



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben
Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona
BRENNER BASISTUNNEL
Ausführungsplanung

Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
Progettazione esecutiva

D0700: Baulos Mauls 2-3

D0700: Lotto Mules 2-3

Projekteinheit

WBS

Gesamtbauwerke

Opere generali

Dokumentenart

Tipo Documento

Technischer Bericht

Relazione tecnica

Titel

Titolo

Technische Vertragsbedingungen
Anlage B: Untertagebau, Prüfbestimmungen
Innenschalendicke

Disposizioni tecniche di contratto
Allegato B: Disposizioni di verifica spessore
rivestimento



Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche
Ing. Enrico Maria Pizzarotti
Ord. Ingg. Milano N° A 29470

Mandataria



Mandante



Mandante



Mandante



Fachplaner / il progettista specialista
Ing. Davide Merlini
Ord. Ingg. Como N° 2354 A

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

M. Pace / E.Cucciati

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Name / Nome
R. Zurlo

Name / Nome
K. Bergmeister

Projekt-kilometer /
Chilometro
progetto

von / da

32.0+88

/

bis / a

54.0+15

bei / al

Projekt-kilometer /
Chilometro
opera

von / da

/

bis / a

bei / al

Status
Dokument /
Stato
documento

Masstab /
Scala

-

Staat
Stato

Los
Lotto

Einheit
Unità

Nummer
Numero

Dokumentenart
Tipo Documento

Vertrag
Contratto

Nummer
Codice

Revision
Revisione

02

H61

DT

990

KTB

D0700

11135

21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
10	Endabgabe / Consegna definitiva	Pace	31.07.2014
11	Projektvollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Pace	09.10.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Pace	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	A.Battaglia / E.Cucciati	30.01.2015

1.	EINLEITUNG	4
1.	INTRODUZIONE.....	4
2.	METODI DI MISURA	4
2.1	Allgemeines.....	4
2.1.	Aspetti generali.....	4
2.2	Ultraschall-Echo-Verfahren.....	4
2.2.	Tecniche con ultrasuoni.....	4
2.3	Impakt-Echo-Verfahren.....	5
2.3.	Tecnica con Impact-echo	5
3.	ESECUZIONE DELLE MISURE	6
3.1	Messraster	6
3.1.	Reticolo di misura	6
3.2	Messungen.....	7
3.2.	Misure 7	
3.3	Nachweisgrenzen	7
3.3.	Limiti delle verifiche.....	7
4.	DOCUMENTAZIONE	8
4.1	Auswertung und Darstellung	8
4.1.	Restituzione e rappresentazione	8
4.2	Messbericht und Bewertung.....	8
4.2.	Relazione e valutazione	8
5.	QUALIFICA DEL PERSONALE	11
6.	IDONEITÀ DEGLI STRUMENTI E PROCEDURA	11
6.1	Gerät	11
6.1.	Strumenti di misura	11
6.2	Qualifikation des “Kolonnenführers“ und Personals.....	11
6.2.	Qualifica del personale e del responsabile addetti alla prova	11
7.	ELENCHI	12
7.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	12
7.1.	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI	12
7.2	Projektspezifische Grundlagen.....	12
7.2.	Documenti di riferimento	12
7.2.1	Eingangsdokumente.....	12
7.2.1.	Documenti in ingresso	12
7.2.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3.....	12
7.2.1.1.	Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3	12
7.2.2	Normen und Richtlinien	12
7.2.2.	Normative e linee guida	12
7.2.3	Bibliografie	13
7.2.3.	Bibliografia 13	
7.3	Abkürzungsverzeichnis.....	13
7.3.	Elenco delle abbreviazioni	13

1. EINLEITUNG

Diese Anlage dient der Qualitätssicherung und der Vereinheitlichung der Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Dickenprüfung von Tunnelinnenschalen. Die Anlage enthält Vorgaben zu Messverfahren (Kap. 2), Messdurchführung (Kap. 3) Dokumentation, Auswertung und Darstellung (Kap. 4), Personalqualifikation (Kap. 5) und Geräte und Verfahren (Kap. 6).

2. MESSVERFAHREN

2.1 ALLGEMEINES

Zur zerstörungsfreien Dickenprüfung von Tunnelinnenschalen sind nur die Methoden mittels Ultraschall-Echo und das Impakt-Echo-Verfahren zugelassen. Es liegt in der Verantwortung des Auftragnehmers die Art des Verfahrens auszuwählen.

Die Kalibrierung der Messverfahren hat über die Ausbreitungsgeschwindigkeit an Probekörpern zu erfolgen. Diese müssen aus der Betonrezeptur der Tunnelinnenschalen gefertigt sein. Für Ultraschall-Echo und Impakt-Echo-Verfahren sind Probekörper mit einem Durchmesser von ca. 24 cm und einer Höhe von 48 cm erforderlich.

Bei der Durchführung der Kalibrierung ist ein entsprechender Korrekturfaktor zu berücksichtigen. Als Vergleichsmessung muss eine Messung neben den in der Firste zur Firstspaltinjektion vorhandenen Einfüllstutzen vorgenommen werden.

Mit dem so kalibrierten Messgerät ist ein Punkt an der Tunnelinnenschale als Kalibrierpunkt für folgende und spätere Messungen festzulegen.

Alternativ kann die Kalibrierung auch an einem Punkt mit bekannter Dicke und ebener Rückwand an einer Tunnelinnenschale vorgenommen werden.

2.2 ULTRASCHALL-ECHO-VERFAHREN

Beim Einsatz des Ultraschall-Echo-Verfahrens wird mit einem auf der Oberfläche angeordneten Prüfkopf ein Ultraschallimpuls (Frequenz > 20 kHz) in das Bauteil (Tunnelinnenschale) eingeleitet. Der Anteil des an der Rückwand der Tunnelinnenschale reflektierten Impulses wird mit einem Empfangskopf, der ebenfalls auf der Oberfläche der Tunnelinnenschale positioniert ist, empfangen und anschließend ausgewertet. Sende- und Empfangsteil sind in den meisten Fällen in einem Gehäuse untergebracht. Abbildung 1: zeigt das Messprinzip des Ultraschall-Echo-Verfahrens.

Eine spezielle Vorbereitung der Oberfläche ist nicht erforderlich.

1. INTRODUZIONE

Questo allegato concerne le prescrizioni atte ad assicurare la qualità e ad uniformare l'applicazione delle prove non distruttive ai fini della verifica dello spessore del rivestimento definitivo. L'allegato contiene indicazioni relative ai metodi di misura (capitolo 2), all'esecuzione delle misure (capitolo 3), alla documentazione, restituzione e rappresentazione (capitolo 4), alla qualifica del personale (capitolo 5) ed agli strumenti e procedure (capitolo 6).

2. METODI DI MISURA

2.1 ASPETTI GENERALI

Per la verifica dello spessore non-distruttiva del rivestimento definitivo sono ammesse solo le tecniche con ultrasuoni e quella dell'eco da impatto (Impact Echo). L'Appaltatore è responsabile della scelta del sistema da adottare.

Le procedure di misura devono essere tarate attraverso la velocità di propagazione su campioni di riferimento. Questi provini devono essere realizzati utilizzando la stessa miscela del cls di quella utilizzata per il rivestimento definitivo in galleria. Per il metodo dell'Impact Echo e la tecnica ad ultrasuoni devono essere utilizzati dei provini di diametro di circa 24 cm e altezza di 48 cm.

Nell'eseguire la misura di taratura si deve tener conto di un apposito fattore di correzione. Inoltre deve essere eseguita una misura di confronto in calotta a fianco del punto di iniezione.

Con lo strumento di misura così calibrato deve quindi essere definito il punto del rivestimento definitivo che fungerà da punto di taratura per le misure successive.

Come alternativa è anche possibile effettuare la taratura in corrispondenza di un punto del rivestimento definitivo con spessore noto e superficie retrostante piana.

2.2 TECNICHE CON ULTRASUONI

Applicando il metodo ad ultrasuoni si immette un impulso ultrasonoro (frequenza > 20 kHz) nell'elemento costruttivo (rivestimento definitivo) posizionando la sonda emittente sulla superficie. La parte dell'impulso che viene riflessa dalla superficie retrostante del rivestimento viene ricevuta da un sensore di ricezione posizionato anche esso sulla superficie del rivestimento definitivo e viene successivamente elaborata. Nella maggior parte dei casi lo strumento contiene insieme l'unità emittente e di acquisizione. L'illustrazione 1: illustra il principio di verifica con la tecnica ad ultrasuoni.

Non è necessario prevedere un particolare trattamento della superficie.

Durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalls (c) kann aus der Laufzeit des Impulses (t) auf die Dicke der Innenschale (d) geschlossen werden ($d = c \cdot t / 2$). Somit lassen sich Minderdicken lokalisieren.

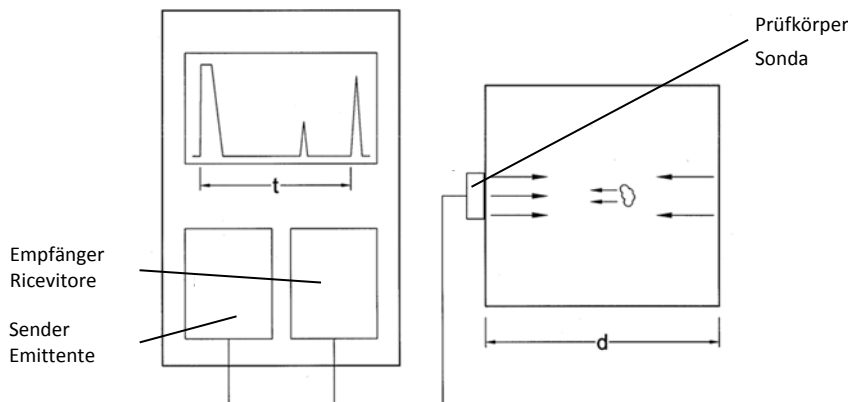


Abbildung 1: Messprinzip Ultraschall-Echo ([3], [7])

Grazie alla velocità di propagazione delle onde ultrasoniche (c) è possibile determinare dalla durata dell'impulso (t) lo spessore del rivestimento definitivo (d) ($d = c \cdot t / 2$). In tal modo è possibile localizzare eventuali sottospessori.

Illustrazione 1: Principio di misurazione del sistema ad ultrasuoni ([3], [7])

2.3 IMPAKT-ECHO-VERFAHREN

Beim Impakt-Echo-Verfahren ([10], [12]) werden durch mechanische Impulse, z. B. mit einer Stahlkugel, in das zu untersuchende Bauteil Schallwellen (Körperschall) eingeleitet. Deren Vielfachreflexionen zwischen der Oberfläche und den Grenzflächen (z. B. Rückwand oder Hohlstellen) werden mit einem breitbandigen Empfänger aufgenommen und einer Frequenzanalyse unterzogen. Aus den Ergebnissen der Frequenzanalyse lässt sich die Bauteildicke bestimmen. Das Messprinzip dieses Verfahrens ist in Abbildung 2; dargestellt.

Bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit des Körperschalls (c) kann die Dicke der Innenschale (d) einer Frequenzanzeige (f) zugeordnet werden $d = c / (2f)$. Somit lassen sich Minderdicken lokalisieren.

Eine spezielle Vorbereitung der Oberfläche ist nicht erforderlich.

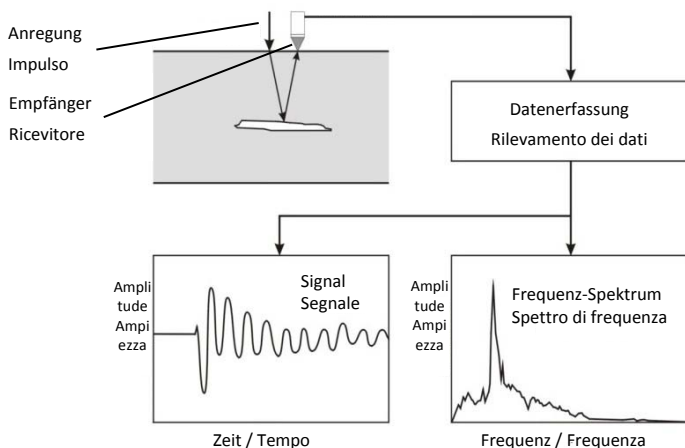


Abbildung 2: Messprinzip Impact-Echo (in Anlehnung an [10])

2.3. TECNICA CON IMPACT-ECHO

Applicando la tecnica con impact-echo ([10], [12]) si immettono delle onde acustiche generate da impatto, ad es. tramite una sferetta di acciaio, nell'elemento costruttivo da verificare. Le loro riflessioni molteplici tra la superficie e le superfici di discontinuità (ad es. superficie posteriore o vuoti) vengono registrate da un ricevitore a banda larga e sottoposte a un'analisi delle frequenze. Dai risultati dell'analisi delle frequenze è possibile individuare lo spessore dell'elemento costruttivo. L'illustrazione 2: mostra il principio di misurazione della tecnica in oggetto.

Grazie alla velocità di propagazione nota delle onde (c) è possibile assegnare lo spessore del rivestimento definitivo (d) alla frequenza (f) indicata $d = c / (2f)$. In tal modo è possibile localizzare eventuali sottospessori.

Non è necessario prevedere un particolare trattamento della superficie.

Illustrazione 2: Principio di misura con la tecnica dell'Impact-echo (in base a [10])

3. MESSDURCHFÜHRUNG

3.1 MESSRASTER

Den Messungen ist ein Messraster von 80 cm x 80 cm zugrunde zu legen. In Bereichen mit Minderdicken oder anderen Anomalien ist das Messraster nach Vorgaben des Auftraggebers/BL zu verdichten. Die Messungen sind auf den First- und Blockfugenbereich zu beschränken (siehe Abbildung 3:).

Die Anzahl der Messlinien im Firstbereich werden wie folgt festgelegt:

- a) Bei eingleisigen Tunnelröhren, in Querschlägen und Notausgängen sind 3 Messlinien anzuordnen.
- b) Bei zweigleisigen Tunnelröhren und Aufweitungsquerschnitten sind 5 Messlinien anzuordnen (Abbildung 3:).

Die Anzahl der Messlinien im Blockfugenbereich werden wie folgt festgelegt:

- a) Entlang der Blockfugen sind je zwei Messlinien vor und nach jeder Blockfuge anzuordnen (0,20 m und 1,00 m) wie in Abbildung 3: dargestellt. Messpunkte sind von der Firste aus in Richtung Ulme bis 10:00 Uhr und bis 14:00 Uhr anzuordnen.

Bei Minderdicken, die über das Messraster hinausgehen, muss der Messbereich schrittweise erweitert werden.

Eine Minderdicke im Sinne dieser Richtlinie liegt vor, wenn die gemessene Tunnelinnenschalendicke unter Berücksichtigung der Messgenauigkeiten unterhalb der vorgegebenen Solldicke liegt.

3. ESECUZIONE DELLE MISURE

3.1. RETICOLO DI MISURA

Per le misure deve essere utilizzato un reticolo di dimensioni 80 cm x 80 cm. In zone con sottospessori o altre anomalie, il reticolo di misura deve essere compresso secondo le disposizioni della Committente/DL. Le misure devono essere eseguite solo nella zona della chiave di calotta e del giunto (Illustrazione 3:).

Il numero delle linee di misura nell'area della chiave di calotta deve essere definito nel modo seguente:

- a) In caso di gallerie a singolo binario, per cunicoli trasversali e per uscite di emergenza devono essere previste 3 linee di misura.
- b) In caso di gallerie a doppio binario e per sezioni di allargamento devono essere previste 5 linee di misura (Illustrazione 3:).

Il numero delle linee di misura interessanti i giunti deve essere definito come segue:

- a) Lungo i giunti devono essere previste rispettivamente due linee di misura, prima e dopo ciascun giunto (0,20 m e 1,00 m) secondo quanto indicato nell'Illustrazione 3:. I punti di misura vanno previsti a partire dalla chiave di calotta in direzione dei piedritti fino alle ore 10 e fino alle ore 14.

In caso di sottospessori al di fuori del reticolo è necessario estendere iterativamente l'area di controllo.

Ai sensi delle presenti prescrizioni si ha un sottospessore quando lo spessore misurato del rivestimento è inferiore a quello minimo prestabilito, tenendo conto delle relative tolleranze.

3.2 MESSUNGEN

Nach Festlegung und Markierung des Messrasters am Bauwerk ist mit den Messungen zu beginnen. Die Messungen erfolgen vor der Firstspaltverpressung.

Bei der Bewertung der Messungen, die im unmittelbaren Bereich von Blockfugen erfolgen, ist die durch die Fuge verursachte Diskontinuität (z.B. Fugenband, Randeinflüsse) in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

Die Messergebnisse sind zusammen mit der Angabe der Kilometrierung zu speichern und dem Auftraggeber/BL für eventuell erforderliche nachträgliche Auswertungen auf Datenträger zur Verfügung zu stellen.

3.3 NACHWEISGRENZEN

Die Dicke der zu untersuchenden Innenschale muss bei Verwendung von Ultraschall-Echo wesentlich größer als die Wellenlänge (λ) sein. Für Impakt-Echo muss die Bauteildicke größer als $\lambda/2$ sein.

Falls Die Dicke der Elemente 0,80 m übertrifft, sowie bei sehr engen Bewehrungen oder bei einer hohen Porosität des zu überprüfenden Bauteils müssen im Voraus vorläufige Nachweise erfolgen, um die Anwendbarkeit der Methode zu prüfen, die immer garantiert sein muss.

Die Genauigkeit der Dickenmessung hat unterhalb von $\pm 3\%$ vom Messwert zu liegen. Die Genauigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle muss bei der Kalibrierung festgestellt werden und darf nicht größer als $\pm 2\%$ sein.

3.2. MISURE

Dopo aver definito e tracciato il reticolo di misura sull'opera si deve procedere con le verifiche. Le misure devono avvenire prima dell'iniezione in chiave di volta.

Nel valutare le misure eseguite direttamente in vicinanza dei giunti tra i blocchi si deve tener conto delle discontinuità causate dal giunto (ad es. waterstop, ecc.).

I risultati delle verifiche, inclusa l'indicazione della progressiva, devono essere memorizzati e messi a disposizione della Committente/DL per eseguire, in caso di necessità, successive elaborazioni.

3.3. LIMITI DELLE VERIFICHE

Con la tecnica ad ultrasuoni è necessario che lo spessore del rivestimento definitivo da verificare sia significativamente maggiore rispetto alla lunghezza d'onda (λ). Con il metodo Impact-echo è necessario che lo spessore dell'elemento costruttivo sia superiore a $\lambda/2$.

In caso di spessori degli elementi superiori a 0,80 m nonché in presenza di armatura molto fitta o di una porosità molto elevata dell'elemento costruttivo da controllare devono essere svolte preventivamente delle prove preliminari per verificare la possibilità di attuabilità del metodo, la quale deve sempre essere garantita

La precisione delle misure dello spessore deve essere inferiore del $\pm 3\%$ rispetto al valore misurato. La precisione della velocità di propagazione dell'onda acustica deve essere determinata nell'ambito della calibratura e deve essere pari al $\pm 2\%$.

4. DOKUMENTATION

Der Auftragnehmer muss Messberichte erstellen, in denen die Bereiche mit Minderdicken oder mit sonstigen Anomalien analysiert werden.

4.1 AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG

Zu jedem Punkt des Messrasters aus der Messung ist die Dicke der Tunnelinnenschale zu ermitteln. Es ist eine graphische Darstellung für jeden Tunnelblock erforderlich, wie in Abbildung 4: beispielhaft dargestellt. Bereiche in denen die Messwerte (ohne Berücksichtigung der Messgenauigkeit) die Solldicke unterschreiten, sind deutlich hervorzuheben.

Zu der üblichen grafischen Darstellung der Messergebnisse der Messverfahren in Form von Isolinien oder zusätzlichen Bildern, sind die gemessenen Dicken der Tunnelinnenschale je Messpunkt für jeden Block in tabellarischer Form darzustellen.

4.2 MESSBERICHT UND BEWERTUNG

In dem nach Abschluss der Messungen durch den Auftragnehmer vorzulegenden Messbericht ist zu bestätigen, dass die Messungen in Übereinstimmung mit diesem Dokument erfolgten. Auf Abweichungen ist dabei besonders einzugehen.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Art der Kalibrierung sind anzugeben.

Der Messbericht sollte mindestens folgende Angaben enthalten:

- Datum, Ort, Temperatur im Untersuchungszeitraum (soweit für das verwendete Verfahren relevant).
- Kurzbeschreibung des Untersuchungsobjektes und des Untersuchungsziels.
- Relevante und verfügbare Informationen über den Aufbau und Zustand des untersuchten Tunnelabschnitts sind in die Dokumentation mit aufzunehmen oder es ist auf diese Informationen hinzuweisen. Hierzu zählen unter anderem Betonrezeptur, Größtkorn, Bauteiloberfläche, Bewehrung, Schichtaufbau, soweit diese Angaben für die Interpretation der Messergebnisse erforderlich sind.
- Übersichtspläne mit Angabe der Messpunkte, der Messspuren, des Messrasters einschließlich der Lage von Einbauten.
- Angaben zum Messgerät (Hersteller, Gerätetyp, Baujahr, Geräteeinstellungen, Frequenz, Samplingrate).

4. DOCUMENTAZIONE

L'Appaltatore deve predisporre relazione di verifica in cui devono essere analizzate le zone con sottospessore o con difetti.

4.1. RESTITUZIONE E RAPPRESENTAZIONE

Per ciascun punto del reticolo di misura deve essere verificato lo spessore del rivestimento definitivo. Per ciascun blocco della galleria deve essere predisposta una rappresentazione grafica secondo quanto indicato nell'esempio di cui all'Illustrazione 4: I settori dove i valori misurati (senza tener conto della precisione di misurazione) sono inferiori allo spessore teorico, devono essere evidenziati.

Oltre che mettere a disposizione la consueta rappresentazione grafica dei risultati ottenuti dalle misurazioni mediante isolinee o illustrazioni aggiuntive, è necessario rappresentare in forma tabellare gli spessori misurati del rivestimento definitivo in ogni blocco e per ciascun punto di misurazione.

4.2. RELAZIONE E VALUTAZIONE

Nella relazione che l'appaltatore deve predisporre al termine delle verifiche deve essere confermato che le misurazioni siano state eseguite nel rispetto di questo documento. Eventuali difformità devono essere analizzate nel dettaglio.

Devono essere indicate le velocità di propagazione e la tipologia di taratura.

La relazione di misurazione deve contenere almeno le seguenti indicazioni:

- Data, luogo, temperatura durante la verifica (se rilevante per la procedura applicata).
- Descrizione di sintesi dell'oggetto e dello scopo della verifica.
- Le informazioni rilevanti e disponibili relative alla struttura e allo stato dell'oggetto da verificare devono essere inserite nella documentazione oppure deve essere indicato dove tali informazioni siano reperibili. Tra queste informazioni figurano, tra l'altro, la miscela del calcestruzzo, la dimensione massima dell'inerte, la superficie dell'elemento costruttivo, l'armatura, la stratigrafia, qualora queste informazioni siano necessarie per l'interpretazione dei risultati.
- Piante con indicazione dei punti di misura, delle linee di misura, del reticolo di misura compresa la posizione di inserti.
- Indicazioni relative allo strumento di misura (produttore, tipo, anno di costruzione, impostazioni dello strumento, frequenza, frequenza di campionamento).

- Angabe der einzelnen Schritte zur Messdatenauswertung (Datenverarbeitungsschritte).
- Darstellung der Ergebnisse wie in 4.1 beschrieben.
- Zusammenfassung der Ergebnisse mit Angabe der Bereiche mit Minderdicken bzw. sonstige Befunde; weiteres Vorgehen, eventuell notwendige zusätzliche Untersuchungen, Schlussfolgerungen.
- Indicazione delle singole fasi per la restituzione dei dati (step di elaborazione dati).
- Rappresentazione dei risultati secondo quanto descritto al punto 4.1.
- Sintesi dei risultati con indicazione dei settori con sottospessori e altre osservazioni, fasi successive, indagini aggiuntive eventualmente necessarie, conclusioni.

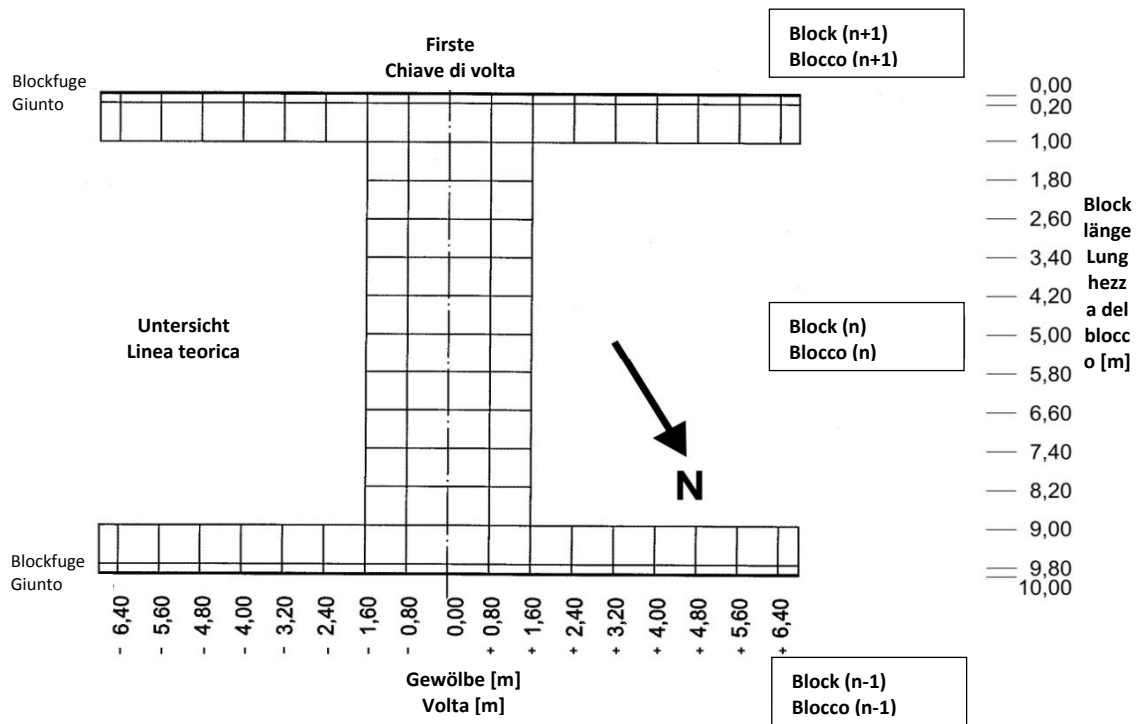


Abbildung 3: Beispiel für ein Messraster einer zweigleisigen Tunnelröhre ([7], [11])

Illustrazione 3: Esempio di reticolo di misura su galleria a doppio binario ([7], [11])

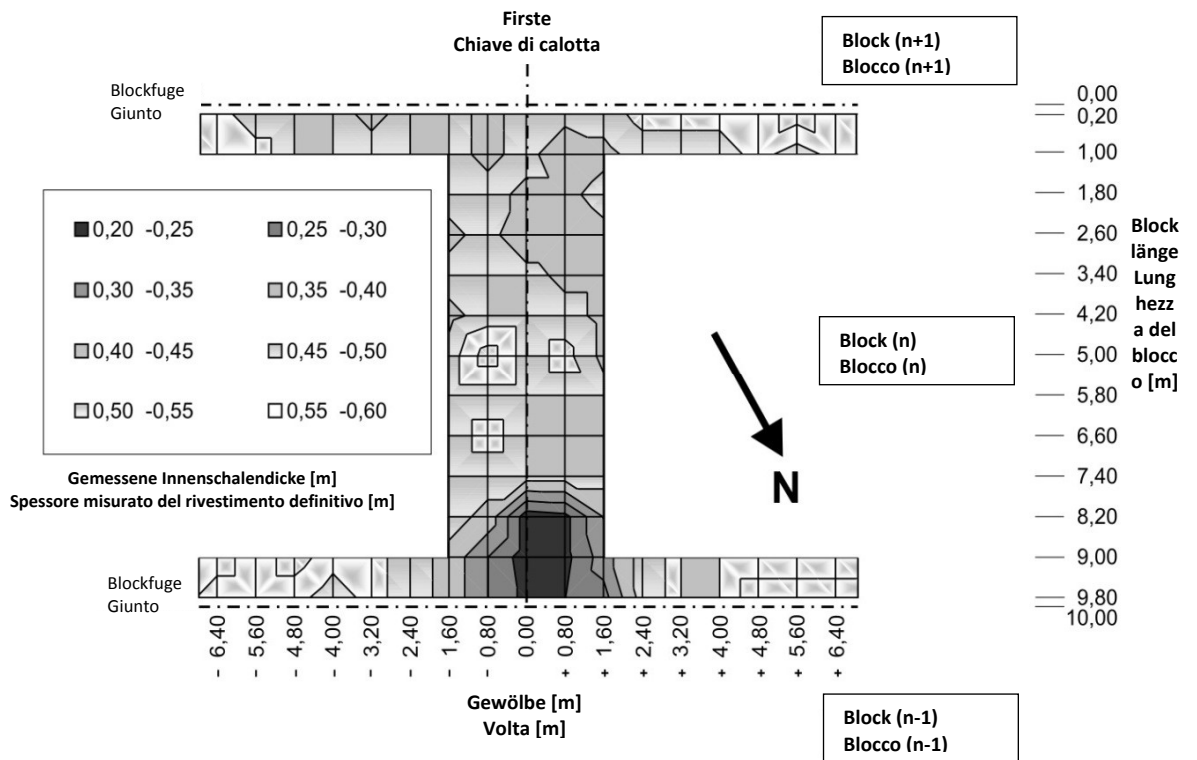


Abbildung 4: Dickenbestimmung einer Tunnelinnenschale mit Impact-Echo-Verfahren, Minderdicken im Firstbereich ([7], [11])

Illustrazione 4: Determinazione dello spessore di un rivestimento definitivo mediante il metodo Impact-echo, sottospessori riscontrati nella zona in chiave di volta ([7], [11])

5. PERSONALQUALIFIKATION

Die Durchführung der Messungen hat unter Aufsicht eines „Kolonnenführers“ durch Personal, welches im Umgang mit den eingesetzten Geräten im Detail vertraut ist, zu erfolgen.

Hierzu ist die Qualifikation durch die Vorlage von detaillierten Unterlagen zur fachlichen Ausbildung des mit den Messungen betrauten Personals sowie von Referenzen zu bereits ausgeführten Messungen ähnlicher Art nachzuweisen.

Der „Kolonnenführer“ muss während der Ausführung der Arbeiten ständig an der Baustelle anwesend sein, und er muss als Verantwortlicher den Messbericht mit unterschreiben.

Der „Kolonnenführer“ hat sich vor Beginn der Arbeiten beim Auftraggeber/BL anzumelden und die entsprechenden Nachweise vorzulegen.

6. ANERKENNUNG DER GERÄTE UND VERFAHREN

6.1 GERÄT

Die Eignung der Messgeräte, die für die durchzuführende Messaufgabe eingesetzt werden, ist durch Vorlage detaillierter technischer Dokumentationen dem Auftraggeber/BL nachzuweisen.

Wenn der Messgerätetyp sich ändert, muss erneut die technische Dokumentation beim Auftraggeber/BL vorgelegt und genehmigt werden.

6.2 QUALIFIKATION DES „KOLONNENFÜHRERS“ UND PERSONALS

Für die Aufgabe des „Kolonnenführers“ ist ein sachkundiger Ingenieur zu betrauen. Er muss Kenntnisse, insbesondere des Tunnelbaus, des Bauwesens und der Baustoffkunde besitzen, die durch einen einschlägigen Studientitel nachzuweisen sind.

Er muss vertiefte Kenntnisse mit dem Einsatz der Messgeräte im Tunnelbau besitzen, um vor Ort eine sachliche Beurteilung der Messsignale vornehmen zu können.

Durch Vorlage von detaillierten Unterlagen zur fachlichen Ausbildung des mit den Messungen betrauten Personals sowie von Referenzen zu bereits ausgeführten Messungen ähnlicher Art beim Auftraggeber/BL ist die Qualifikation des bei den Messungen eingesetzten Personals nachzuweisen.

5. QUALIFICA DEL PERSONALE

Le prove devono essere eseguite, sotto la sorveglianza di un responsabile, da personale esperto e con pratica nell'utilizzo degli strumenti impiegati.

A tale proposito deve essere data prova della qualifica presentando una documentazione dettagliata sulla formazione tecnica professionale del personale responsabile delle misure ed attestati relativi a misure simili già eseguite.

Il responsabile delle prove deve essere continuamente presente in cantiere durante l'esecuzione dei lavori e deve firmare la relazione di verifica in qualità di responsabile.

Prima dell'inizio dei lavori, il responsabile delle prove deve essere presentato alla Committente/DL fornendo gli attestati richiesti.

6. IDONEITÀ DEGLI STRUMENTI E PROCEDURA

6.1 STRUMENTI DI MISURA

L'idoneità degli strumenti utilizzati per le misure da eseguire deve essere comprovata mediante presentazione di documentazione tecnica dettagliata alla Committente/DL.

Nel caso in cui il tipo di strumento cambi, la documentazione tecnica deve essere nuovamente presentata e approvata dalla Committente/DL.

6.2 QUALIFICA DEL PERSONALE E DEL RESPONSABILE ADDETTI ALLA PROVA

Il ruolo di responsabile della prova deve essere affidato a un ingegnere esperto: deve disporre di conoscenze in materia di costruzione gallerie, di ingegneria civile e di scienza dei materiali di costruzione, da comprovare mediante apposito titolo di studio.

Deve disporre di conoscenze approfondite degli strumenti di misura utilizzati in ambito della costruzione di gallerie al fine di poter valutare sul posto gli esiti delle misure.

La qualifica del personale impiegato per le verifiche deve essere comprovata presso la Committente/DL mediante presentazione di documenti dettagliati relativi alla loro formazione professionale nonché di attestati relativi all'esecuzione di analoghe prove.

7. VERZEICHNISSE

7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Messprinzip Ultraschall-Echo ([3], [7])	5
Abbildung 2:	Messprinzip Impakt-Echo (in Anlehnung an [10])	5
Abbildung 3:	Beispiel für ein Messraster einer zweigleisigen Tunnelröhre ([7], [11]).....	9
Abbildung 4:	Dickenbestimmung einer Tunnelinnenschale mit Impakt-Echo-Verfahren, Minderdicken im Firstbereich ([7], [11]).....	10

7.2 PROJEKTSPEZIFISCHE GRUNDLAGEN

7.2.1 Eingangsdokumente

7.2.1.1 Ausführungsprojekt Baulos Mauls 2-3

- [1] 02_H61_DT_990_KTB_D0700_11120
Technische Vertragsbestimmungen, Untertagebau, Definitive Verkleidung

7.2.2 Normen und Richtlinien

- [2] Krieger, J.; Krause, M.; Wiggenhauser, H.: Erprobung und Bewertung zerstörungsfreier Prüfmethode für Betonbrücken, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 18, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1998.
- [3] Merkblatt für Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile, Merkblatt B4, DGZfP- Fachausschuss „Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“, Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin, Ausgabe Mai 1999.
- [4] Merkblatt über das Radarverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, DGZfP Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin, Ausgabe 2001
- [5] Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM), Berlin: Internetpräsenz ZfPBau-Kompodium. [<http://www.bam.de/zfpbau-kompodium.htm>]
- [6] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP), Berlin, „DGZfP Merkblätter“, Internetpräsenz [<http://www.dgzfp.de>] Untermenü: (Informationszentrum) (Richtlinien).
- [7] Rath, E.; Berthold, G; Lähner, H.: Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen mit Verfahren der

7. ELENCHI

7.1. ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Illustrazione 1:	Principio di misurazione del sistema ad ultrasuoni ([3], [7]).....	5
Illustrazione 2:	Principio di misura con la tecnica dell'Impact-echo (in base a [10]).....	5
Illustrazione 3:	Esempio di reticolo di misura su galleria a doppio binario ([7], [11]).....	9
Illustrazione 4:	Determinazione dello spessore di un rivestimento definitivo mediante il metodo Impact-echo, sottospessori riscontrati nella zona in chiave di volta ([7], [11]).....	10

7.2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

7.2.1. Documenti in ingresso

7.2.1.1. Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3

- [1] 02_H61_DT_990_KTB_D0700_11120
Disposizioni tecniche di contratto, Lavori in sotterraneo, rivestimenti definitivi

7.2.2. Normative e linee guida

- [2] Krieger, J.; Krause, M.; Wiggenhauser, H.: Erprobung und Bewertung zerstörungsfreier Prüfmethode für Betonbrücken, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 18, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1998.
- [3] Merkblatt für Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile, Merkblatt B4, DGZfP- Fachausschuss „Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“, Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin, Ausgabe Mai 1999.
- [4] Merkblatt über das Radarverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, DGZfP Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin, Ausgabe 2001
- [5] Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (BAM), Berlin: Internetpräsenz ZfPBau-Kompodium. [<http://www.bam.de/zfpbau-kompodium.htm>]
- [6] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP), Berlin, „DGZfP Merkblätter“, Internetpräsenz [<http://www.dgzfp.de>] Untermenü: (Informationszentrum) (Richtlinien).
- [7] Rath, E.; Berthold, G; Lähner, H.: Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen mit Verfahren der

zerstörungsfreien Prüfung (ZFP) gemäß der „Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP- TU)“ -Tunnel-Burgholz im Zuge der L418 bei Wuppertal-, Mai 2005, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 54, Unterreihe-B (Brücken und Ingenieurbau)

zerstörungsfreien Prüfung (ZFP) gemäß der „Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP- TU)“ -Tunnel-Burgholz im Zuge der L418 bei Wuppertal-, Mai 2005, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 54, Unterreihe-B (Brücken und Ingenieurbau)

7.2.3 Bibliografie

- [8] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): Taschenbuch für den Tunnelbau 2003, 27. Jahrgang, Verlag: Verlag Glückauf Essen (VGE), ISBN 3-7739-1286-2; Baustoffe und Bauteile für den Tunnelbau. I. Qualitätssicherung der Tunnelinnenschale und der Tunneldrainage (Seite 353 – 382), Dipl.-Ing. Wolf- Dieter Friebel, BMVBW, Bonn; Dr.-Ing. Jürgen Krieger, BAST, Bergisch Gladbach
- [9] Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method, American Society for Testing and Materials, Standard C 1383, August 1998.
- [10] Sansalone, M. J.; Strett, W. B.: Impact-Echo, Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997.
- [11] Mähner, D.; Rath, E.; Lange, D.: Bestimmung der Tunnelinnenschalendicke mit zerstörungsfreien Prüfverfahren, „Beton- und Stahlbetonbau“ 101 (2006) Heft 8, Seite 606-613.
- [12] Wiggenhauser, H., Impakt-Echo, in: Cziesielski, E. (Hrsg); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn Kap. C1, 2 (2004) Strukturaufklärung, Abschnitt 2.6, S. 358-365

7.2.3. Bibliografia

- [8] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): Taschenbuch für den Tunnelbau 2003, 27. Jahrgang, Verlag: Verlag Glückauf Essen (VGE), ISBN 3-7739-1286-2; Baustoffe und Bauteile für den Tunnelbau. I. Qualitätssicherung der Tunnelinnenschale und der Tunneldrainage (Seite 353 – 382), Dipl.-Ing. Wolf- Dieter Friebel, BMVBW, Bonn; Dr.-Ing. Jürgen Krieger, BAST, Bergisch Gladbach
- [9] Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method, American Society for Testing and Materials, Standard C 1383, August 1998.
- [10] Sansalone, M. J.; Strett, W. B.: Impact-Echo, Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997.
- [11] Mähner, D.; Rath, E.; Lange, D.: Bestimmung der Tunnelinnenschalendicke mit zerstörungsfreien Prüfverfahren, „Beton- und Stahlbetonbau“ 101 (2006) Heft 8, Seite 606-613.
- [12] Wiggenhauser, H., Impakt-Echo, in: Cziesielski, E. (Hrsg); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn Kap. C1, 2 (2004) Strukturaufklärung, Abschnitt 2.6, S. 358-365

7.3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AN	.....	Auftragnehmer
EP	.....	Erstprüfung
BBG	.....	Erhöhte Brandbeständigkeit
FaB-BBG	.....	Faserbeton zur Erhöhung der Brandbeständigkeit
IP	.....	Identitätsprüfung
KP	.....	Konformitätsprüfung
NM	.....	Nass-Mischgut
SpC	.....	Spritzbeton
w/b	.....	Wasser-Bindemittel-Wert
w/z	.....	Wasser-Zement-Wert

7.3. ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

AP	.....	Appaltatore
EP	.....	Prova iniziale
ERF	.....	Elevata Resistenza al Fuoco
CF-ERF	.....	Calcestruzzo fibrorinforzato con elevata Resistenza al Fuoco
IP	.....	Prova d'identità
KP	.....	Prova di conformità
	.....	Miscela bagnata
SpC	.....	Spritzbeton
a/l	.....	Acqua/legante
a/c	.....	Acqua/cemento