

Sihltal Zürich Uetliberg Bahn  
Wolframplatz 21  
8045 Zürich

Amberg Engineering AG  
Trockenloostrasse 21  
Postfach  
8105 Regensdorf-Watt  
Schweiz

Tel. +41 44 870 91 11  
mtroendle@amberg.ch  
www.amberggroup.com  
CHE-116.289.290 MWST

#### 4. Hauptinspektion (2018) Tunnelbauwerke SZU

## Tunnel Gattikon

### Zustandsbericht

Bericht Nr. B218 / 01

Regensdorf, 31. Januar 2019



Inhalt	Seite
1. Ziel der Inspektion .....	3
2. Ablauf der Inspektion des Tunnels Gattikon.....	4
3. Grundlagen.....	5
4. Technische Daten des Tunnels Gattikon .....	6
4.1. Ursprüngliche Ausführung .....	7
4.2. Instandsetzungen bis zur Hauptinspektion.....	7
5. Festgestellte Schäden im Tunnel Gattikon.....	8
5.1. Gewölbe .....	8
5.1.1. Zustand des Ortbetons .....	8
5.1.2. Risse .....	8
5.1.3. Wasser und Kalkablagerungen.....	9
5.1.4. Gewölbeform .....	9
5.1.5. Profilverhältnisse .....	10
5.2. Portalbereiche .....	10
6. Beurteilung des Tunnels Gattikon in Bezug auf Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit .....	11
6.1. Wasser und Folgeerscheinungen .....	11
6.2. Risse .....	11
6.3. Beurteilung in Bezug auf die Tragsicherheit.....	12
6.4. Beurteilung in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit .....	12
7. Resultate der Hauptinspektion.....	13
7.1. Zusätzliche Überwachung, Untersuchungen, Messungen .....	13
7.2. Empfohlene Bau- und Unterhaltmassnahmen.....	13
7.3. Schlussbeurteilung .....	14
7.4. Bedeutung der Zustandsbeurteilung .....	15

## 1. Ziel der Inspektion

Auf der Strecke Langnau – Sihlwald – Sihlbrugg führt das Bahntrasse der Sihltal Zürich Uetliberg Bahn (SZU) durch den Tunnel Gattikon, welcher in den Fünfzigerjahren erbaut wurde. Zwischen dem Bahnhof Wiedikon und der SZU-Station Giesshübel, unterhalb der Sihlhochstrasse, befindet sich ein weiteres Tunnelbauwerk, der Tunnel Manesse, welcher 1927 in Betrieb genommen wurde.

Die SZU beauftragte 2018 die Amberg Engineering AG, Regensdorf, für diese zwei Tunnel die vierte Hauptinspektion durchzuführen.

Die Hauptinspektion setzt sich aus den nachstehenden Arbeitsschritten zusammen:

- 1) Scanning mittels eines Tunnelscanners zur Gewinnung der Daten für die Inspektionssoftware TunnelMap.
- 2) Vorinspektion im Büro zur vorgängigen Erfassung von erkennbaren Schäden auf den Graustufenbildern.
- 3) Visuelle Tunnelinspektion zur Aufnahme von Schäden und Verifizierung von bereits in vorangegangenen Inspektionen gemachten und während der Vorinspektion erfassten Beobachtungen.
- 4) Auswertung der gesammelten Daten und Dokumentation.

Die Laserscanning-Aufnahmen umfassen die Erstellung eines Graustufenbildes und die Ermittlung der Abwicklungsdaten. Die gewonnenen Informationen dienen der digitalen Inspektionssoftware TunnelMap als Grundlagendaten.

Die Vorinspektion im Büro erfolgt mittels der Inspektionssoftware TunnelMap. Dabei werden die auf den Graustufenbildern erkennbaren Schäden, Installationen usw. im TunnelMap erfasst. Die Darstellung der Daten erfolgt in Form eines Katasterplans, welcher das Tunnelgewölbe in abgewickelter Form darstellt. Durch die Vorinspektion im Büro kann die Zeit im Feld deutlich verkürzt werden, da die wesentlichen Schäden bereits im Büro erfasst werden.

Die Inspektion selbst umfasst die visuelle Aufnahme und die digitale Erfassung von Schäden, Baumaterialien und Einrichtungen in den Tunnels, die auf den Graustufenbildern nicht oder nur schwer erkennbar sind.

Mit der Inspektion werden folgende Ziele verfolgt:

- Aussage über den aktuellen baulichen Zustand des Tunnels.
- Angaben darüber, an welchen Stellen Handlungsbedarf besteht.
- Empfehlung von Massnahmen (weitere Überwachungsmassnahmen, bauliche Massnahmen).
- Aufzeigen von Veränderungen gegenüber den letzten Hauptinspektionen.
- Ergänzung der bauherrenseitig vorhandenen Bauwerksdokumentationen.

## **2. Ablauf der Inspektion des Tunnels Gattikon**

Die vierte Hauptinspektion im Tunnel Gattikon erfolgte in der Nachtschicht von Montag auf Dienstag, 26./27. November 2018. Die Inspektion wurde während einer Totalsperrung des Tunnels (Sperrung des Gleises, Abschaltung und Erdung der Fahrleitung) zwischen 20h00 und 01h00 durch Herr Michael Troendle (Amberg Engineering AG) durchgeführt. Die Unterstützung der Arbeiten (Beantragung der Sperrung, Erdung des Fahrdrabtes, Bedienung des Traktors) erfolgte durch zwei Mitarbeiter der SZU (Traktionsführer und Fahrdienstleiter).

Zum Zeitpunkt der Zustandsaufnahme gab es leichten Regen bei 4°C. Vor der Hauptinspektion gab es eine längere Trockenperiode.

Im weiteren Verlauf des Berichtes bleiben, wo dies als sinnvoll erachtet wird, die Erkenntnisse der letzten Hauptinspektionen erhalten, um die Entwicklung des Zustandes seit den letzten Inspektionen verfolgen zu können. Änderungen, Ergänzungen und Folgerungen anlässlich der aktuellen Folgeinspektion werden in **blauer Farbe und durch zeitliche Angaben** ergänzt.

### **3. Grundlagen**

- 3. Hauptinspektion von 2013, Amberg Engineering AG, Regensdorf, 18. Juni 2013
- Graustufenbilder und Abwicklungsdaten (Scanneraufnahmen), Amberg Technologies AG, Regensdorf, 26. April 2018
- Graustufenbilder und Abwicklungsdaten (Scanneraufnahmen), Amberg Technologies AG, Regensdorf, 15. Februar 2013
- 2. Hauptinspektion von 2008, Amberg Engineering AG, Regensdorf, 30. Januar 2009
- 1. Hauptinspektion von 2002, Amberg Engineering AG, Regensdorf, 06. September 2002

## 4. Technische Daten des Tunnels Gattikon

Linie:	712 Zürich Selnau – Adliswil - Sihlbrugg	
Strecke:	Langnau-Gattikon – Sihlwald	
Ort:	Gattikon (Gemeinde Thalwil)	
Geologie:	Lockergestein	
Unterquert:	Siedlungsgebiet	
Max. Überdeckung:	wenige Meter	
Kilometer Anfang Tunnel (Portal Langnau-Gattikon):	km 11'043.00	
Kilometer Ende Tunnel (Portal Sihlwald):	km 11'384.00	
Tunnellänge (gemäss TunnelMap):	341.00 m	
Profil:	Hufeisen, ohne Sohlgewölbe	
Ausbruchquerschnitt:	24.0 m <sup>2</sup>	
Max. Neigung:	21.0 ‰ Steigung in Richtung Sihlwald	
Inbetriebnahme Tunnel:	1959	
Anzahl Gleise:	1	
Betrieb:	elektrisch (Fahrleitung)	
Oberbau:	Schotteroberbau mit Holzschwellen (Tunnelinneres) und Betonschwellen (Portalbereiche)	
Anzahl Zonen (Aufnahmeabschnitte):	35	
Zonenlängen	1 Zone	7.0 m
	33 Zonen	10.0 m
	1 Zone	4.0 m
Besonderheiten	Querung durch ehemaligen Fabrikkanal unterhalb des Tunnelgewölbes zwischen ca. km 11'320 und 11'345 Querriegel in der Sohle in unregelmässigen Abständen	

#### 4.1. Ursprüngliche Ausführung

Der Tunnel Gattikon wurde im Tagbau erstellt. Er führt mit nur geringer Überdeckung unter verschiedenen Gebäuden, welche nachträglich gebaut wurden, hindurch. Beim Profil handelt es sich um ein Hufeisenprofil mit einem lichten Querschnitt von 24.0 m<sup>2</sup>.

Die Tunnelwände wie auch der Scheitel wurden aus Ortbeton erstellt. In unterschiedlichen Abständen sind im Tunnel Gattikon zwei einander gegenüberliegende Fluchtnischen angeordnet. Die maximale Distanz zwischen zwei Nischen beträgt ca. 50 Meter. Der Abstand der ersten Nischen ab den Portalen beträgt je ca. 30 Meter ([Abweichung zur AB EBV, Art. 28.2, Portalabstand: 25 m](#)).

Die Tunnellängsentwässerung (ø 350 mm) verläuft auf der linken Tunnelseite in Kilometrierungsrichtung gesehen. Jeweils auf Nischenhöhe befindet sich ein [rechteckiger Kontrollschacht aus Beton, welcher mit einem Metallgitter abgedeckt ist](#). Auf beiden Tunnelseiten befindet sich zudem je ein Kabelkanal [aus Betonelementen](#). Das Wasser fliesst vom Portal Sihlwald gegen ([Sihl](#)) die Kilometrierungsrichtung zum Portal Langnau-Gattikon und von dort aus in den Vorfluter.

Die Fahrleitungstragwerke sind aus Profilgründen in kleinen Nischen im Tunnelfirst befestigt worden.

#### 4.2. Instandsetzungen bis zur Hauptinspektion

Es ist nicht bekannt, inwiefern bis zum heutigen Zeitpunkt Instandsetzungs- bzw. Erneuerungsarbeiten durchgeführt wurden. Anlässlich der [bisherigen](#) Inspektionen wurden folgende Hinweise auf Massnahmen festgestellt:

- Entwässerungshalbschalen aus flexiblem, gummiartigem Kunststoff in Tunnelquerrichtung an diversen Orten.
- Wasserfassung und -ableitung durch Fallrohre [bei der rechts der Bahn liegenden Nische](#) in Zone 4.
- Erstellung von Gewölbedrainagen im Paramentbereich (Entwässerungsschlitze) an zahlreichen Orten. Diese sind mit Stahlblechen abgedeckt.
- Oberflächliche Betonsanierung im First des Portals Sihlwald.
- Applikation eines Mörtelstreifens im Übergang von den Paramenten zum Kalottenbereich auf der ganzen Tunnellänge sowie in der Mitte beider Paramente auf eine Länge von ca. 137 m.

Ob diese Massnahmen während des Baus, unmittelbar nach der Fertigstellung oder erst einige Zeit nach der Inbetriebnahme ausgeführt worden sind, ist nicht bekannt.

Während der Hauptinspektionen in den Jahren 2008 und 2013 [sowie der aktuellen von 2018](#) wurden keine weiteren Instandsetzungsmassnahmen festgestellt.

## 5. Festgestellte Schäden im Tunnel Gattikon

Alle Feststellungen anlässlich der aktuellen Hauptinspektion sind im Zustandsplan (vgl. Plan Nr. B 218-01) grafisch festgehalten. Die während der vorgängigen Inspektionen gemachten Beobachtungen sind, sofern keine Instandsetzungsmassnahmen ausgeführt wurden, darin enthalten.

### 5.1. Gewölbe

#### 5.1.1. Zustand des Ortbetons

Der Ortbeton wurde während der ersten Hauptinspektion (2002) durchgehend als in einem guten Zustand beurteilt. Als Betonschäden konnten lediglich die freiliegenden Bewehrungsseisen am Paramentfuss in den Zonen 29 und 30 bzw. die dazugehörigen Abplatzungen aufgeführt werden. Stellenweise treten im Bereich von Arbeitsfugen Kiesnester auf.

Während der zweiten Hauptinspektion (2008) wurden neben kleineren Abplatzungen in den Zonen 2 bis 9 und 11 vor allem freiliegende Bewehrungsseisen im Bereich der Ringfuge in Zone 8 festgehalten. Kiesnester wurden in den Zonen 8, 30 und 32 bis 34 festgestellt.

Im Vergleich zu den vorangegangenen Hauptinspektionen wurden im Jahr 2013 Kiesnester in fast allen Zonen festgestellt. In den Zonen 8, 15 bis 19, 30 und 32 bis 34 treten diese in grösserem Umfang auf.

Die vierte Hauptinspektion (2018) brachte keine weiteren Beobachtungen.

#### 5.1.2. Risse

Im Zustandsplan sind mehrere Arten von Rissen eingezeichnet, welche während der ersten Hauptinspektion (2002) bereits aufgenommen worden waren. Radialrisse befinden sich zum Grossteil im Bereich von Arbeitsfugen ("gerissene Fugen"). In der Regel weisen das Parament und die Kalotte Arbeitsfugen auf, welche in Längsrichtung versetzt angeordnet sind. Selten handelt es sich um über die ganze Abwicklung durchgehende Fugen. Stellenweise sind diese Fugen im Paramentbereich nochmals unterteilt und versetzt. An einigen Stellen verlaufen Risse von der Arbeitsfuge im Parament zu jener in der Kalotte. Bei versetzten Fugen ist dies ein typisches Phänomen. Teilweise sind auch Radialrisse ausserhalb der Fugen zu beobachten. Diese weisen allerdings sehr kleine Rissbreiten auf. Meistens handelt es sich um "Verlängerungen" der Risse bei den Arbeitsfugen. Längsrisse treten grösstenteils in den Mörtelstreifen auf, welche sich im Übergang vom Parament zur Kalotte sowie in den Zonen 1 bis 14 im Parament befinden. In der Breite variieren diese Risse von Haarrissen bis zu 2 mm. Da diese Längsrisse stellenweise auch ausserhalb der Mörtelstreifen auf der gleichen Höhe auftreten, ist anzunehmen, dass sich die Tiefe der Risse nicht nur auf den Mörtelstreifen beschränkt, sondern auch den Ortbeton betrifft.

Während der zweiten Hauptinspektion (2008) wurden einige Risse mehr aufgenommen; dies vor allem in den Zonen 3, 4, 6, 8, 11, 28, 30 und 32-34. Bei den meisten Rissen handelt es sich um Radialrisse im Bereich der Arbeitsfugen. An mehreren Stellen im Tunnel sind in den Mörtelstreifen feine Längsrisse zu sehen. Am auffälligsten ist der praktisch durchgehende Riss von Zone 22 bis 34 (von < 0.3 mm bis < 1.0 mm). Unter dem Mörtelstreifen verläuft eine Betonierfuge. In der Zone 1 sind an beiden Paramenten Haarrissflächen auszumachen.



Anlässlich der dritten Hauptinspektion (2013) wurden wiederum einige Risse mehr aufgenommen; dies vor allem in den Zonen 1-14, 28, 30 und 32-34. Bei den meisten Rissen handelt es sich um Radialrisse im Bereich der Arbeitsfugen. Die feinen Längsrisse im Mörtelstreifen haben zugenommen. Am auffälligsten ist der praktisch durchgehende Riss von Zone 1 bis 7 und von Zone 22 bis 34 (von < 0.3 mm bis < 1.0 mm).

Die in den vorangegangenen Hauptinspektionen aufgenommenen Rissbilder konnten während der aktuellen, vierten Hauptinspektion (2018) verifiziert werden.

#### 5.1.3. Wasser und Kalkablagerungen

##### 5.1.3.1. Wassereintritte

Anlässlich der [Hauptinspektion von 2002](#) konnten wenige Wassereintritte im Tunnel festgestellt werden. An diversen Stellen wurden bereits Wasserfassungs- und -ableitungsmassnahmen im Rahmen von früheren Instandsetzungen ausgeführt. Eintretendes Wasser in Form von Nassstellen wurde vorwiegend im Bereich der Arbeitsfugen festgestellt.

Während der zweiten Hauptinspektion von 2008 sind etwas mehr Feucht- und Nassstellen als im Jahr 2002 festgestellt worden. Ebenso wie die meisten Risse treten diese vor allem in den Zonen 3, 4, 6, 8, 11, 28 und 32-34 auf. Wassereintritte sind jedoch momentane Beobachtungen und lassen keine direkte Aussage über den Tunnelzustand zu.

Diese Beobachtungen sind auch während der Hauptinspektion von 2013 unverändert geblieben. Insgesamt sind etwas mehr Feucht- und Nassstellen als im Jahr 2008 festgestellt worden. Ebenso wie die meisten Risse treten diese vor allem in den Zonen 1-13, 28 und 32-34 auf.

[Anlässlich der vierten Hauptinspektion wurden kaum Feucht-, Nass- oder Tropfstellen beobachtet.](#)

##### 5.1.3.2. Kalkablagerungen

Einen Hinweis auf frühere Wassereintritte stellen zahlreiche Kalkablagerungen im Gewölbe dar, die seit der ersten Hauptinspektion beobachtet wurden. Oft verlaufen die Aussinterungen entlang der Risse und verschliessen diese Öffnungen durch Kalkablagerung ("verheilte Risse"). Stellenweise sind die Aussinterungen in Form von Tropfsteinen ausgebildet.

Während der Hauptinspektionen von 2008 wurden keine zusätzlichen Aussinterungen aufgenommen. Während der dritten Hauptinspektion (2013) wurde beobachtet, dass die Aussinterungen in den Zonen 1-14, im Vergleich zum Jahr 2008, leicht zugenommen haben.

[Es wurden keine zusätzlichen Aussinterungen während der aktuellsten Hauptinspektion aufgenommen.](#)

#### 5.1.4. Gewölbeform

Unregelmässigkeiten in der Gewölbeform, welche auf Druckerscheinungen hinweisen (Deformationen, Gewölbeversatz), wurden [während der ersten Hauptinspektion](#) keine festgestellt.

Die nachfolgenden Hauptinspektionen von 2008, 2013 [und die aktuellste von 2018](#) ergaben keine offensichtlichen Deformationen am Bauwerk.

#### 5.1.5. Profilverhältnisse

Während der Messfahrt mit dem Tunnelscanner, [im Rahmen der Hauptinspektion von 2008](#), wurde die tatsächliche Geometrie des Gleises aufgenommen, welche als IST-Gleislage bezeichnet wird. Die SOLL-Gleislage entspricht der berechneten Lage, in welche das Gleis bei einem Stopfdurchgang gebracht wird. Eine Profilanalyse wurde dann auf Basis des von der SZU gelieferten Lichtraumprofils einmal auf der IST-Achse und einmal auf der SOLL-Achse durchgeführt. Das hellbraune Lichtraumprofil entspricht dem in der IST-Gleislage und das grüne dem in der SOLL-Gleislage.

Die Durchsicht der Lichtraumkarte (siehe mitgelieferte DVD mit der Dokumentation der Hauptinspektion 2008) ergab, dass in Bezug auf die SOLL-Gleislage lediglich leichte Annäherungen an das Lichtraumprofil (auf 0 bis 6 cm) existieren. Diese sind ausschliesslich auf die Leuchtstoffröhren im Tunnel zurückzuführen. Einragungen ins Lichtraumprofil konnten keine festgestellt werden.

Eine Profilanalyse war nicht Bestandteil der dritten Hauptinspektion (2013).

[Im Rahmen der aktuellen Hauptinspektion fand keine Profilanalyse statt.](#)

#### 5.2. Portalbereiche

Während der ersten Hauptinspektion von 2002 waren in beiden Portalbereichen Moosvorkommen am Gewölbe sichtbar. Nassstellen wurden im Portalbereich, speziell im Portalkranz, beobachtet. Dort handelt es sich in der Regel um Wasser, welches von aussen her über den Portalkranz läuft. Der Portalbereich Sihlwald wies im First ein Kiesnest und eine sichtbare Betonreparatur (Mörtel) auf.

Die Hauptinspektion von 2008 brachte keine zusätzlichen Beobachtungen. Während der dritten Hauptinspektion (2013) konnte am Portal Langnau-Gattikon starker Pflanzenbewuchs festgestellt werden.

[Im Rahmen der aktuellen Hauptinspektion wurden keine weiteren Schadensbilder festgestellt.](#)

## **6. Beurteilung des Tunnels Gattikon in Bezug auf Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit**

### **6.1. Wasser und Folgeerscheinungen**

Wasser kann die Gebrauchstauglichkeit und die Tragsicherheit auf verschiedene Arten einschränken, zum Beispiel:

- Wasser und Eisbildung in der Nähe von stromführenden Anlagen (Fahrleitungsanlage, Tunnelbeleuchtung, Signalisationsanlage) können zu Überschlügen und Kurzschlüssen führen.
- Eiszapfen, die vom Scheitel her in den Tunnelraum ragen, beeinträchtigen das Lichtraumprofil und können durchfahrende Züge beschädigen. Eisbildung in den Paramenten kann das Lichtraumprofil ebenfalls beeinträchtigen und die Funktion der Schienen einschränken, wenn sich auch im Sohlbereich Eis bildet.
- Durch Eisdruck kann die Bausubstanz beschädigt werden (Betonabplatzungen).
- Chemische Vorgänge, die durch Wasserzutritte ausgelöst werden, können die Bausubstanz langfristig ebenfalls beschädigen (Stahlkorrosion, Sulfattreiben, Treibwirkungen durch Salzausscheidungen etc.).
- Querschnittsverengungen und Verstopfen von Entwässerungseinrichtungen (Tunnellängsentwässerung, Gewölbedrainagen) durch Kalkausscheidungen.

### **6.2. Risse**

Zu Rissvorkommen in Tunnels können folgende allgemeine Aussagen gemacht werden:

- Die meisten im Ortbeton festgestellten Risse weisen kleine Rissbreiten auf (unter 1 mm). Grösstenteils handelt es sich um materialbedingte Schwindrisse, welche keinen statischen Einfluss haben.
- Gerissene Arbeitsfugen stellen eine typische Erscheinung in Tunnelbauwerken mit Ortbetonverkleidung dar. Die Trennfläche zwischen zwei Betonieretappen wird durch Bewegungen der Tragstruktur (Wärmeausdehnung, Bewegungen im Untergrund etc.) vergrössert. Bei in Längsrichtung versetzten Fugen treten oft Verbindungsrisse zwischen den Fugen auf. Bei gerissenen Arbeitsfugen besteht erst bei übermässigen Rissbreiten sowie bei sichtbarem Gewölbeversatz Handlungsbedarf.
- Beim Auftreten von Radial- und Längsrissen im Ortbeton mit grösseren Rissbreiten (> 2 mm) müssen statische Untersuchungen in Betracht gezogen werden.

Unabhängig von der statischen Relevanz der verschiedenen Risstypen, stellen Risse generell eine potentielle Schwachstelle in Bezug auf Wassereintritte dar. Sie ermöglichen den Eintritt von hinter der Verkleidung anfallendem Wasser ins Tunnelinnere.

### **6.3. Beurteilung in Bezug auf die Tragsicherheit**

Aufgrund der freiliegenden Bewehrungsseisen in den Zonen 29 und 30 muss davon ausgegangen werden, dass die Bewehrungsüberdeckung örtlich ungenügend ist. Schädigungsmechanismen, wie Stahlkorrosion vom Tunnelinneren her, treten selten auf, denn Hinweise auf Korrosion (Abplatzungen, Verfärbungen auf der Betonoberfläche) wurden mit Ausnahme der Zonen 29 und 30 keine festgestellt.

Die festgestellten Risse haben über den beobachteten Zeitraum kaum Veränderungen erfahren. Seit der ersten Hauptinspektion hat die Anzahl der Risse zugenommen. Häufig sind die Risse versintert, wodurch auf eine geringe bis ausbleibende Rissfortsetzung geschlossen werden kann. Die beobachteten Risse haben Rissbreiten bis 5 mm; 98% der Risse sind schmäler als 2 mm.

Seit der Erstinspektion von 2002 hat die Gesamtfläche an beobachteten Kiesnestern zugenommen. Der Zustand des Ortbetons kann als genügend bezeichnet werden.

Die Tragsicherheit ist durch die erfassten Schadensbilder kurz- bis mittelfristig nicht beeinträchtigt.

### **6.4. Beurteilung in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit**

Inwiefern die Gebrauchstauglichkeit des Tunnels Gattikon durch Eisbildung eingeschränkt wird, ist schwierig einzuschätzen. Die Häufigkeit und die Intensität der Eisbildung sind von den Witterungs- und Temperaturverhältnissen abhängig. Während der aktuellen Hauptinspektion wurde aufgrund der warmen Witterung und der langen Trockenperiode kein Eis vorgefunden. Zusätzlich wurden kaum Feucht-, Nass- und Tropfstellen beobachtet.

Die bei der Inspektion von 2002 vorliegenden Profilaufnahmen stammen aus dem Jahr 1987. Diese Profilaufnahmen und -auswertungen zeigten keine Verletzung der Profilverhältnisse. Die Profilaufnahmen von 2008 zeigten unveränderte Verhältnisse. Im Rahmen der Hauptinspektion von 2013 gab es keine zusätzlichen Bemerkungen. Es wurden keine neuen Profilauswertungen für die Hauptinspektion 2018 durchgeführt. Gemäss dem Instandsetzungsprojekt für den Tunnel, für welches die Ausführung im Jahr 2021 geplant ist, wird das Lichtraumprofil EBV2 / S2 respektiert.

Die Tunnellängsentwässerung weist in den Kontrollschächten Ablagerungen auf. Diese führen zu einem Rückstau und verlangsamten Fliessgeschwindigkeiten, was wiederum die Sedimentation fördert. Kurzfristig sind keine Einschränkungen für die Gebrauchstauglichkeit zu erwarten.

## **7. Resultate der Hauptinspektion**

### **7.1. Zusätzliche Überwachung, Untersuchungen, Messungen**

Während der bisherigen Hauptinspektionen wurde keine Eisbildung im Tunnel beobachtet. Während Kälteperioden ist im Rahmen der Streckenbegehungen eine Überprüfung und Erfassung empfehlenswert.

Die für die Linie gültigen Lichtraumprofile sind im Rahmen der geplanten Erneuerungsarbeiten (Bau, Fahrbahn, Fahrleitung) zu überprüfen und gegebenenfalls gemäss den aktuellen Anforderungen der AB-EBV und der R RTE 20012 neu zu konstruieren.

Die Beobachtung der Risse ausserhalb der Intervalle der Hauptinspektionen erscheint [aufgrund der Entwicklung der Rissbilder als](#) nicht notwendig.

### **7.2. Empfohlene Bau- und Unterhaltsmassnahmen**

Für den Tunnel Gattikon ist im Rahmen eines Erhaltungsprojektes eine Instandsetzung im Jahr 2021 geplant. Dabei werden bauliche Massnahmen ausgeführt, welche die massgeblichen Schadensbilder beseitigen. Nachfolgend werden die mit dem Zeitpunkt der Hauptinspektion empfohlenen Massnahmen aufgezeigt. Diese Massnahmen sind im Erhaltungsprojekt vorgesehen.

Zur Eindämmung der Korrosionsprozesse sollten die korrodierten, freiliegenden Bewehrungs-eisen in den Zonen 8, 29 und 30 behandelt werden. Empfohlen werden die Entrostung der Eisen, die Wiederherstellung des Korrosionsschutzes und die Reprofilierung des Betons.

Die Tropf-, Feucht- und Nassstellen in den Zonen 1 bis 14, 28 und 32 bis 34 sind durch eine Gewölbedrainage zu fassen und in die Längsentwässerung abzuleiten. Dadurch können negative Auswirkungen auf den Unterhalt und den Betrieb (Kurzschlüsse, Eisbildung) minimiert werden.

Es wird empfohlen, der fortschreitenden Zersetzungserscheinung im Beton, im Bereich von Kiesnestern, mittels Sanierung der Betonoberfläche entgegenzuwirken.

Die Ausblühungen (Kalkablagerungen) sollen mittels HDW gereinigt werden. Anschliessend kann geprüft werden, ob weitere Wassereintritte vorhanden sind und ob die darunterliegenden Risse weiterhin versintert oder wasserführend sind.

Als Unterhaltsmassnahme ist eine regelmässige Spülung (jährlich bis zweijährlich) der (Längs-) Entwässerungsleitungen vorzusehen, damit deren Funktion gewährleistet ist.

### 7.3. Schlussbeurteilung

Im Vergleich zu den vorangegangenen Hauptinspektionen erfolgt die Bewertung nach dem System mit 5 Zustandsklassen. Deren Zuordnung basiert auf den Ansätzen aus den folgenden Normen:

- SIA 469 „Erhaltung von Bauwerken“, 1997
- SIA Dokumentation D 0240 „Erhaltung von Tragwerken, Vertiefung und Anwendung“, 2011
- R RTE 29900 „Netzzustandsbericht“, 04.04.2018

Die Gesamtbeurteilung des Tunnels ergab im Durchschnitt eine Bewertung von 2.96 (gut bis ausreichend). Davon weist 1 von 35 Zonen (ca. 3% der gesamten Tunnellänge) eine Bewertung von 1 (neuwertig) auf. Weitere 17 von 35 Zonen (ca. 50% der gesamten Tunnellänge) weisen eine Bewertung von 2 (gut) auf. 17 von 35 Zonen (ca. 47% der gesamten Tunnellänge) sind mit der Klasse 3 (ausreichend) bewertet.

Die mit ausreichend bewerteten Zonen sind auf die vielen Risse im Tunnelgewölbe, in Kombination mit Feucht-/Nass- und Tropfstellen, zurückzuführen. Ausserdem sind weitere Schadensbilder der Betonauskleidung, welche sich in Form von Kiesnestern und Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung zeigen, für die Beurteilung massgebend. Die genauen Schadensbeschreibungen können der statistischen Auswertung der Hauptinspektion entnommen werden.

Mittels der erwähnten Instandsetzungsmassnahmen wird das Ziel verfolgt, die Schäden am Gewölbe zu beheben, damit eine tiefgründige Schädigung verhindert, die Gebrauchstauglichkeit für den Betrieb verbessert und letztlich Folgeschäden an bahntechnischen Anlagen minimiert werden.

Für die Gesamtbeurteilung wird nebst der Aufteilung der Zonen und der prozentualen Einteilung der betroffenen Tunnellänge in die Zustandsklassen ein gewichteter Mittelwert der Zustandsnoten aller Zonen über das Bauwerk berechnet. Dies entspricht der alternativen Berechnung des Zustandsmittelwertes  $\bar{OZ}$  nach R RTE 29900:2018.

#### Beurteilung (nach R RTE 29900:2018)

Zustandsklasse	neuwertig	gut	ausreichend	schlecht	ungenügend
Note Gewölbe	1	2	3	4	5
Anzahl Zonen	1	17	17	0	0
Anteil in % der Tunnellänge	2.93%	49.85%	47.21%	0.00%	0.00%
Gesamtbeurteilung $\bar{OZ}$	2.96				
Nächste Hauptinspektion	5 Jahre				

Allgemeiner Hinweis: Aus der Gesamtbeurteilung des Tunnels mit dem gewichteten Mittel aller Zonenbeurteilungen wird die Notwendigkeit von Massnahmen in schlechter eingestuften Zonen nicht ersichtlich.

Die Ausführung der in den Kapiteln 7.1 und 7.2 aufgeführten Massnahmen wird empfohlen. Damit kann einem unverhältnismässigen Anstieg des Aufwandes für die Instandsetzung infolge eines progressiven Schadenfortschrittes vorgebeugt werden.

#### 7.4. Bedeutung der Zustandsbeurteilung

Nachfolgend wird eine Erklärung zur generellen Bedeutung der einzelnen Zustandsklassen für die Anlage, [gemäss der R RTE 29900:2018](#), abgegeben.

Note 1      **neuwertig**

Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleissgetriebener Schaden/Abnützung). Keine Massnahmen (ausser dem normalen periodischen Unterhalt).

Note 2      **gut**

Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung für den Betrieb darstellen. Keine Massnahmen (ausser dem normalen periodischen Unterhalt).

Note 3      **ausreichend**

Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den **Betrieb potentiell beeinträchtigen** können und/oder bei Nichtbeheben **Folgekosten** verursachen werden. Keine Massnahmen (ausser dem normalen periodischen Unterhalt).

Note 4      **schlecht**

Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den **Betrieb beeinträchtigen können** und/oder bei Nichtbeheben **hohe Folgekosten** verursachen werden. Planung und Ausführung von ordentlichen Erneuerungsarbeiten.

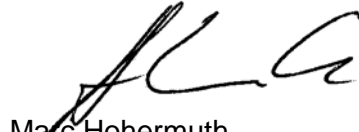
Note 5      **ungenügend**

Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den **Betrieb unmittelbar beeinflussen** können und **Massnahmen zur Folge** haben, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten. Terminierte Massnahmen oder ggf. Sofortmassnahmen erforderlich.

Um die Kontinuität der Datengewinnung über das Bauwerk aufrechtzuerhalten, sollten die Hauptinspektionen regelmässig durchgeführt werden (gem. SIA 469). Es wird empfohlen, den bisherigen Rhythmus für die Hauptinspektionen von 5 Jahren beizubehalten. Die nächste Hauptinspektion ist demzufolge im Jahr 2023, nach der Umsetzung der Instandsetzungsmassnahmen, durchführen zu lassen.



Amberg Engineering AG



Marc Hohermuth  
Abteilungsleiter Bauwerkserhaltung



Michael Troendle  
Projektingenieur, Inspektor

Beilagen:

- Beilage 1: Statistische Auswertung
- Beilage 2: Fotodokumentation
- Beilage 3: Zustandsplan B218 - 01 (Stollenband), 1 bis 4

Verteiler:

- 1 Ex. Sihltal Zürich Uetliberg Bahn, Zürich
- 1 Ex. Amberg Engineering AG, Regensdorf