewendet werden.

Der Tunnel und die Rampen auf der Nordseite der Neuen Jonastrasse liegen teilweise unterhalb des Grundwasserspiegels. Aufgrund des relativ grossen Volumens des verdrängten Wassers ist zwingend auf eine ausreichende Auftriebssicherung zu achten.

Unterfangung Gebäude Alte Jonastrasse

Die Unterfangung des Gebäudes Alte Jonastrasse 22 stellt grosse Anforderungen an die Projektierung und den Bauablauf der Spezialtiefbau-Arbeiten. Durch die hohe Lage der Felskote unterhalb des Gebäudes werden die Gefahren etwas reduziert. Dennoch erfordert die Aufgabe genaue Kenntnisse des Grunds unter dem Gebäude, der Tragstruktur des Gebäudes selber und eine sorgfältige Ausführung des Spezialtiefbau-Unternehmers.

Tagbau zw. km 1'770 und 2'050

Die Lockergesteinsschichten, die den Untergrund im Bereich des Tagbautunnels nördlich der Alten Jonastrasse bilden, stellen geotechnisch weniger Probleme als die Formationen südlich davon. Nach wie vor ist jedoch ein verformungsarmer, wasserdichter Baugrubenabschluss notwendig. Die in Betrieb stehende Bahnlinie und die nahe Bebauung engen den möglichen Bauperimeter stark ein. Für die zur Erstellung der Pfähle benötigten, grossen Bohrgeräte ist mittels temporären Landerwerbs ein ausreichendes Bohrplanum sicherzustellen. Die Unterfahrung der Brücke Alte Jonastrasse sowie der Gemüsebrücke stellen weitere bautechnische Herausforderungen dar. Zur Sicherstellung der Grundwasserdurchflusskapazität im Bereich der Kempratener Bucht sind in regelmässigen Abständen Düker quer zur Tunnelachse anzuordnen. Die Konzeption dieser Querungsbauwerke ist in Zusammenarbeit mit dem Geologen festzulegen.

Portal Hüllistein - km 1'770

Der bergmännische Teil des Tunnels Direkt kann gemäss Kapitel 10.3.1 in zwei bautechnisch unterschiedliche Abschnitte unterteilt werden. Auf den ersten ca. 670 Metern vom Voreinschnitt Hüllistein bis ca. km 1'100 verläuft der maschinelle Vortrieb im Molassefels mit einer Überdeckung von über 10 Metern. Der Vortrieb in diesem Abschnitt kann im Trockenmodus erfolgen und birgt keine speziellen Risiken.

Auf dem zweiten, ca. 670 m langen Abschnitt des maschinellen Vortriebes wird der mit Lockergesteinen gefüllte Schwemmkegel im Nassmodus durchfahren. Der Molassefels wird in diesem Abschnitt vorwiegend von Seeablagerungen (tiefliiegend) und Deltaablagerungen überlagert (vgl. Kapitel 5.1 Baugrund). Die vertikale Linienführung ist so an

die geologischen Verhältnisse angepasst, dass vor allem die höher gelegenen, vorwiegend sandigen Deltaablagerungen durchfahren werden. Aufgrund der vorherrschenden Strukturempfindlichkeit des Bodens und den geologischen Prognoseunsicherheiten ergeben sich vor allem folgende bautechnische Risiken (vgl. Anhang 7.3):

- _ Gefahr von Ausbläsern → seitlicher Interventionsstollen für Deckelinjektionen
- _ Setzungen / Schäden an Gebäuden, Strassen und Werkleitungen
- _ Ungenügende Durchflusskapazität des Grundwasserleiters → Einbau von Dückern.

Alternativ kann die vertikale Linienführung so angepasst werden, dass die Sohle auf der gesamten Strecke in den Fels zu liegen kommt. Mit abschnittsweise höheren Gefällen (bis 7.00 %, angedeutet in Beilage 05-32) könnten so einige der erwähnten Risiken reduziert werden. Dabei würde aber das in der Norm vorgegebene maximal zulässige Gefälle von 5.00 % überschritten.

10.3.3 Baustelleneinrichtungsflächen

Folgende temporär und permanent beanspruchte Flächen wurden für den Tunnel Direkt ermittelt:

- _ Hüllistein: Analog zur Variante Ost wird ca. 30'000 m² temporär für den Voreinschnitt, die Installationsflächen für den Strassenbau, Tagbau und die Tunnelbohrmaschine beansprucht. Darin enthalten sind auch Flächen für ein Tübbinglager und einen Umschlagplatz des geförderten Ausbruchmaterials. Die permanent beanspruchte Fläche aufgrund der neuen offenen Strecke inklusive der dazu erforderlichen Böschungen beträgt ca. 10'000 m².
- _ Anschluss Tüchelweier bis Knoten Post: ca. 30'000 m² temporär für die Erstellung des Tagbautunnels und des Anschlusses Tüchelweier sowie der weiterführenden neuen Strecke bis zum Knoten bei der Post. Zusätzlich zu den beanspruchten Flächen entlang der Güterstrasse (Analog Variante Ost) ist auf der Nordseite des neuen Kreisels der Parkplatz Tüchelweier und das Trassee des Tagbauabschnitts bis zur Parzelle Nr. 1438 zur temporären Nutzung vorgesehen. Die permanent beanspruchte Fläche aufgrund der neuen offenen Strecke beträgt ca. 15'000 m².

Installationsplätze / Landbeanspruchung

Materialtransporte

Die Materialtransporte erfolgen primär über das regionale Strassennetz. Beim Installationsplatz Hüllistein werden die grössten Kubaturen anfallen. Dieser liegt jedoch in unmittelbarer Nähe zum Autobahnanschluss A53, über welchen möglichst viele Transporte abgewickelt werden sollen.

11. Termine

Balkendiagramme

Im Anhang 5 sind die Bauprogramme der einzelnen Linienführungsvarianten dargestellt. Es ergeben sich für die Varianten folgende Bauzeiten:

Linienführungsvarianten

	Variante Ost	Variante Mitte	Variante Direkt
Bauzeit (Jahre) ca.	6	7-8	6

Die geschätzten Bauzeiten enthalten keine Reserven für die Realisierung von Massnahmen infolge der eruierten Risiken gemäss Auflistung im Anhang 7 zu den Kostentabellen. Die Bauzeiten können sich je nach erforderlicher Massnahme (z.B. Pilotstollen mit Baugrundinjektionen bei Variante Direkt) um bis zu 2 Jahre verlängern.

Für die Bauzeit der Variante Mitte ist die Bauzeit abhängig vom Erfordernis allfälliger Verkehrsprovisorien (Bahnverlegung oder Hilfsbrücken). Im Genehmigungsprojekt von 2004 beträgt die totale Bauzeit aufgrund der Bahnverlegung 8 Jahre.

12. Kosten

12.1 Grundlagen

Allgemeines

Die Projektierungstiefe auf Stufe Studie erlaubt nur eine grobe Kostenschätzung, welche den in der Studie neu entwickelten Varianten gleiche Elementkosten zu Grunde legt.

Regelungen

- _ Nur Investitionskosten
- _ Preisbasis 10/2016.
- _ Genauigkeit der Kostenangaben $\pm 30\%$

12.2 Hauptvarianten

Die folgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die Kosten pro Variante in Mio. CHF. Detailliertere Angaben zu den Kosten finden sich in Anhang 7.

	Variante Ost	Variante Mitte	Variante Direkt
Landerwerb	60	77	59
Werkleitungen	4	8	2
Tiefbau, Kunstbauten, Tunnel	398	517	298
Sonderbauwerke (z.B. Zentralen)	(in Baukosten enthalten)	9	(in Baukosten enthalten)
Spezielles (Abbrüche, usw.)	4 (ohne Abbrüche)	30	8 (ohne Abbrüche)
Tunnellüftung, BSA	47	36	31
Verkehrsprovisorien	1	3	1
Flankierende Massnahmen	25	-	25
Zwischentotal	539	680	424
Planungs- und Nebenkosten	60	78	46
Zwischentotal	599	758	470
Unvorhergesehenes	60	76	47
Risikokosten	78	0 ^{*)}	58
Total exkl. MwSt.	737	834	575
MwSt. 8%	59	67	46
Rundung	+4	-1	+4
Gesamttotal	800	900	625

^{*)} infolge weiterer Projektentwicklung (Genehmigungsprojekt)

12.3 Untervarianten

Variante Mitte

- _ Variante Mitte enthält für den Abschnitt Tüchelweier bis Kempraten die Kosten für Bauen unter Bahnbetrieb (Basiskosten, siehe dazu Kap. 13.1).
- _ Kosten der **Variante Mitte** gelten für die **unterirdische** Linienführung ab Seedamm bis Anschluss Tüchelweier.
Die Kosten für eine mögliche Variante Mitte mit **oberirdischer** Linienführung ab Anschluss Post bis Tüchelweier sind im Anhang 7.4 grob abgeschätzt. Für diese Schätzung wurden keine Projektpläne erstellt und keine detaillierten Kostenberechnungen durchgeführt; die Grobkosten basieren auf einer Kombination der Modulkosten "Tüchelweier bis Knoten Post" der Variante Direkt.

Variante Direkt

Kosten der **Variante Direkt** gelten für die **oberirdische** Linienführung ab Anschluss Post bis Anschluss Tüchelweier.
Die Kosten für eine mögliche Variante Direkt mit **unterirdischer** Linienführung ab Anschluss Seedamm bis Tüchelweier sind im Anhang 7.5 grob abgeschätzt. Wie vorgängig für die Variante Mitte erwähnt, wurden dafür auch keine Projektpläne erstellt und keine detaillierte Kostenberechnungen durchgeführt; die Grobkosten basieren auf einer Kombination der Modulkosten "Tüchelweier bis Anschluss Seedamm" der Variante Mitte.

12.4 Kosten Variante Mitte

Variante Mitte, Abgrenzung

Die Kosten für die Variante Mitte entstammen den beiden bereits vorliegenden Dossiers der Genehmigungsprojekte der Etappen 1 und 2/3 und wurden im Rahmen dieser Studie lediglich aufsummiert und teuerungsbereinigt (ASTRA Teuerungsindices).

Für die Kosten des Abschnitts Tüchelweier – Seedamm (Etappe 1) liegen zwei Berechnungen aus zwei Genehmigungsprojekten vor:

- _ 29.10.2001: Seedamm-Tüchelweier, inkl. Kreisel neue Jonastrasse und provisorischer Anschluss Kniestrasse
- _ April 2010: Seedamm-Zürcherstrasse, inkl. Anschlüsse Lüssiwis/Tüchelweier.

Die unterschiedlichen Kosten sind im Anhang 7.2 ausgewiesen; für die Gesamtkosten der Variante Mitte wurde das arithmetische Mittel der Kosten Etappe 1 berücksichtigt.

Für die Kosten der Variante Mitte können folgende Kombinationen (hinsichtlich Etappe 3 "Tunnel Burgerau") betrachtet werden (teuerungsbereinigt PB 10/2016, inkl. MwSt.):

Abschnitt Kempraten - Tüchelweier, Bauen mit SBB-Betrieb

Gesamtkosten Variante Mitte (Basiskosten): ca. **900 Mio.** CHF

Abschnitt Kempraten - Tüchelweier, Bauen ohne SBB-Betrieb

Variante Mitte A (kein SBB-Betrieb während Bau):

- _ Minderkosten infolge Bauen ohne Bahnbetrieb (exkl. Kosten der Wiedermontage der Bahnanlage): ca. -55 Mio. CHF
- _ Kosten Busersatzbetrieb ca. 5 Mio. CHF
- _ Gesamtkosten Variante Mitte: ca. **850 Mio.** CHF

Variante Mitte B1 (SBB-Umlegung in Tunnel Meienberg):

- _ Minderkosten Etappe 3 infolge Optimierung von Linienführung und Bauweise (dauerhafter Entfall SBB-Anlage) ca. -100 Mio. CHF

-
- _ SBB-Tunnel Meienberg gemäss **Vorprojekt TBA Kt. SG** ca. 195 Mio. CHF
 - _ Gesamtkosten Variante Mitte: ca. **995 Mio.** CHF

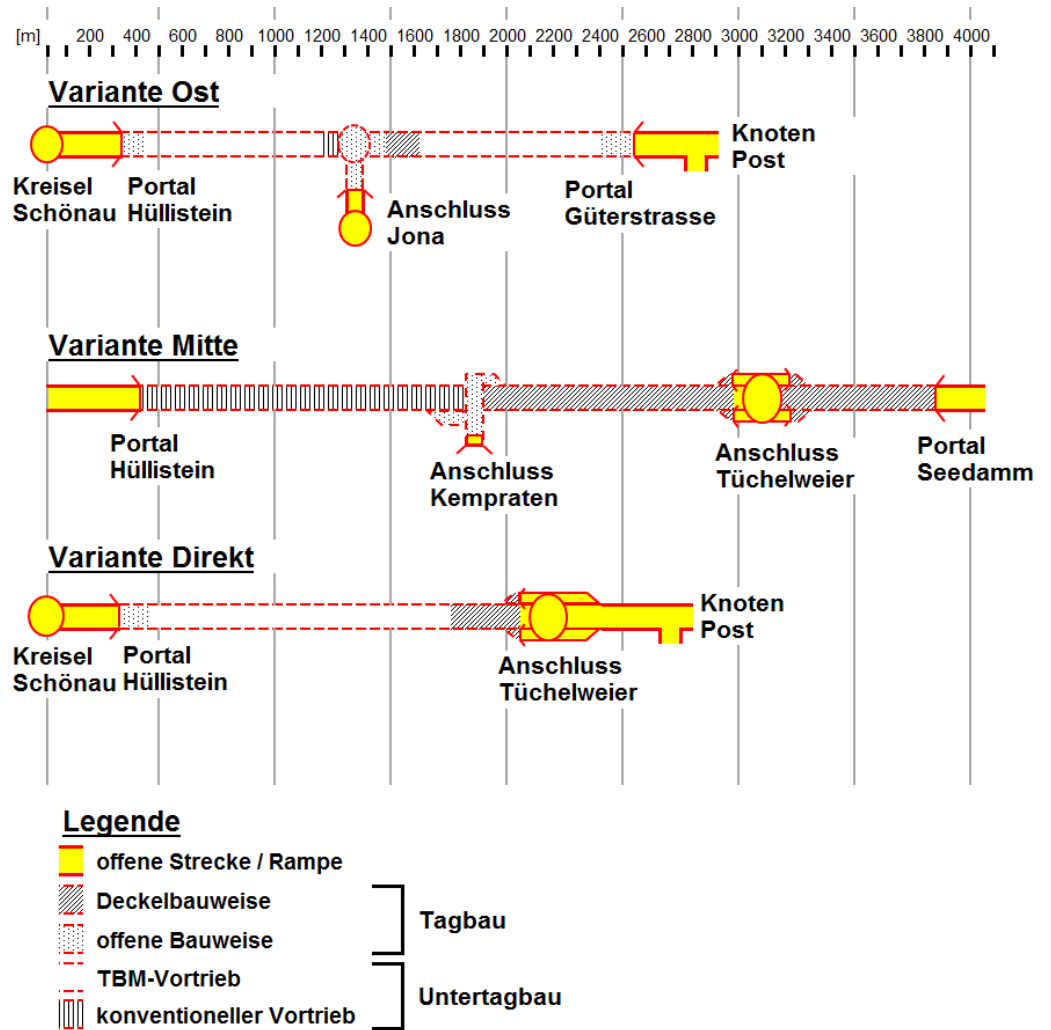
Variante Mitte B2 (SBB-Umlegung in Tunnel Meienberg):

- _ Minderkosten Etappe 3 infolge Optimierung Linienführung und Bauweise (dauerhafter Entfall SBB-Anlage) ca. -100 Mio. CHF
- _ SBB-Tunnel Meienberg gemäss **Projektstudie SBB (2016)** ca. 300 Mio. CHF
- _ Gesamtkosten Variante Mitte: ca. **1'100 Mio.** CHF

13. Zusammenfassende Variantenübersicht

Im folgenden Schema sind die drei Varianten bezüglich ihren Längen, Anschlusselementen und Bauweisen einander gegenübergestellt. Anhang 8 zeigt die Varianten in einer Übersichtssituation.

Übersichtsschema



Kennzahlen

	Variante Ost	Variante Mitte	Variante Direkt
Element			
Portale	2 Stk.	2 Stk.	2 Stk.
Anschlüsse	1 Stk. (Jona)	2 Stk. (Tüchelweier, Kempra-ten)	1 Stk. (Tüchelweier)
Knoten (Kreisel, Kreuzung)	4 Stk.	2 Stk.	3 Stk.
Offene Strecke, Trasse neu	ca. 700 m	ca. 600 m	ca. 900 m
Rampenlängen total	670 m	650 m	455 m
Tagbautunnel	660 m	1860 m	440 m
Untertagbautunnel	1690 m	1420 m	1340 m
Ausstellbuchten	5 Stk.	3 Stk.	2 Stk.
Notausgänge	7 Stk.	5 Stk.	5 Stk.
Realisierung			
Bauzeit	ca. 6 Jahre	ca. 7-8 Jahre	ca. 6 Jahre
Baukosten	800 Mio. CHF	900 Mio. CHF	625 Mio. CHF

14. Planbeilagen

Nr.	Titel	Massstab
Übergeordnetes		
01-1	Übersicht	1:25'000
01-2	Gesamtübersicht (drei Varianten)	1:5'000
01-3	Gesamtübersicht Orthofoto (drei Varianten)	1:5'000
Variante Ost		
04-11	Situation Variante Ost	1:2'000
05-12	Längenprofil Variante Ost	1:2'500/500
06-13	Normalprofile Variante Ost	1:50
07-14	Querprofile Variante Ost	1:200
Variante Mitte		
04-21	Situation Variante Mitte	1:2'000
05-22	Längenprofil Variante Mitte	1:2'500/500
06-23	Normalprofile Variante Mitte	1:50
07-24	Querprofile Variante Mitte	1:500
Variante Direkt		
04-31	Situation Variante Direkt	1:2'000
05-32	Längenprofil Variante Direkt	1:2'500/500
06-33	Normalprofile Variante Direkt	1:50
07-34	Querprofile Variante Direkt	1:200

Anhang 1

Bericht BSA

BERICHT

Betrifft **Machbarkeitsstudie Tunnellösung**
Elektromechanische Einrichtung / Betriebs- und Sicherheitsausrüstung
Mobilitätszukunft Rapperswil-Jona

Auftraggeber Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt

Version 0.2 / ergänzte Erstfassung

Datum 19.02.2016

Verteiler Basler & Hofmann AG Herr Beat Forster
HBI Haerter AG Herr Matthias Lempp
HBI Haerter AG Herr Stefano Lucchini

Inhalt

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. Zentralen
4. Energieversorgung
5. Beleuchtung
6. Lüftung
7. Signalisation
8. Überwachungsanlagen
9. Kommunikation & Leittechnik
10. Kabelanlagen (Infrastruktur)
11. Nebeneinrichtungen

Verfasser **WSP** W. Schefer + Partner Ingenieurbüro AG
Kemptnerstrasse 7, 8340 Hinwil
Tel. 043 843 21 00, www.wsp-ing.ch

Robert Schefer

1. Einleitung

Im Rahmen des Subplanerauftrages zur Mobilitätszukunft Rapperswil wird durch WSP der Fachbereich BSA abgedeckt. Zur Ergänzung der Vorstudie sind im nachfolgenden Bericht die wesentlichen Aspekte und Grundsatzüberlegungen für die elektromechanische Ausrüstung aufgeführt.

2. Grundlagen

2.1 Objektspezifisch

Folgende Grundlagen standen zur Berichtserstellung zu Verfügung:

- Plan Lösungsfamilie 6, Verbindung Hurden – A53 mit Stadttunnel lang / Locher Ingenieure AG / 13.09.2013
- Machbarkeitsstudie Tunnellüftung / HBI Haerter / V0.9 vom 20.01.2016

2.2 Rahmengrundlagen

Als Berichtsgrundlage wurden folgende Dokumente verwendet:

- SIA 197/2 Projektierung Tunnel - Strassentunnel
- Fachhandbuch BSA / ASTRA
- Normalien / Kanton St. Gallen, Baudepartement

3. Zentralen

Um die spezifischen Anforderungen einzubeziehend sind folgenden Zentralen zu berücksichtigen:

Zentrale	Standort	Ausrüstung	Dimensionen
Meienberg	Nordportal Anschluss Schönau	Komplett für Tunnel Meienberg	180m ² / 720m ³
Grüenfels	Kreisel	Komplett Tunnel Rapperswil und Anschluss St. Gallerstrasse	145m ² / 580m ³
Parkhaus	Parkhaus Bahnhof Rapperswil	Parkhaus und Seetunnel Nord	120m ² / 480m ³
Hurden	Tunnel Seefeld Höhe Hurden Nord	Kleinzentrale (Elektroraum)	40m ² / 160m ³
Seefeld	Südportal Anschluss Seefeld	Seetunnel Nord inklusive Lüftung	180m ² / 720m ³

Als wichtig betrachtet wird, dass alle Zentralen von aussen zugänglich sind und somit übergrosse Ausstellbuchten vermieden werden.

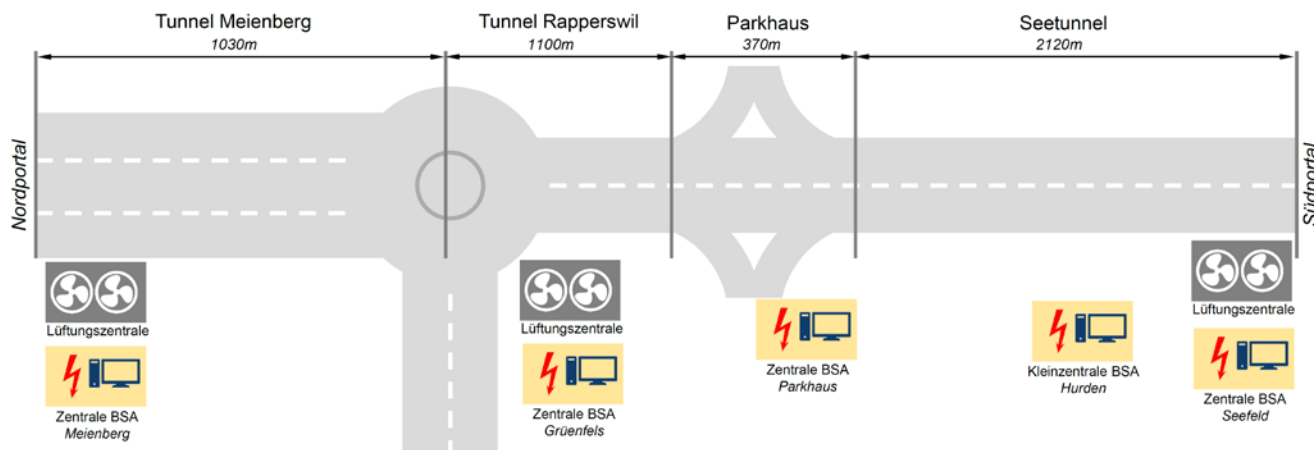


Abbildung 3.1 / Schematische Darstellung Platzierung Zentralen

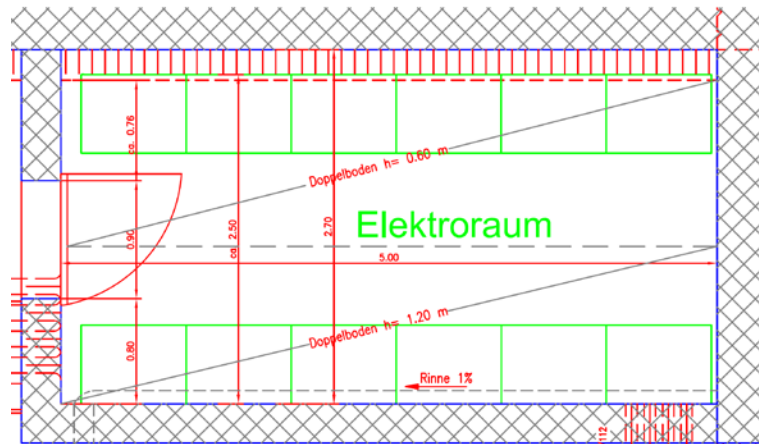


Abbildung 3.2 / Beispielgrundriss Elektroraum

4. Energieversorgung

Die Versorgung erfolgt durch geeignete Energieversorger über Einspeisungen im Mittelspannungsbereich. Aufgrund der Vernetzung der einzelnen Tunneln mit dem unterirdischen Kreisel sowie dem Parkhaus ist für den Endzustand ein Mittelspannungsring mit zwei unabhängigen Einspeisungen vorgesehen welche die Trafostationen in den Zentralen versorgen.

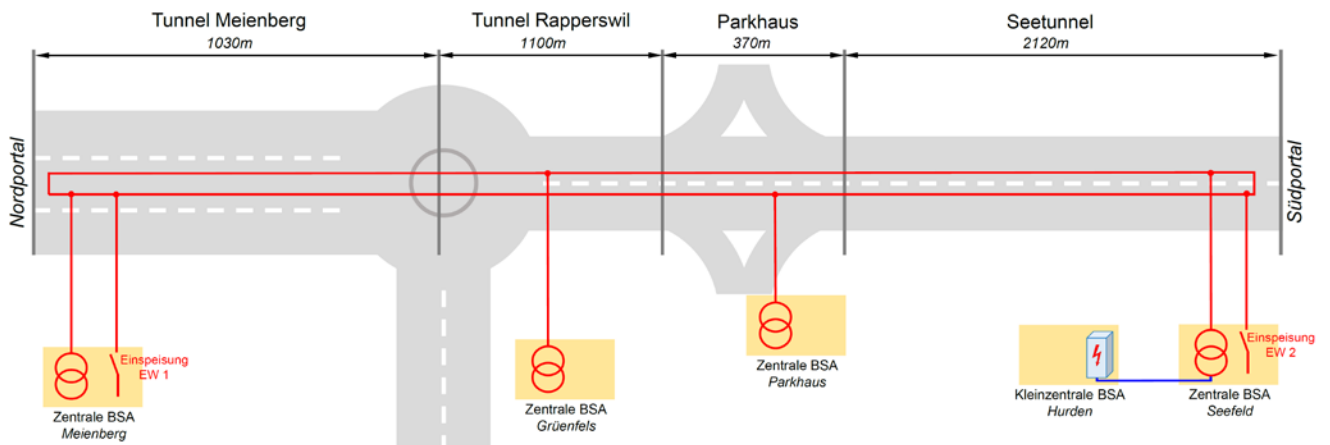


Abbildung 4.1 / Schematische Darstellung Mittelspannungsversorgung

Generell ist die Energieversorgung so zu planen, dass die jeweiligen Tunnelobjekte wie auch das Parkhaus als autonome Einheiten betrieben werden können.

Für die Speisung der sicherheitsrelevanten Systeme sowie der Not- und Brandnotbeleuchtung wird in jeder Elektrozentrale eine separate, batteriegepufferte USV-Anlage installiert.

5. Beleuchtung

Über den gesamten Projektperimeter sind folgende Beleuchtungsarten inklusive den entsprechenden Tragsystemen und Trassen für Versorgung und Steuerung vorzusehen:

- Durchfahrtsbeleuchtung
- Adaptationsbeleuchtung im Portalbereich
- Notbeleuchtung
- Optische Leiteinrichtungen (OLE)
- Fluchtwegbeleuchtung

Des Weiteren sind bereits bestehende Beleuchtungen in den Vorzonen sowie den Zubringern in der Planung zu berücksichtigen und entsprechend den sicherheits- sowie verkehrstechnischen Anforderungen steuerungstechnisch zu entflechten.

Basierend auf den bereits gesammelten Erfahrungen mit der Ausrüstung von LED Leuchten (ASTRA Monitoring Lungen), insbesondere auch im Zusammenhang mit der Oberflächenbeschaffenheit Belag und Tunnelwände sowie den aktuellen Vorgaben, ist der Einsatz von LED Leuchtmittel vorzusehen.

Die Steuerung der Beleuchtungsanlagen erfolgt jeweils über die objektbezogenen Anlagensteuerungen.

6. Lüftung

Die Tunnellüftungen verfügen über eigene Steuer-, Mess- und Regeltechnische Ausrüstungen in den entsprechenden Elektrozentralen. Das funktionelle sowie das betriebliche Konzept sind im separaten Bericht "Machbarkeitsstudie Tunnellüftung" von HBI Haerter AG behandelt. Die Anbindung der Steuerung erfolgt an die übergeordnete Ebene.

Zu berücksichtigen ist die elektrische Energieversorgung welche auch im Ereignisfall (Brand) eine höchstmögliche Verfügbarkeit gewährleisten muss. Zu prüfen ist insbesondere inwieweit redundante Versorgungsanlagen zu realisieren sind.

Bestandteil der elektrischen Ausrüstungen sind ebenfalls die zur Steuerung erforderlichen Detektionssysteme im Fahrraum. Gegebenenfalls können zusätzlich die Messwerte einer Verkehrsdichteerfassung zur Steuerung verwendet werden.

7. Signalisation

Statische Signale sind vorwiegend für Hinweissignale (Radio- und Verkehrsinformationssignale) sowie Zielsignalisation zu verwenden. Vorschriften- und Gefahrensignale sind als dynamische Signale (Wechselsignale, Fahrstreifenlichtsignale) auszurüsten, so dass bei sich ändernden Bedingungen und Ereignissen eine optimale Verkehrslenkung möglich ist.

Mit zugehörig sind die Versorgungs- und Datenkabelführung mit den entsprechenden Trasses und Verteilungen.

Berücksichtigt werden müssen zudem bestehende und allenfalls ergänzende Lichtsignale im Bereich der Anschlüsse sowie beim Parkhaus Bahnhof Rapperswil.

Die Steuerung erfolgt über die Anlagensteuerung sowie auf der untergeordneten Ebene mit Lokalsteuerungen. Übergeordnet oder parallel ist ein Verkehrsrechner als Koordinationsknoten mit Anbindungsmöglichkeit an ein übergeordnetes System einzusetzen. Grundsätzlich sind die Objekte Tunnel Meienberg, Tunnel Rapperswil und Seetunnel auf Ebene Lokalsteuerung getrennt zu führen.

Für die Verkehrsdatenerfassung sind drei Zählstellen vorzusehen welche jeweils in den Bereichen Portal Meienberg, Portal Seefeld und Anschluss St. Gallerstrasse platziert sind.

Fluchtwege und SOS-Signale sind nach dem zu erstellenden Sicherheitskonzept zu planen.

8. Überwachungsanlagen

Für die Branddetektion ist eine Kombination aus Rauchdetektion und linearem Wärmemelderkabel einzusetzen. Die Auswerteinheiten werden in den Zentralen untergebracht.

Die Verkehrsfernseh-Anlage ist so zu planen, dass eine lückenlose Überwachung der Tunnelabschnitte, der Anschlüsse, wie auch der Ein- / Ausfahrt Parkhaus Bahnhof Rapperswil möglich ist. Ausgewertet werden die Bilder in den jeweiligen zugehörigen Zentralen mit einem Bildauswertungssystem, so dass je nach detektiertem Ereignis automatische Reflexe ausgelöst werden können.

9. Kommunikation & Leittechnik

Von der räumlichen Anordnung der gesamten Verkehrsentlastung betrachtet, bilden alle Abschnitte inklusive Parkhaus eine übergeordnete betriebliche Einheit. Deshalb ist es auch zweckmässig den gesamten Streckenabschnitt mit einer unabhängigen Notrufanlage auszurüsten.

Die Anordnung der Alarmkasten mit integrierten Feuerlöschern in den Tunnelnischen sowie in den Vorzonen erfolgt in den vorgegeben Abständen von maximal 150m jeweils wechselseitig versetzt.

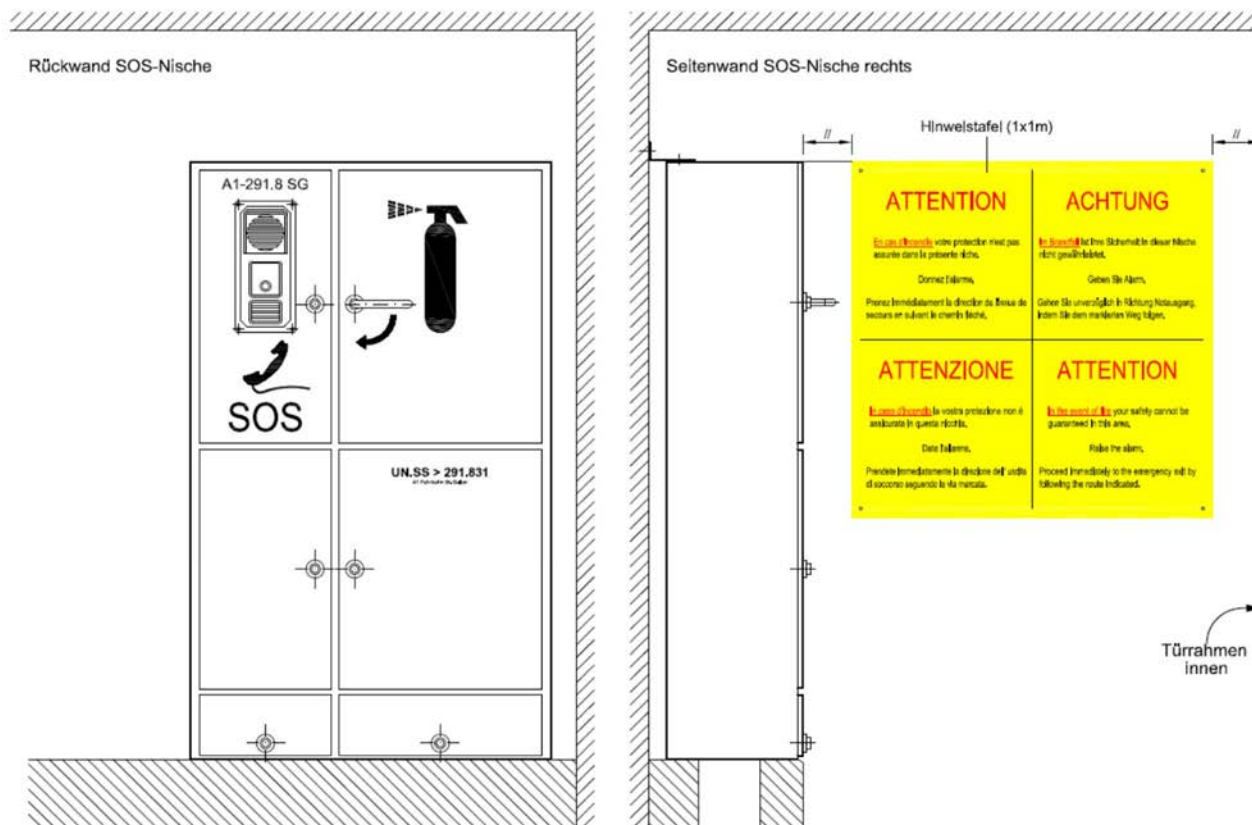


Abbildung 4.1 / Beispiel Alarmkasten Tunnelnische

Sprache und Daten werden über LWL übertragen. Die Energieversorgung erfolgt USV gestützt.

Für die Anforderungen an Funk- und Einsprechanlagen ist insbesondere auch die Organisation der Blaulichtorganisation von Bedeutung. Grundsätzlich muss sowohl Objektübergreifend wie auch deziert in den einzelnen Tunnels wie auch dem Parkhaus eine variable Möglichkeit der Einsprechtexpte geschaffen werden.

Die Leittechnik erfolgt über entsprechende Betriebsleitreehner mit Anbindung an ein übergeordnetes Leitsystem.

10. Kabelanlagen (Infrastruktur)

Im Werkleitungskanal ist sicherzustellen, dass im Ereignisfall die nicht betroffenen Objekte weiterhin sicher betrieben werden können. Dies betrifft insbesondere Transit- respektive Ringleitungen der Daten (primär LWL) wie auch der elektrischen Energieversorgung.

Im Fahrraum sind einzig entsprechend den Umgebungsbedingungen materialisierte Trasses einzusetzen.

Für die Erdungsanlage ist davon auszugehen, dass möglichst die in der Regel, speziell im Zentralbereich von Untertagbauten, massiven Bewehrungen des Bauwerks als Erder verwendet werden können. Es ist auch vorzusehen im Rahmen der Kabelrohranlagen mit Einbezug aller Schächte und den Übergängen zu den Elektrozentralen bei Bedarf ein ergänzendes Erdungssystem mit Sammel- und Ausgleichsleitungen zu realisieren.

11. Nebeneinrichtungen

Beleuchtung, Lüftung, Brandmeldeanlage, Heizungen sowie weitere Hausinstallationen sind in den zu planenden Zentralen zu berücksichtigen.

Ebenfalls auszurüsten gilt es die Werkleitungskanäle sowie Fluchtzonen.

Mit den Spezialisten Hydraulik sind die erforderlichen Pumpenanlagen respektive deren Steuerung und Versorgung zu konzipieren. Als integriert ist zudem die Löschwasserversorgung zu betrachten.

Anhang 2

Bericht Tunnellüftung

Auftraggeber
Client
Client
Cliente
Cliente

Kanton St. Gallen, Baudepartement Tiefbauamt

Objekt- / Projektname
Object / Project Name
Nom d'Objet / de Projet
Nome dell'oggetto / del Progetto
Nombre Objeto/Proyecto

Mobilitätszukunft Rapperswil-Jona

Berichtstitel
Report Title
Titre de Rapport
Titolo di Rapporto
Titolo di Reporte

Machbarkeitsstudie Tunnellösung: Tunnellüftung für die Variante 1 und die Variante 3

Verfasser
Author
Auteur
Autore
Autor

Stefano Lucchini, Matthias Lempp

Datum / Version
Date / Version
Date / Version
Data / Versione
Fecha / Versión

2017-02-17 / 1.0

HBI-Auftragsnummer
HBI Project Number
HBI Numéro de Projet
HBI Numero de Progetto
HBI Numéro de Proyecto

10.101.02.01.01

HBI-Berichtsnummer
HBI Report Number
HBI Numéro de Rapport
HBI Numero de Rapporto
HBI Numéro de Reporte

00-101-010

Impressum

<i>Volltitel</i>	Machbarkeitsstudie Tunnellösung: Tunnellüftung für die Variante 1 und die Variante 3
<i>Kurztitel</i>	Machbarkeitsstudie Tunnellösung: Tunnellüftung für die Variante 1 und die Variante 3
<i>Auftraggeber</i>	Kanton St. Gallen, Baudepartement Tiefbauamt
<i>Verfasser</i>	Stefano Lucchini, Matthias Lempp
<i>Projekt- / Objektname</i>	Mobilitätszukunft Rapperswil-Jona
<i>Auftragsnummer</i>	10.101.02.01.01
<i>Berichtnummer</i>	00-101-010
<i>Berichtdatum</i>	2017-02-17
<i>Version</i>	1.0
<i>Verteiler</i>	Rudolf Iten (Basler & Hofmann AG) Robert Schefer (WSP W. Schefer + Partner AG)

	<i>Autor</i>	<i>Prüfer</i>	<i>Freigabe</i>	<i>Vers.</i>	<i>Änderungen</i>
<i>Unterschrift oder Kürzel</i>	SLU	MLE	-	1.0	Erste Fassung
<i>Name</i>	Stefano Lucchini	Matthias Lempp	-		
<i>Datum</i>	2017-02-17	2017-02-17	-		

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung	5
2 Grundlagen	6
2.1 Referenzen	6
2.2 Geometrie	6
2.2.1 Situation Variante 1	6
2.2.2 Situation Variante 3	7
2.2.3 Tunnelquerschnitte Variante 1 und Variante 3	7
2.3 Verkehr	8
3 Analyse.....	9
3.1 Wahl des Lüftungskonzepts	9
3.2 Abluftventilatoren/Lüftungszentralen	10
3.3 Abluftklappen	12
3.4 Strahlventilatoren	13
3.5 Sensorik für die Tunnellüftung.....	14
3.6 Werkleitungskanal, WELK-Lüftung.....	14
3.7 Unterirdischer Kreisel für die Variante 1	15
3.8 Querschnitt Abluftkanal	15
3.9 Umwelt.....	15
3.10 Diverse	15
3.10.1 Risikoanalyse.....	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Angaben zum Raumbedarf der Abluftventilatoren für die beiden Variante11
 Tabelle 3.2: Technische Daten der Stahlventilatoren.....13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Schematische Situation Variante 1 (Tunnel Ost)6
 Abbildung 2.2: Schematische Situation Variante 3 (Tunnel direkt)7
 Abbildung 2.3: Normalprofil des Tunnels (Abschnitt Tunnel Rapperswil, Seetunnel), *Quelle:*
 [7]8
 Abbildung 3.1: Graphisches Schema zur Bestimmung des erforderlichen Lüftungssystems:
 Variante 1: grüne Linie, Variante 2: blaue Linie9
 Abbildung 3.2: Teilbewertung und daraus resultierende Gesamtbewertung aus der ASTRA
 Richtlinie 13 001 Lüftung der Strassentunnel.....9
 Abbildung 3.3: Skizze Abluftkanal mit Lüftungszentrale für die Variante 110
 Abbildung 3.4: Skizze Abluftkanal mit Lüftungszentrale für die Variante 310
 Abbildung 3.5: Beispiel einer Lüftungszentrale11
 Abbildung 3.6: Mögliche Anordnung der Lüftungszentrale. Bei einer Anordnung über der
 Fahrbahn sind die Abluftventilatoren über eine Montageöffnung in der Decke
 Ein- und Auszubringen. Möglichkeit 2 ist hinsichtlich Anströmung der
 Abluftventilatoren ein Kompromiss. Möglichkeit 1 ist zu bevorzugen.12
 Abbildung 3.7: Mögliche Anordnung der Abluftklappen mit Punktabsaugung13
 Abbildung 3.8: Mögliche Anordnung der Strahlventilatoren für die Variante 1 Anordnung in
 der Nähe der Portale mit 12 SV im Haupttunnel (SV D_a: 800 mm)14
 Abbildung 3.9: Mögliche Anordnung der Strahlventilatoren für die Variante 3 Anordnung in
 der Nähe von den Portale mit 12 SV im Haupttunnel (SV D_{Aussen}: 1000 mm)
 zuzüglich min. 300 mm ab Decke.....14
 Abbildung 3.10: Anordnung der WELK-Ventilator und der Schleuse.....15

1 Einleitung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde durch die HBI Haerter AG die erforderliche Fahrraumlüftung und Lüftung des Werkleitungskanals WELK für den Normalbetrieb und den Ereignisbetrieb untersucht. Es wurden zwei Varianten untersucht: die sogenannten Variante 1 (Tunnel Ost) und die Variante 3 (Tunnel direkt).

Im vorliegenden Bericht sind die wesentlichen Aspekte der benötigten Fahrraumlüftung und Lüftung des Werkleitungskanals WELK für die zwei Varianten aufgezeigt. Weiter wird auf den Einfluss des geplanten Kreisels für die Variante 1 eingegangen.

2 Grundlagen

2.1 Referenzen

Als Grundlage der Beurteilung wurden folgenden Dokumente herangezogen:

Normen und Richtlinie:

- [1] SIA 197/2 Projektierung Tunnel – Strassentunnel
- [2] ASTRA Richtlinie 13001 „Lüftung der Strassentunnel“, Ausgabe 2008 V2.02

Gelieferte Pläne und Informationen:

- [3] IG Rose c/o Basler & Hofmann AG, Plansituation 1:2000, Variante 1, Tunnel Ost, Plan 00.04-11, Stand 24.01.2017, ENTWURF
- [4] IG Rose c/o Basler & Hofmann AG, Längenprofil 1:2500/500, Variante 1, Tunnel Ost, Plan 00.05-12, Stand 24.01.2017, ENTWURF
- [5] IG Rose c/o Basler & Hofmann AG, Plansituation 1:2000, Variante 3, Tunnel direkt, Plan 00.04-31, Stand 27.01.2017, ENTWURF
- [6] IG Rose c/o Basler & Hofmann AG, Längenprofil 1:2500/500, Variante 3, Tunnel direkt, Plan 00.05-32, Stand 27.01.2017, ENTWURF
- [7] Kanton SG, Stadt Rapperswil-Jona; Plan «Mobilitätszukunft Rapperswil-Jona, Lösungsfamilie 6, Verbindung Hurden – A53 mit einem Stadttunnel lang», Plan-Nr. 90620.05-207, 13.09.2013
- [8] Sitzung am 01.02.2017 mit Rudolf Iten (B&H)

2.2 Geometrie

2.2.1 Situation Variante 1

In Abbildung 2.1 ist die Variante 1 schematisch dargestellt. Die Informationen wurden den Grundlagen [3], [4] und [8] entnommen.

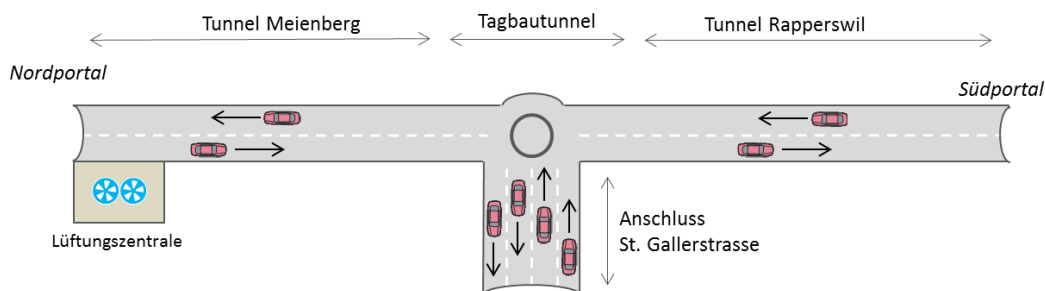


Abbildung 2.1: Schematische Situation Variante 1 (Tunnel Ost)

Eigenschaften des Tunnels:

- Länge des Tunnels: ca. 2.2 km bestehend aus:
 - Tunnel Meienberg (ca.1000 m lang)
 - Tagbautunnel im Bereich St. Gallerstrasse (ca. 260 m lang)
 - Tunnel Rapperswil (ca. 960 m lang)

- Maximale Steigung im Tunnel: ca. 5%
- Anschluss St. Gallerstrasse (ca. 100 m lang)
- Unterirdischer Kreislauf (zum Anschluss St. Gallerstrasse)
- Einfahrts- / Ausfahrtsrampe beim Kreislauf

2.2.2 Situation Variante 3

In Abbildung 2.2 ist die Variante 3 schematisch dargestellt. Die Informationen wurden den Grundlagen [5], [6] und [8] entnommen.

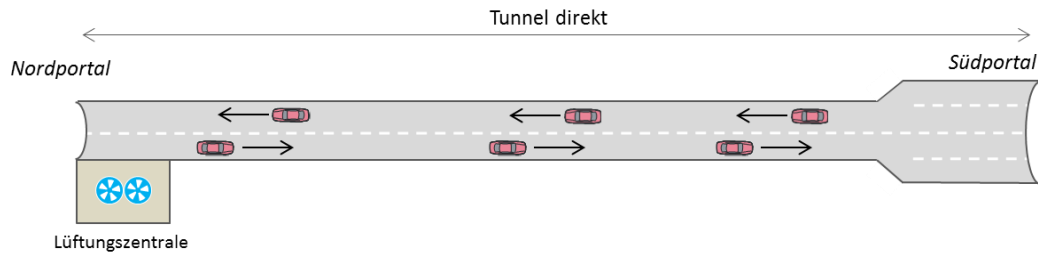


Abbildung 2.2: Schematische Situation Variante 3 (Tunnel direkt)

Eigenschaften des Tunnels:

- Länge des Tunnels: ca. 1.7 km:
- Maximale Steigung im Tunnel: ca. 5%
- Erweiterung des Querschnitts auf 4 Spuren beim Portal Süd

2.2.3 Tunnelquerschnitte Variante 1 und Variante 3

Bei der Beurteilung wurde für die Variante 1 und Variante 3 von folgenden Grundlagen und Charakteristiken ausgegangen:

- 1 Röhre à 2 Spuren, Gegenverkehrsbetrieb
- Querschnitt Fahrraum mit ca. 60 m² Querschnittfläche (aus dem Normalprofil vom Plan [7] geschätzt und an die Sitzung [8] besprochen)
- Der WELK dient auch als Fluchtweg

Normalprofil TBM mit WELK, 1:100

(Schild-TBM mit Tübbing)
 Ausbruchquerschnitt ca. 143 m²

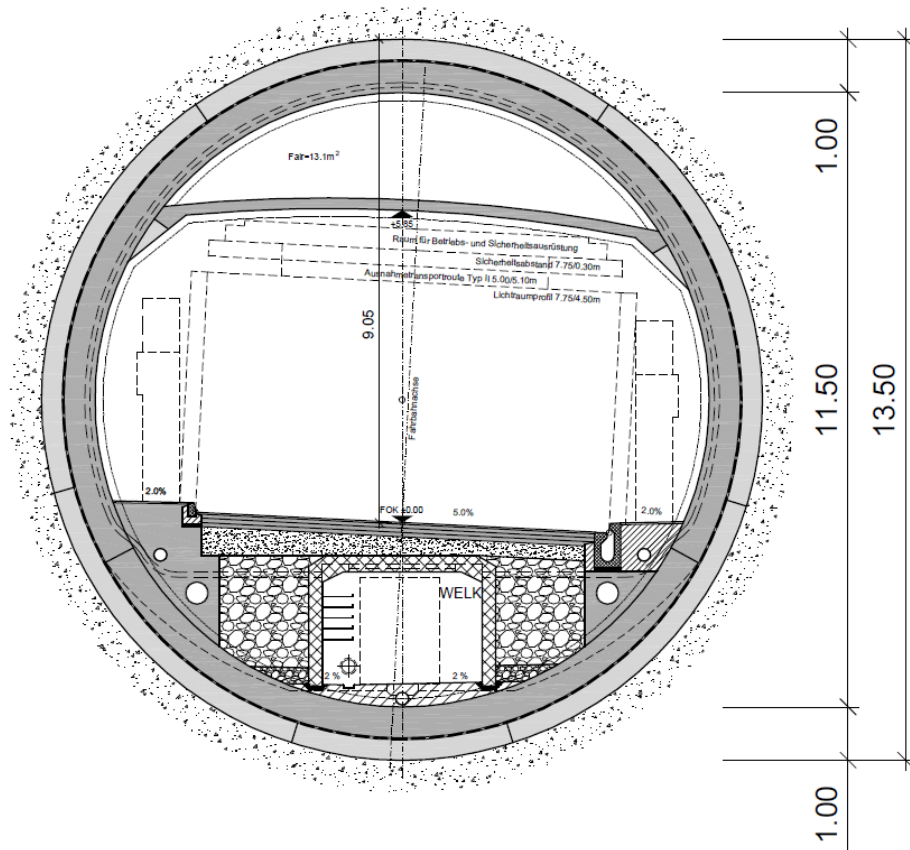


Abbildung 2.3: Normalprofil des Tunnels (Abschnitt Tunnel Rapperswil, Seetunnel), *Quelle:* [7]

2.3 Verkehr

Die Verkehrsdaten sind derzeit nicht bekannt und für die Dimensionierung der Lüftungsanlage nicht unbedingt notwendig, da auf Grund der Tunnellängen ein Absaugsystem nach ASTRA 13 001 erforderlich ist und der Ereignisbetrieb für die Auslegung der Lüftungskomponenten massgebend ist.

3 Analyse

3.1 Wahl des Lüftungskonzepts

Die Auswahl des Lüftungssystems erfolgt gemäss dem graphischen Schema aus der ASTRA Richtlinie 13 001, siehe Abbildung 3.1. Die verschiedenen Lüftungssysteme zeichnen sich durch die folgenden Eigenschaften aus:

- System der natürlichen Lüftung:
 - Keine mechanischen Lüftungskomponenten
- Lüftungssysteme ohne Absaugung im Ereignisfall:
 - Lüftungssystem mit Strahlventilatoren im Fahrraum
- Lüftungssysteme mit Absaugung im Ereignisfall:
 - Lüftungssystem mit begehbarem Abluftkanal über der Fahrbahn
 - Abluftklappen
 - Lüftungszentrale(n) mit Abluftventilatoren
 - Strahlventilatoren im Fahrraum

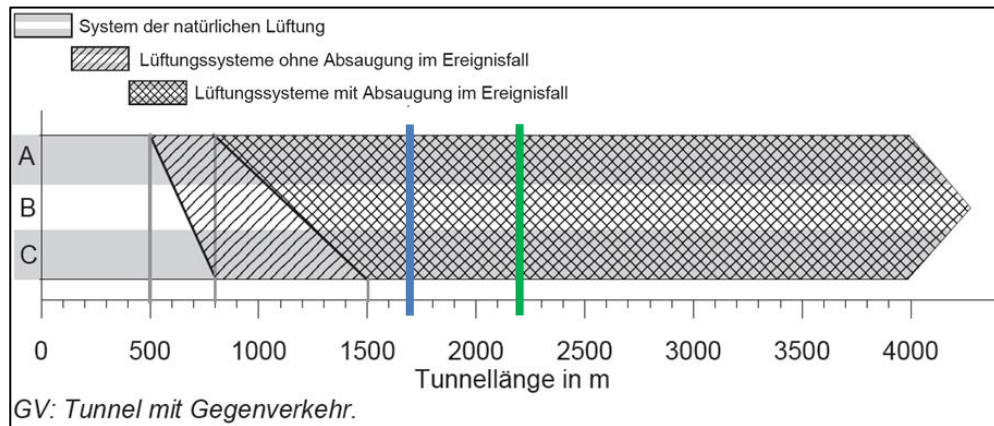


Abbildung 3.1: Graphisches Schema zur Bestimmung des erforderlichen Lüftungssystems: Variante 1: grüne Linie, Variante 3: blaue Linie

Die Zuteilung nach der Kategorie A, B und C erfolgt aufgrund der prognostizierten Verkehrsdaten und der Neigung des Tunnels.

Gesamtbewertung	Teilbewertungen (unabhängig von der Reihenfolge)
A	O-O-O, O-O-M, O-O-U, O-M-M
B	O-M-U, O-U-U, M-M-M, M-M-U
C	M-U-U, U-U-U

Abbildung 3.2: Teilbewertung und daraus resultierende Gesamtbewertung aus der ASTRA Richtlinie 13 001 Lüftung der Strassentunnel

Aus der Abbildung 3.1 sieht man, dass bei beiden Varianten, unabhängig von der Gesamtbewertung, ein Lüftungssystem mit Absaugung erforderlich ist.

3.2 Abluftventilatoren/Lüftungszentralen

Wie im Kapitel 3.1 erwähnt, ist eine Lüftungssysteme mit Absaugung im Ereignisfall mittels steuerbarer Abluftklappen vorzusehen. Für beide Varianten wird der Tunnel als ein Abschnitt berücksichtigt. In beiden Varianten besteht ein langer, zusammenhängender Abluftkanal. Die Varianten werden von einer Lüftungszentrale am Portal Nord bedient. In der Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 ist die Anordnung der Lüftungszentrale und des Abluftkanals dargestellt. Der genaue Standort der Zentrale ist unter Berücksichtigung von Gesichtspunkten wie Zugänglichkeit (Zufahrt von aussen) und geeigneter Lage für einen Abluftkamin zu bestimmen.

Für die Ein-/Ausfahrttrampe (Variante 1) ist kein Absaugssystem vorgesehen.

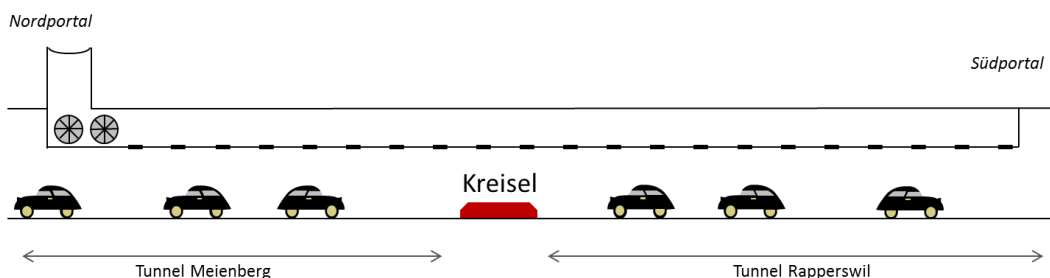


Abbildung 3.3: Skizze Abluftkanal mit Lüftungszentrale für die Variante 1

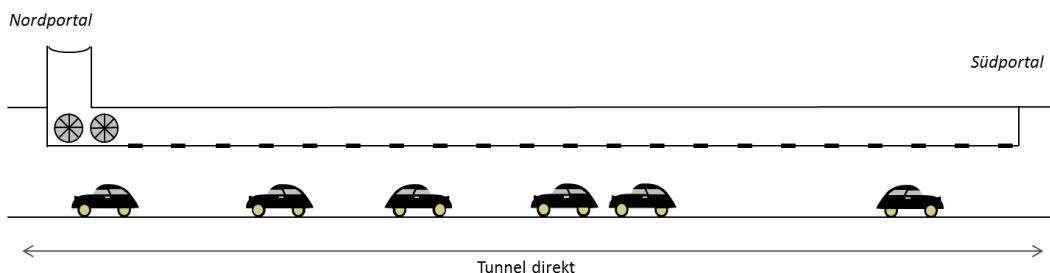


Abbildung 3.4: Skizze Abluftkanal mit Lüftungszentrale für die Variante 3

Für die Dimensionierung des Abluftsystems wird von den Luftmengen für das Normalprofil ausgegangen. Bei Variante 1 sind grössere Tunnelquerschnitte im Bereich des Kreisels über eine Strecke von ca. 240 m vorhanden. Bei Variante 3 ergeben sich über eine Länge von ca. 260 m grössere Tunnelquerschnitte am Südportal.

Gemäss ASTRA 13 001 [2] sind verrauchte Bereiche über 200 m (entspricht dem Bereich über 3 offen Abluftklappen) resp. 300 m (max. zulässige Länge des Portalbereichs ohne Zwischendecke/Absaugung) akzeptiert. Da die Abschnitte mit grösseren Querschnittsflächen bei beiden Varianten kürzer als 300 m sind, erachten wir es als zulässig, dass in diesen Bereich nicht die geforderte Abluftmenge von 4-mal dem Tunnelquerschnitt erreicht werden kann.

Die ASTRA Richtlinie 13 001 [2] schreibt vor, dass beim Ausfall eines Abluftventilators während mehr als 72 Stunden im Tunnel risikomindernde Massnahmen vorzusehen sind, bis die Lüftungsanlage wieder vollumfänglich zur Verfügung steht. Für die Machbarkeitsstudie gehen wir davon aus, dass eine vollwertige Umfahrung zur Verfügung steht, d.h. dass die Anordnung von zwei Abluftventilatoren ausreichend ist.

Gemäss [1] muss der Abluftkanal über dem Fahrraum so gestaltet sein, dass eine minimale Höhe von 1.9 m in der Mitte des Kanals entsteht. Aus dem Normalprofil des Plans [7] wurde eine Höhe des Abluftkanals von 1.96 m abgeschätzt.

Die 2 Abluftventilatoren sowohl für die Variante 1 als auch für die Variante 3 werden für eine Abluftmenge von insgesamt 300 m³/s (min. Abluftmenge: 240 m³/s plus Leckage: ca. 30 m³/s und aufgerundet) ausgelegt. Daraus ergibt sich der folgende Raumbedarf in der Lüftungszentrale:

V	D _a	D ₀	L	H	B	F _R	P _{el}
[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[kW]
2* 150	2.5	2.8	9.0	8.5	11.00	25	~720

- V: Volumenstrom
- D_a: Durchmesser eines Ventilatorlaufrades
- D₀: Aussendurchmesser eines Ventilators
- L: Länge eines Ventilators mit Übergangsstück
- H: Mindesthöhe des Betriebsraumes mit Krananlage
- B: Mindestbreite des Betriebsraumes bei zwei Abluftventilatoren ohne Abstellfläche für Reparaturarbeiten
- F_R: Querschnitt Rauchausslass
- P_{el}: Elektrische Anschlussleistung pro Ventilator (Annahme: Δp_{tot} = 3000Pa, η_{tot} = 0.63)

Tabelle 3.1: Angaben zum Raumbedarf der Abluftventilatoren für die beiden Variante

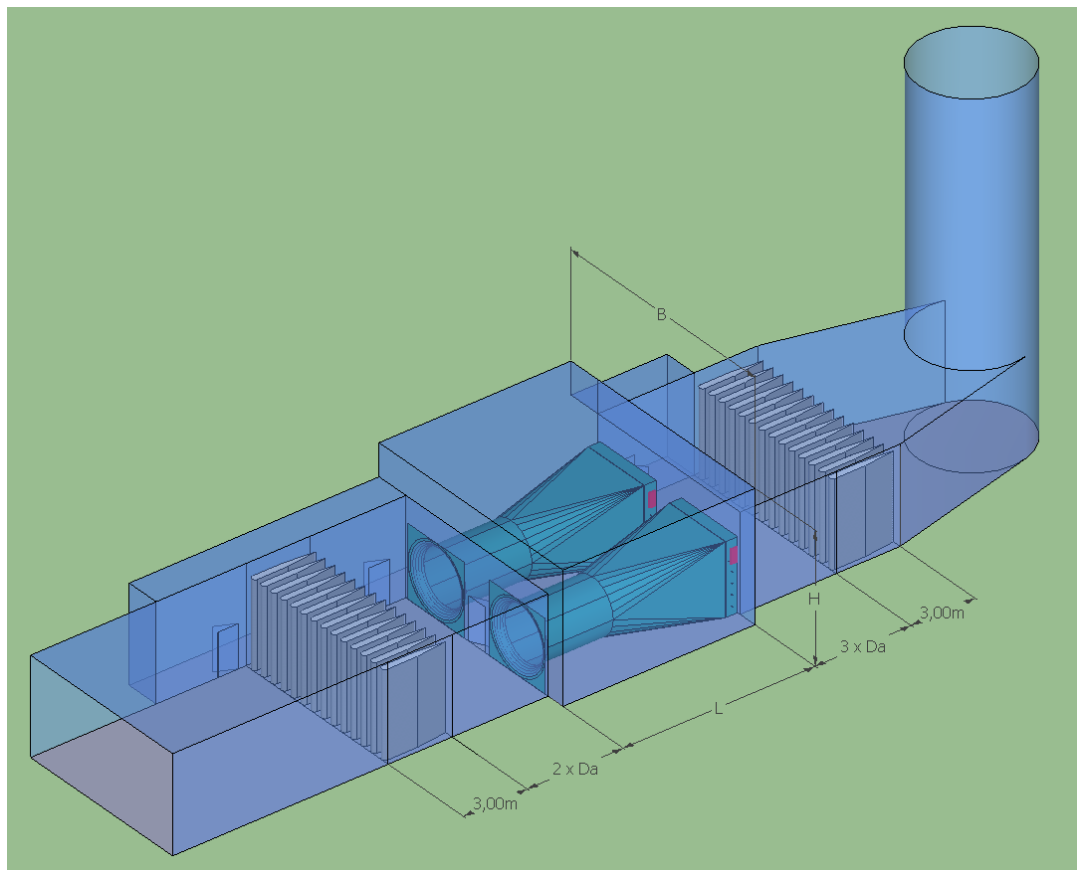


Abbildung 3.5: Beispiel einer Lüftungszentrale

Wird das Lüftungssystem auch im Normalbetrieb genutzt (Betrieb > 200 h/a), so hat die Bauhöhe des Kamins min. 10 m über Terrain oder 3 m über den Baumwipfeln zu betragen. Es wird davon ausgegangen, dass die Tunnellüftung auch im Normalbetrieb zu Sicherstellung der Luftqualität im Fahrraum erforderlich ist.

Die minimale Höhe der Rauchausslassöffnung (kein Betrieb des Abluftsystems im Normalbetrieb) würde 3 m über Boden betragen, sofern im Umkreis von ca. 50 m um den Rauchausslass keine höhere Bebauung vorhanden ist. Bei naher Bebauung muss die Höhe des Rauchausslasses die Traufhöhe des Gebäudes um mindestens 2 m übersteigen.

Die Thematik Kaminhöhe resp. Höhe der Rauchausslassöffnung muss mit den Umweltspezialisten noch geklärt werden.

Abbildung 3.5 zeigt eine schematische Skizze der Lüftungszentrale ohne Elektroräume und Erschliessung. Die Zentrale kann über dem Fahrraum angeordnet werden, sofern die Abluftventilatoren nicht nach unten ausgebracht werden, sondern nach oben z.B. mit einem Pneukran rausgehoben werden.

In der folgenden Abbildung 3.6 werden die möglichen Anordnungen der Lüftungszentrale in Bezug auf den Fahrraum dargestellt:

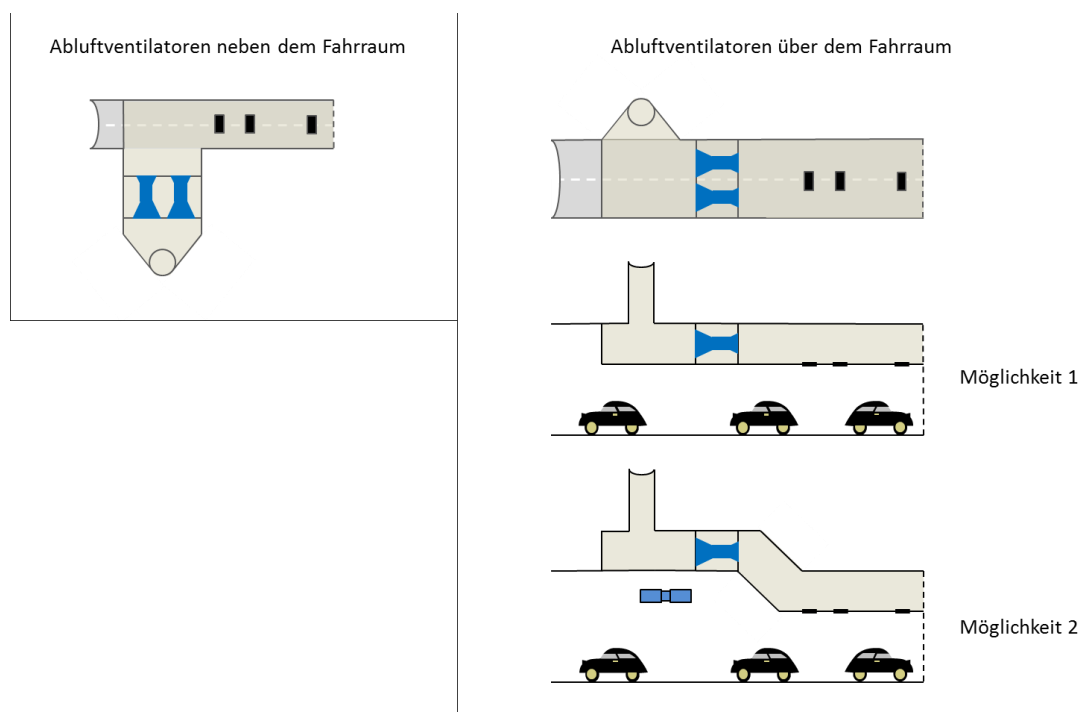


Abbildung 3.6: Mögliche Anordnung der Lüftungszentrale. Bei einer Anordnung über der Fahrbahn sind die Abluftventilatoren über eine Montageöffnung in der Decke Ein- und Auszubringen. Möglichkeit 2 ist hinsichtlich Anströmung der Abluftventilatoren ein Kompromiss. Möglichkeit 1 ist zu bevorzugen.

3.3 Abluftklappen

Es ist vorgesehen, Abluftklappen in die Zwischendecke zu montieren um der Tunnel zu enttauchen. Die Abluftklappen werden entsprechend den Vorgaben der ASTRA Richtlinie 13 001 [2] dimensioniert.

Es wird eine Abluftklappe mit einer freien Durchlassfläche von ca. 4.3 m² ausgewählt. Die erforderliche Aussparung pro Abluftklappe in der Zwischendecke hat Masse von ca. 2600 mm x 2110 mm.

Beim Ereignisfall werden 3 Abluftklappen am Brandort geöffnet.

Die Abluftklappen werden in die Zwischendecke alle 100 m montiert. Weiter sind Punktab-saugungen mit verdichtetem Abstand der Abluftklappen an beiden Portalen und im Bereich des Kreisels bei Variante 1 vorzusehen (siehe Abbildung 3.7).

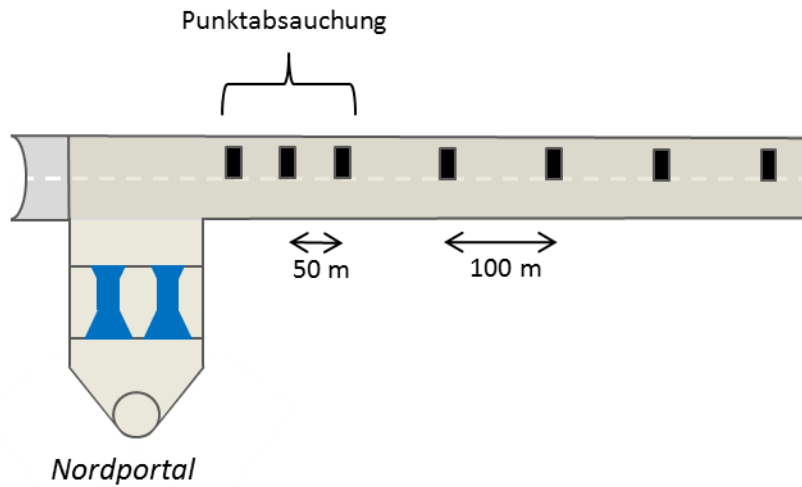


Abbildung 3.7: Mögliche Anordnung der Abluftklappen mit Punktab-saugung

3.4 Strahlventilatoren

Für die Abschätzung im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde für beide Variante der gleiche Typ von Strahlventilator (SV) gewählt. Die Anzahl SV ist für die beiden Varianten dieselbe.

Durchmesser des Laufrads D_a	800	mm
Aussendurchmesser	~1000	mm
Länge mit Schalldämpfer $2 \cdot D_a$	~4400	mm
Stand Schub	950	N
Motornennleistung	37	kW
reversierbare Blasrichtung	ja	
Anzahl notwendigen SV (ohne SV im Anschluss St. Gallerstrasse)	12	#

Tabelle 3.2: Technische Daten der Strahlventilatoren

Die Strahlventilatoren sind am einfachsten im Tagbautunnel im Bereich der Portale zu installieren, da es hier keine Zwischendecke und deswegen mehr Platz gibt. Die Strahlventilatoren werden in Dreiergruppen angeordnet. Für die Mindestabstände bei der Anordnung der Strahlventilatoren dieser Baugrösse sind folgende Richtwerte einzuhalten:

- Zum nächsten Portal 80 m
- Zur nächsten SV-Gruppe 100 m
- Abstand zwischen Gehäuse und Decke 300 mm
- Abstand zwischen Gehäuse und Lichtraumprofil 300 mm
- Seitlicher Abstand zwischen zwei SV 1000 mm

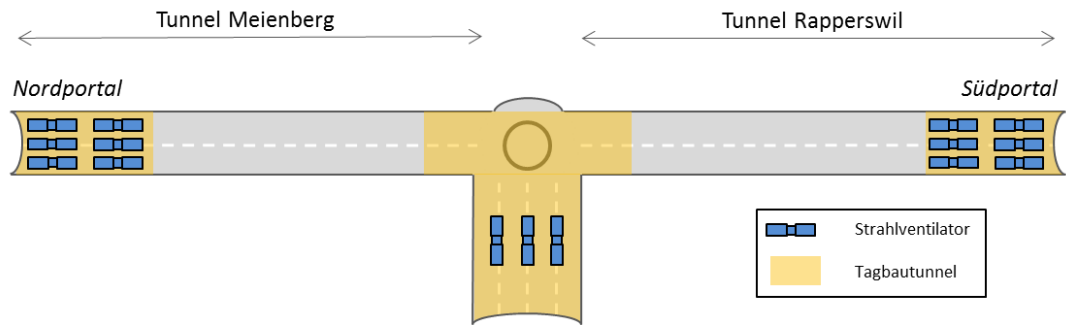


Abbildung 3.8: Mögliche Anordnung der Strahlventilatoren für die Variante 1
 Anordnung in der Nähe der Portale mit 12 SV im Haupttunnel (SV D_{Aussen} :
 1000 mm) zuzüglich min 300 mm ab Decke

Die Ein-/Ausfahrspur benötigt auch Strahlventilatoren. Im Tagbautunnel muss daher die Decke genug Hoch gebaut werden.

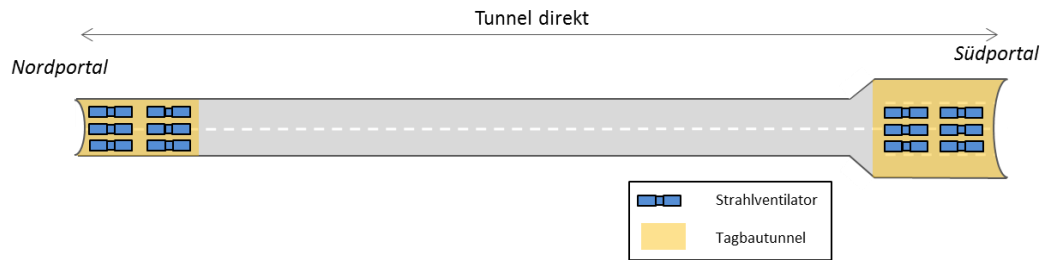


Abbildung 3.9: Mögliche Anordnung der Strahlventilatoren für die Variante 3
 Anordnung in der Nähe von den Portale mit 12 SV im Haupttunnel (SV D_{Aussen} :
 1000 mm) zuzüglich min. 300 mm ab Decke

3.5 Sensorik für die Tunnellüftung

Im Tunnelfahrraum ist die folgende Sensorik für die Tunnellüftung anzuordnen:

- Rauchmelder: alle 100 m bei den Abluftklappen
- Sichttrübungsmessgeräte: ca. alle 700 m
- Strömungsmessgeräte:
 - Für die Variante 1: 5-mal je 3 Messquerschnitte
 - Für die Variante 3: 2-mal je 3 Messquerschnitte
- Temperatur- und Feuchtigkeitsmessgeräte bei den Portalen für die Taupunktberechnungen

Bis zur Realisierung des Tunnels sind evtl. andere Leitstoffe wie z.B. NO₂ massgebend, sodass dann gegebenenfalls eine entsprechende Sensorik installiert werden muss.

3.6 Werkleitungskanal, WELK-Lüftung

Da der Welk als Fluchtweg vorgesehen ist, sind zwei «WELK-Ventilatoren» zu installieren, um einen Überdruck im WELK zu gewährleisten. Die zwei WELK-Ventilatoren sind in der Nähe der Portale (einer am Portal Nord und einer am Portal Süd) vorzusehen. Schleusen am WELK-Portal sind auch vorzusehen. Eine Überdruckklappe (pro Portal), um eine maximale Überdruck im WELK zu begrenzen ist ebenfalls verlangt.

Eine typische bauliche Anordnung für einen WELK-Ventilator am WELK-Portal ist Abbildung 3.10 zu entnehmen.

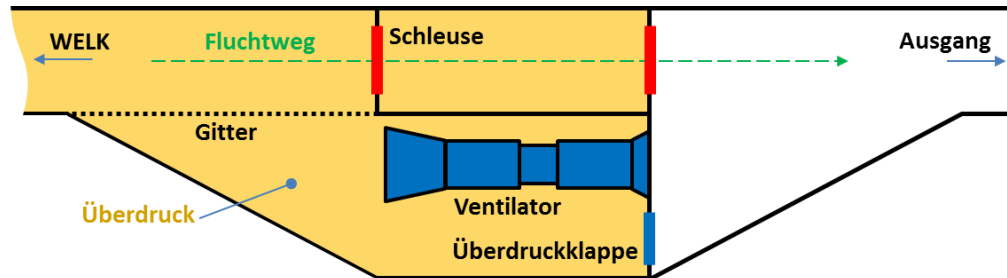


Abbildung 3.10: Anordnung der WELK-Ventilator und der Schleuse

3.7 Unterirdischer Kreisel für die Variante 1

Ein unterirdischer Kreisel ist grundsätzlich unerwünscht, da er Stau im Tunnel verursachen kann und somit das Unfallrisiko erhöht. Folgenden Bemerkungen müssen deswegen berücksichtigt werden:

- Es darf auf jeden Fall keinen Rückstau am Kreisel entstehen
- Der Kreisel muss so wenig wie möglich Einflüsse auf die Geschwindigkeit der Fahrzeuge haben (Harmonikaeffekt vermeiden). Eine homogene Fahrgeschwindigkeit entlang des Tunnels ist erwünscht.

Das Thema Rückstau gilt auch für Kreisel in der Nähe vom Portalen: Diese müssen so gebaut werden, dass keinen Rückstau bis ans Portal entsteht.

3.8 Querschnitt Abluftkanal

Gemäss der Informationen in [7] und [8] beträgt der Querschnitt des Abluftkanals 13.1 m² resp. 12.4 m². Diese ist gemäss [2] nicht ausreichend. Eine minimale Querschnittgrösse von 15.6 m² erfüllt die Anforderung aus [2].

3.9 Umwelt

Folgenden Themen sollen noch mit dem PV-Umwelt geklärt werden.:

- Anforderungen an Kaminhöhe
- Immissionen an den Portalen, Immissionsschutzlüftung

3.10 Diverse

3.10.1 Risikoanalyse

Aufgrund der grossen Steigungen im Tunnel von bis zu 5% und der potentiellen Stauquelle (Kreisel) empfehlen wir, zusätzliche eine vertiefte Risikoanalyse durchzuführen.