

# Schall- und Erschütterungs-Immissionen bei Villa Negroni in Vezia

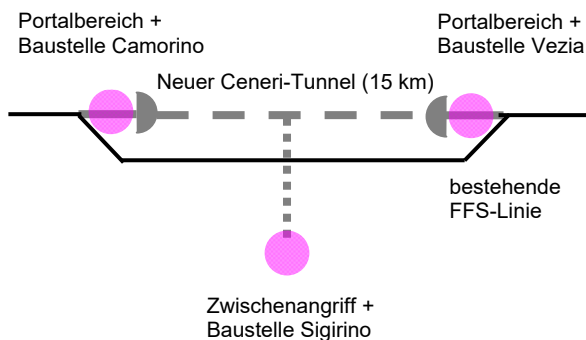
Dario Bozzolo<sup>1</sup>, Markus Wilke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IFEC Consulenze SA, CH-6802 Rivera

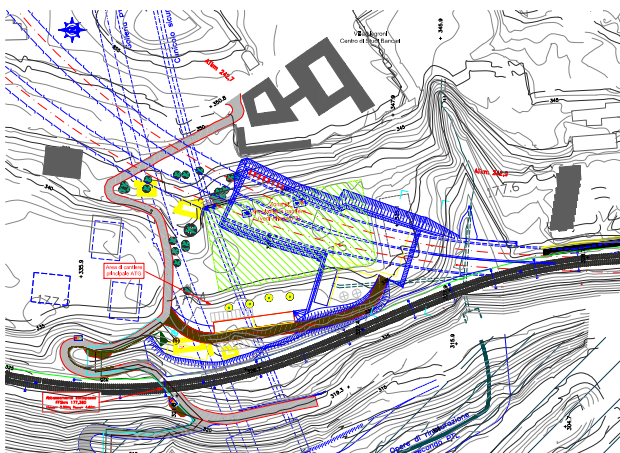
<sup>2</sup> IFEC Consulenze SA, CH-6802 Rivera

## Einleitung

Das Projekt AT-Ceneri-Tunnels sieht zwei getrennte etwa 15 km langen Röhren vor, welche Camorino in der Magadino-Ebene mit Vezia (nördlich von Lugano) verbinden. Für ihre Verwirklichung werden drei Baustellen benötigt: eine Hauptbaustelle in Sigirino (etwa in der Mitte des Tunnels) und zwei weitere Baustellen an den Portalen (Camorino und Vezia). Von Sigirino aus werden die Tunnelröhren sowohl Richtung Camorino als auch Richtung Vezia mittels TBM-Vortrieb und teilweise Sprengvortrieb gebohrt. In Vezia sind Bauarbeiten für zwei künstliche Röhren und für den Sprengvortrieb in der Nord-Richtung geplant [2].

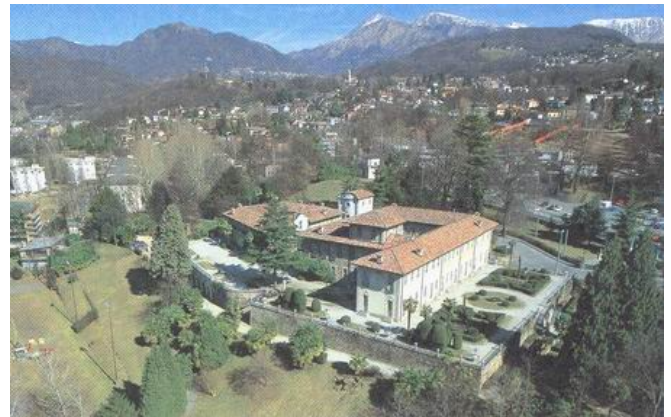


**Abbildung 1:** Schematische Darstellung des Ceneri-Basis-Tunnels mit Baustellen



**Abbildung 2:** Perimeter der Baustelle in Vezia mit Lage der Test-Versuchen (Hydr. Hammer, Sprengungen) und empfindlichen Gebäuden (grau eingezeichnet, Villa Negroni in der Mitte)

Die ganze Baustelle in Vezia befindet sich in einer empfindlichen Zone am Rande des Lugano-Stadtgebiets. Neben den Häusern, welche entweder längs des Perimeters der Baustelle oder direkt über dem neuen Tunnel liegen, soll besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich Erschütterungen und Lärm an einem speziellen historischen Objekt gewidmet werden: es handelt sich um die Villa Negroni-Morosini.



**Abbildung 3:** Villa Negroni-Morosini in Vezia

Villa Negroni-Morosini wurde am Anfang des 18. Jahrhunderts gebaut und teilweise im 19. Jahrhundert umstrukturiert. Heute gehört die Villa der Stadt Lugano und wird als Aus- und Weiterbildungszentrum im Bankbereich (Centro Studi Bancari - CSB) genutzt.



**Abbildung 4:** Villa Negroni-Morosini in Vezia

## Problemstellung

In der Nähe des Fundaments von Villa Negroni sind unter anderem auch Tagebauarbeiten mittels eines hydraulischen Hammers und Sprengungen vorgesehen. Sowohl der

Besitzer der Villa als auch der Verantwortlicher der CSB machten sich Sorgen um:

- mögliche Bauschäden an der Struktur (mit Bildung von Rissen oder ähnliches infolge von übermässigen Erschütterungen);
- mögliche Beeinträchtigung der Unterrichts- und Büro-Tätigkeiten des CSB.

Um diesen Sorgen Rechnung zu tragen und die Risiken abzuschätzen, hat sich die Projektleitung von ATG entschlossen, im Masstab 1:1 Test-Versuche der kritischen Bauarbeiten durchführen, überwachen und bewerten zu lassen.

Die spezifischen Zielen dieser umfangreichen Übung waren:

- den IST-Zustands hinsichtlich Lärm- und Erschütterungs-Immissionen zu erfassen;
- Experimentelle Grundlagen zu schaffen, welche eine vernünftige Beurteilung der künftigen Immissionen erlauben und eine optimale Überwachung während der Bauarbeiten ermöglichen (kritische Stelle herausfinden, Lage und Art der Sensoren festlegen, ...);
- Akustische Daten (z.B. Lärmspektren, Körperschallausbreitung, u.s.w) aufzunehmen, welche die spätere Wirkung von betrieblichen und baulichen Lärmschutzmassnahmen korrekt abschätzen lassen und deren Planung erlauben;
- die gesamte Baumethode und insbesondere die Sprengvortrieb-Parameter zu optimieren.

## Beurteilungsgrundlagen

Die Risiken von Bauschäden an Villa Negroni sind hauptsächlich auf die Sprengungen zurückzuführen und wurden bei den Feldversuchen auf der Basis der schweizerischen Norm VSS/SN 640 312a beurteilt. Da es sich um ein sehr empfindliches historisches Gebäude handelt, wurde ein Grenzwert von 6 mm/s festgelegt, welcher der Hälfte des mittleren Normwerts entspricht (seltene Ereignisse, massgebende Frequenz < 30 Hz, Gebäude sehr empfindlich).

Die der Erschütterungen zurückzuführende Beeinträchtigung des Unterrichts in Villa Negroni und die Störwirkung auf zwei in der Nähe stehende Wohnhäuser wurde auf der Basis der deutschen Norm DIN 4150-2 beurteilt.

Als Referenzwert für die Abschätzung der Störwirkung des Baulärms in den Unterrichtssälen und in den Büros von Villa Negroni wurde ein Pegel von 45 dB(A) festgelegt. Der Pegel des Grundgeräusches lag in den meisten Räumen mindestens 5 dB(A) tiefer.

## Messbedingungen und Messtechnik

Am 5. Juli 2005 wurden folgende Arten von Bauarbeiten auf der künftigen Baustellen-Fläche vor Villa Negroni getestet:

- Abbrucharbeiten (hydraulischer Hammer, Bohrer, Sprengungen);

- Erdaushub-Arbeiten;
- Transport des Abbruchmaterials (Laden und Entladen eines LKW).

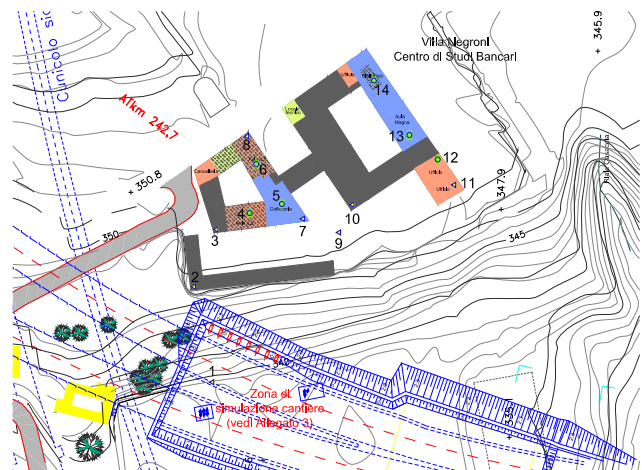
Es wurden zwei Sprengversuche mit Mikroladungen durchgeführt:

1. Sprengversuch: 6 Lademengen mit je 0,8 kg Sprengstoff (Gesamtladmenge 4,8 kg) und 25 ms Nachzündung;

2. Sprengversuch: 2 Lademengen mit je 0,8 kg und 1 Lademenge mit 0,4 kg Sprengstoff (Gesamtladmenge 2,0 kg) und 25 ms Nachzündung.

Der minimale Abstand zwischen Sprengort und Villa Negroni (EG) betrug 48 m (30 m mit dem Fundament der Terrasse).

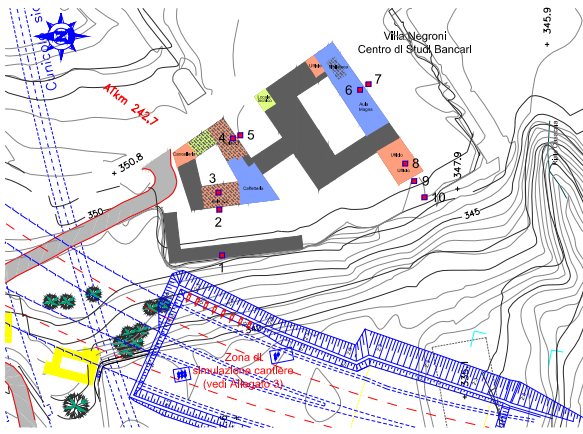
Zur Erfassung der Erschütterungen wurden insgesamt 26 Messpunkte gewählt (entsprechend 16 Messgeräte MR2002 von Syscom), davon 10 mit Triaxialsensoren und die übrigen 6 mit Monoaxialsensoren (z-Achse) ausgerüstet. Die Messungen wurden manuell mit einem gemeinsamen Triggersignal bei jedem Ereignis gleichzeitig gestartet. Somit konnten sowohl die zeitliche Ausbreitung der Signale verfolgt als auch Anisotropien erkannt werden.



**Abbildung 5:** Lage der Sensoren (gelbes Dreieck = triaxial; grünes Kreis = monoaxial) für Erschütterungen-Messungen auf dem freien Feld und im EG der Villa Negroni

Zur Erfassung der Lärmeinwirkungen innerhalb und ausserhalb des Gebäudes wurde ein Mehrkanalanalysator MSX16 von Sinus Messtechnik eingesetzt, welcher die akustische Signale aufgenommen und in wav-Files gespeichert hat. Die Schalleinwirkung auf den Fassaden (Aussenpegel) wurde mit den an Fensterflächen befestigten Mikrophon-Kapseln gemessen.

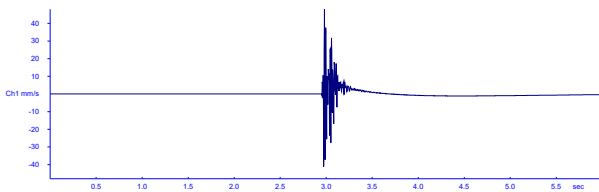
Um den Beitrag des Körperschalls an den Gesamtlärmimmissionen in den Räumen abschätzen zu können, wurde die Übertragungs-Funktion des Lärms von Aussen gegen Innen mittels Lautsprecher im voraus bestimmt.



**Abbildung 6:** Lage der Mikrophone für Lärmessungen auf freiem Feld und im EG der Villa Negroni (rote Vierecke = Messmikrophone)

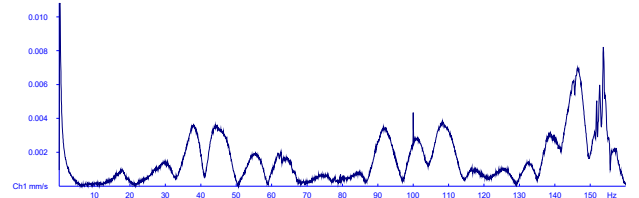
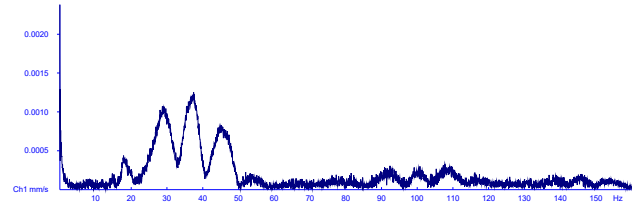
## Messresultate Erschütterungen und Körperschall

Bei Sprengungen mit Mikroladungen wurde festgestellt, dass die Geschwindigkeitsbeträge in ähnlich georteten Messpunkten sehr unterschiedlich sein können, was wahrscheinlich auf Inhomogenitäten des Bodens und der gesamten Struktur der Villa Negroni zurückzuführen ist (siehe z.B. Abb. 8). Im Rahmen der Sprengversuche wurden die empfindlichsten Punkte identifiziert, welche sich auch für das spätere Monitoring eignen (Punkte Nr. 7 und 20). Dort erreichten die Geschwindigkeiten maximale Werte von 4,2 mm/s und sind somit nicht weit vom festgelegten Grenzwert von 6 mm/s entfernt. Als Folge davon wird für die Bauarbeiten vorgeschlagen, mit den gleichen Ladungsmengen möglichst weit von Villa Negroni anzufangen und dann diese Mengen je nach aufgenommenen Messwerten anzupassen.

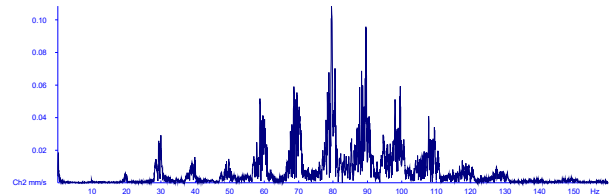
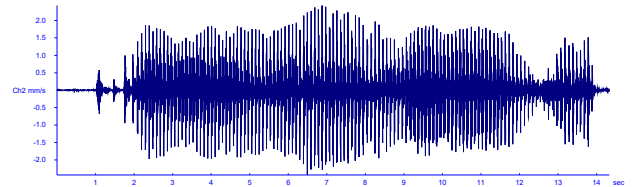


**Abbildung 7:** Beispiel einer Erschütterungseinwirkung (Schwinggeschwindigkeit in mm/s) im Messpunkt 1 (Freifeld, nah zum Sprengungsort)

Obwohl die Erschütterungen gewisser Baurbeiten leicht spürbar sind (das betrifft nicht nur die Sprengungen aber auch den hydraulischen Hammer), sind die Grenzwerte der DIN-4150-2 bei weiten nicht überschritten.

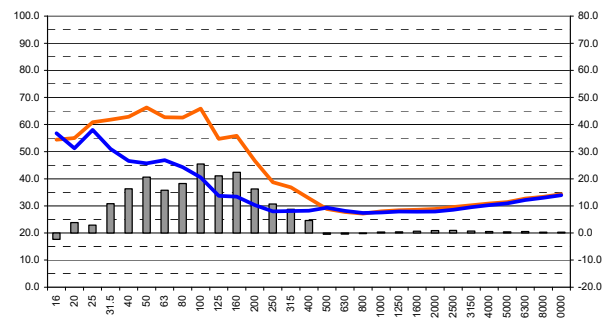


**Abbildung 8:** Beispiel von Geschwindigkeitsspektren bei Sprengungen. Messpunkt 10 (oben) und Messpunkt 7 (unten). Die Empfindlichkeit von Punkt 10 ist deutlich kleiner als diejenige von Punkt 7 obwohl beide Punkte fast gleich weit entfernt vom Sprengungsort liegen



**Abbildung 9:** Zeitverlauf des y-Komponente der Schwinggeschwindigkeit und entsprechendes Spektrum bei Bauarbeiten mit dem hydraulischen Hammer (Messpunkt 1).

Was dem Körperschall anbelangt, spielt er eine Rolle nur bei Sprengungen, in allen anderen Fällen ist die direkte Schalleinwirkung durch die Fenster massgebend.

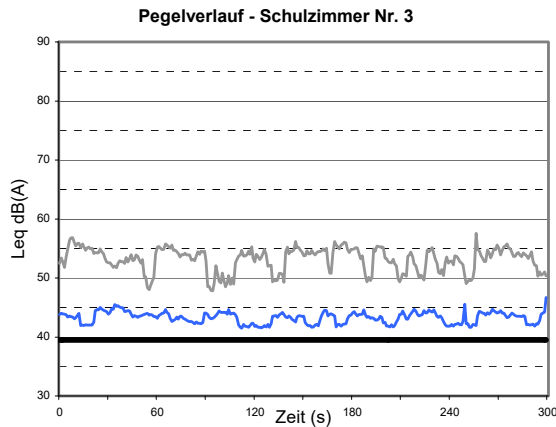


**Abbildung 10:** Im Zimmer 2 gemessener (rot) und berechneter (blau) Pegelverlauf (aus Aussenpegel und Übertragungsfunktion hergeleitet). Die rechte Skala bezieht sich auf dem Pegelunterschied (graue Balken) zwischen gemessenen und berechneten Terzpegel.



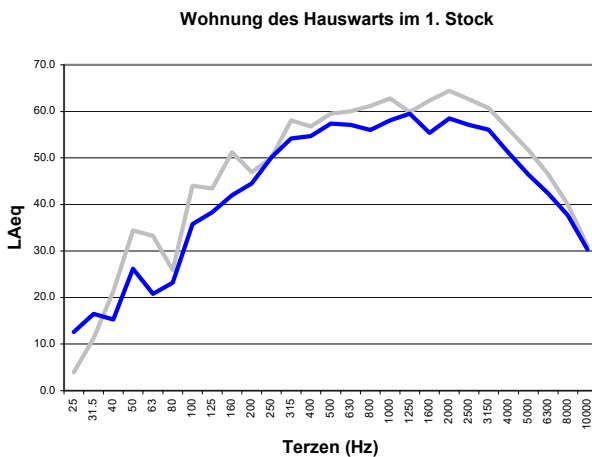
## Messresultate Lärm

Die Schallmessungen sowohl der simulierten Bautätigkeiten als auch der anderen äusseren Quellen (Kantonstrasse, Autobahn, Bahnlinie) haben gezeigt, welche Räume einer deutlichen Beeinträchtigung der Unterrichts- und Büro-Tätigkeiten mit geschlossenen bzw. offenen Fenstern ausgesetzt sind. In der Abb. 11 wird z.B. der Zustand im Schulzimmer Nr. 3 unter Einwirkung des auf der Baustelle betriebenen hydraulischen Hammers gezeigt: Unterricht im Sommer (bei offenen Fenster) ist hier nicht möglich und somit müssen andere Lösungen gefunden werden.



**Abbildung 11:** Gemessener Pegelverlauf im Schulzimmer Nr. 3 mit geschlossenen (blau) bzw. offenen (grau) Fenstern während des Betriebs eines hydraulischen Hammers auf der Baustelle (schwarz = Grundpegel).

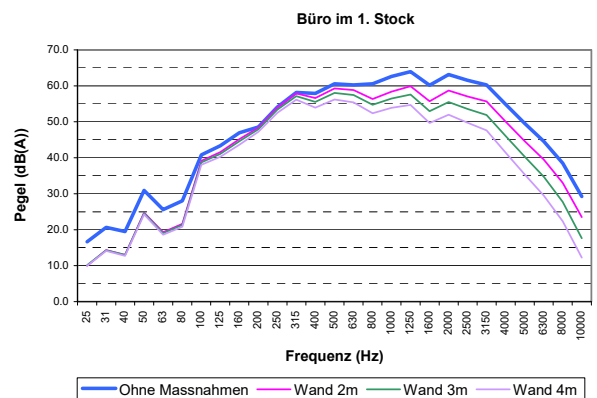
Bei jedem Raum konnte auf der Basis der akustischen Messungen entschieden werden, ob der normale Betrieb ohne Einschränkungen möglich ist, oder ob er bestimmten Bedingungen unterliegt. In den kritischen Fällen bietet sich als einzige Lösung die Verlegung des Unterrichts in ein ruhiges Zimmer, in anderen Fällen reicht die Ausrüstung des Schulzimmers mit einem provisorischen Kühlgerät.



**Abbildung 12:** Vergleich Messung (grau)-Berechnung (blau) der Schallmissionen zur Validierung der mathem. Modellierung des Geländes.



**Abbildung 13:** Modellierung mit SoundPlan der Baustelle vor Villa Negroni (grün = die vorgeschlagene Lärmschutzwand auf der Begrenzungslinie der Terrasse)



**Abbildung 14:** Schallmissionen des hydraulischen Hammers auf dem Büro im 1. Stock, ohne bzw. mit Lärmschutzwänden verschiedener Höhe (2 m, 3 m, 4 m).

Die Bestimmung der akustischen Spektren jeder getesteten Bauarbeit erlaubte unter Verwendung eines mathematischen Modells die Ausarbeitung eines Vorprojektes für die Einrichtung von provisorischen Lärmschutzwänden. Die Zuverlässigkeit der mathematischen Modellierung wurde durch Vergleich der berechneten mit den gemessenen Werten mit genügender Genauigkeit bestätigt.

## Schlussfolgerungen

Die durchgeführten umfangreichen Feldversuche haben wichtige Hinweise gegeben, wie man später bei der Baustelle Vezia vorgehen muss, um die Lärm- und Erschütterungs-Einwirkungen im vertretbaren Rahmen zu halten und sie ständig zu überwachen.