Institut für
Materialprüfung,
Bauberatung
und Analytik.

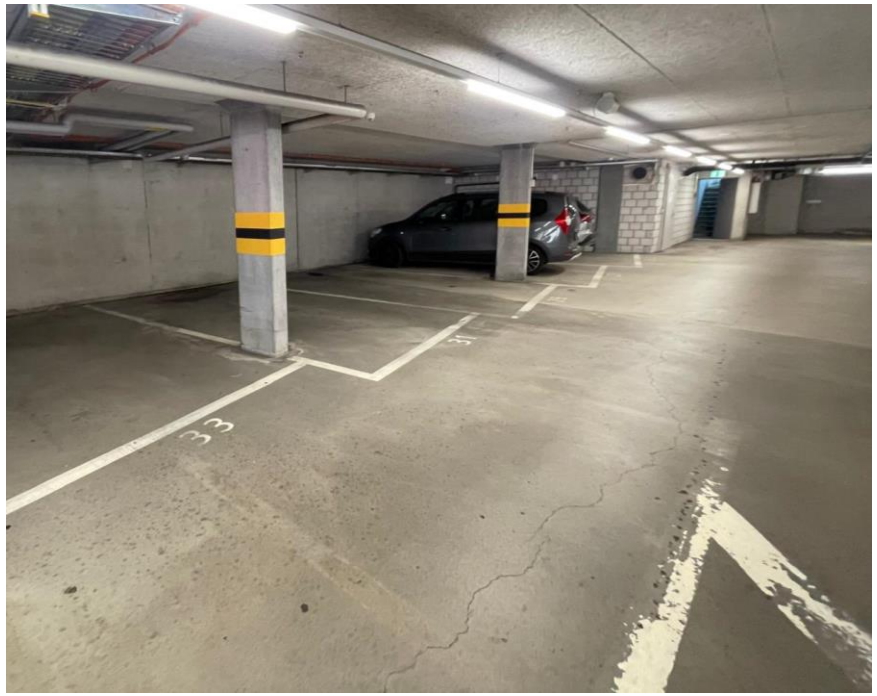
Workshop
Zustandserfassung Beton
Relevé de l'état du béton

IMP Bautest AG
impbautest.ch

Dr. Christoph Bürgi / Frédéric Turrian
18. März 2025

Ziel / Zweck

- ✓ aktueller Zustand ?
- ✓ Ausmass / Schwere ?
- ➢ Instandsetzung / Massnahmen



- ✓ Etat actuel ?
- ✓ Degré / étendue ?
- ➢ Mesure de remise en état

Beton

- (Druck-)Festigkeit ?
- Chloridgehalt ?
- Karbonatisierungstiefe ?
- Schadensursache ?

Béton

- Résistance mécanique ?
- Profondeur de carbonatation ?
- Teneur en chlorures ?
- Origine des dégâts ?

Bewehrungseisen

- Betonüberdeckung ?
- Bewehrungsteilung ?
- Art, Durchmesser ?
- Korrosionszustand ?
- Ausmass ?

➢ Korrosionsrisiko / Entwicklung ?

Fers d'armature

- Enrobage ?
- Espacement ?
- Type, diamètre ?
- Etat de corrosion ?
- Etendue ?

➢ Risque de corrosion / évolution

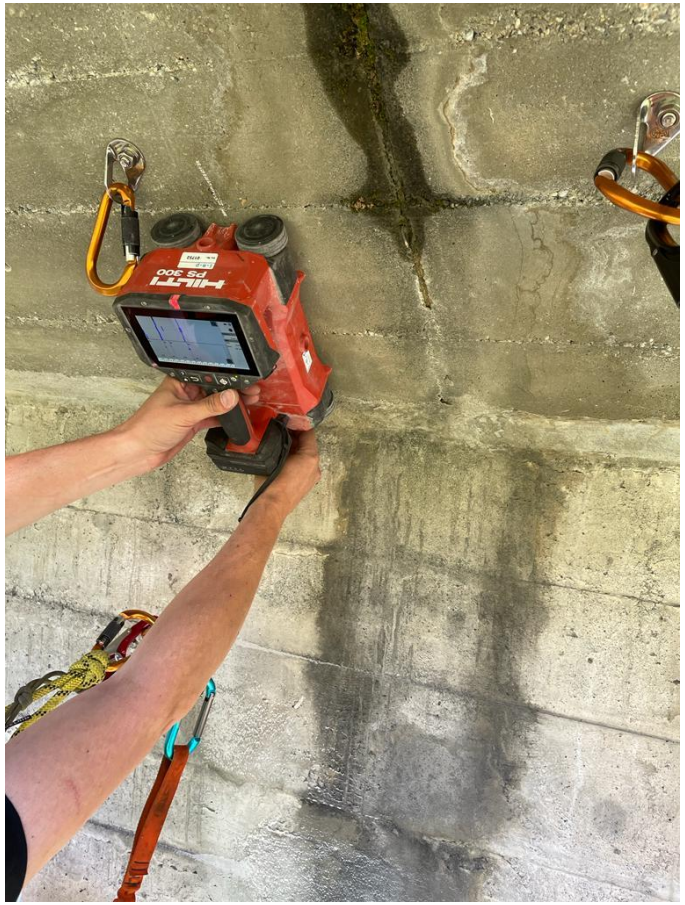
Vorspannkabel

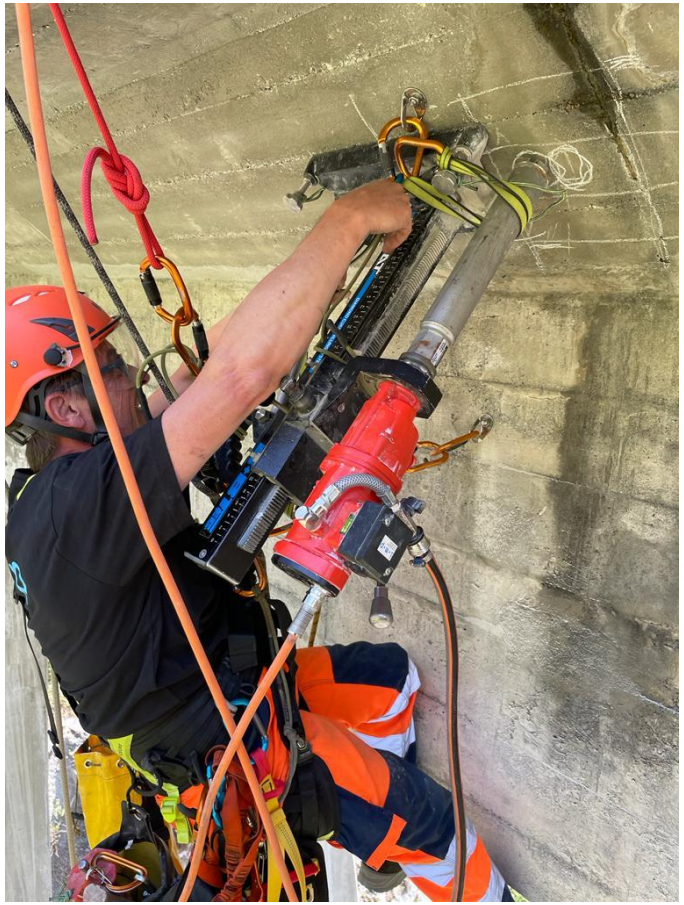
- Lage ?
- Korrosionszustand ?
- Verfüllungsgrad ?

Câbles de précontrainte

- emplacement ?
- Etat de corrosion ?
- Etat d'injection ?

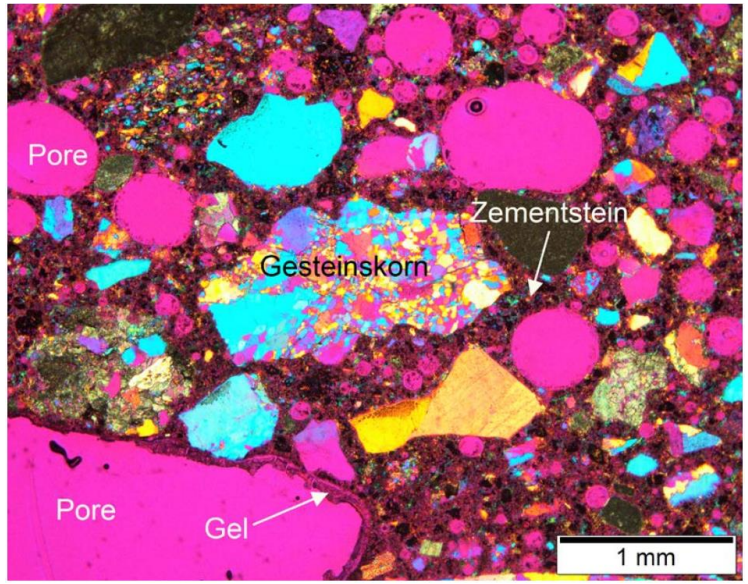
Methodik





Méthodes

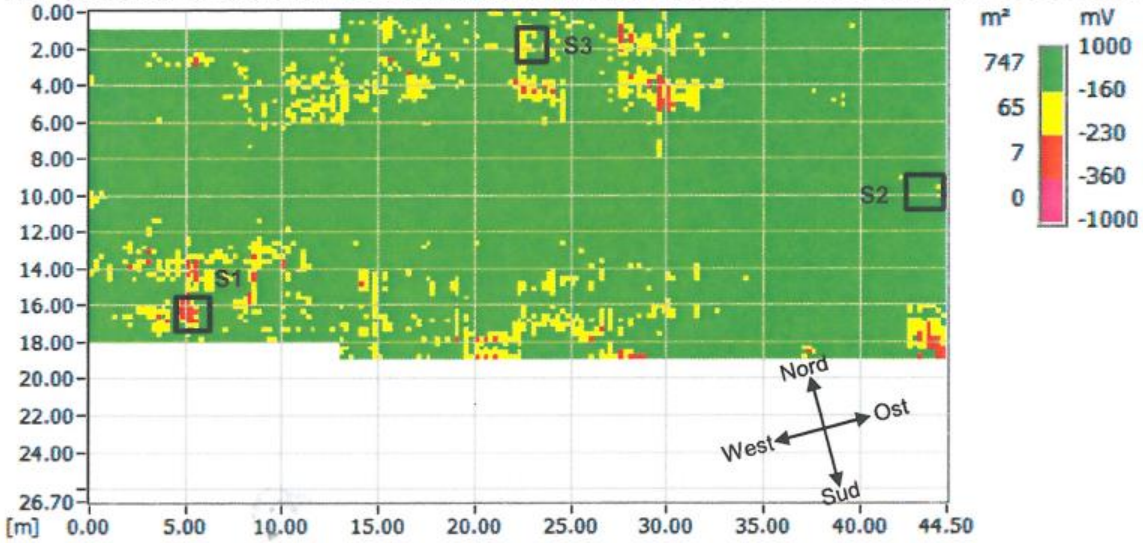
Zustand Beton		
Festigkeit	Bohrkern	Druckfestigkeit Haftzugfestigkeit
Karbonatisierungstiefe	Bohrkern, Sondage	pH-Indikatorlösung
Chloridgehalt	Bohrmehl, Bohrkern	chem. Analyse
Schadensursache	Bohrkern	Dünnschliff AAR Restquellmass



Etat du béton		
Résistance	carotte	Rés. compression / arrachement
Carbonatation	carotte, sondage	Solutions indicateur du pH
Teneur en chlorures	mouture, carotte	Analyse chimique
Cause(s) dégradation	carotte	Analyse microscopique Expansion résiduelle (RAG)

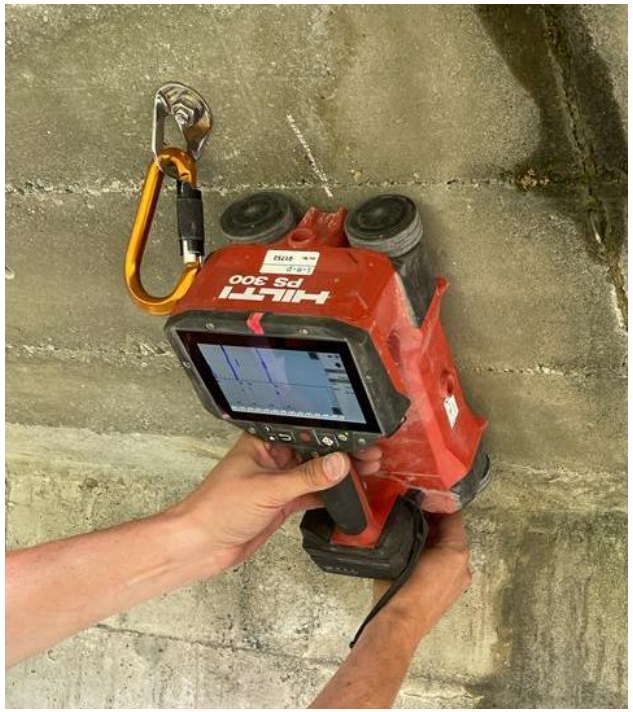
Zustand Bewehrungseisen	
Überdeckung / Teilung	Ferroscan
Art, Durchmesser	Sondage
Korrosionszustand	Sondage
Ausmass	Potenzialfelmessung

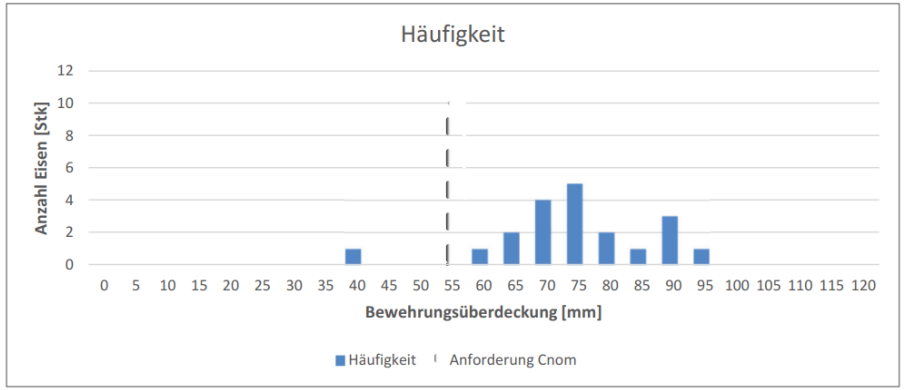
Interpretation der potentialmessungen (rot : aktiver Korrosionszustand / grün : passiver Korrosionszustand)



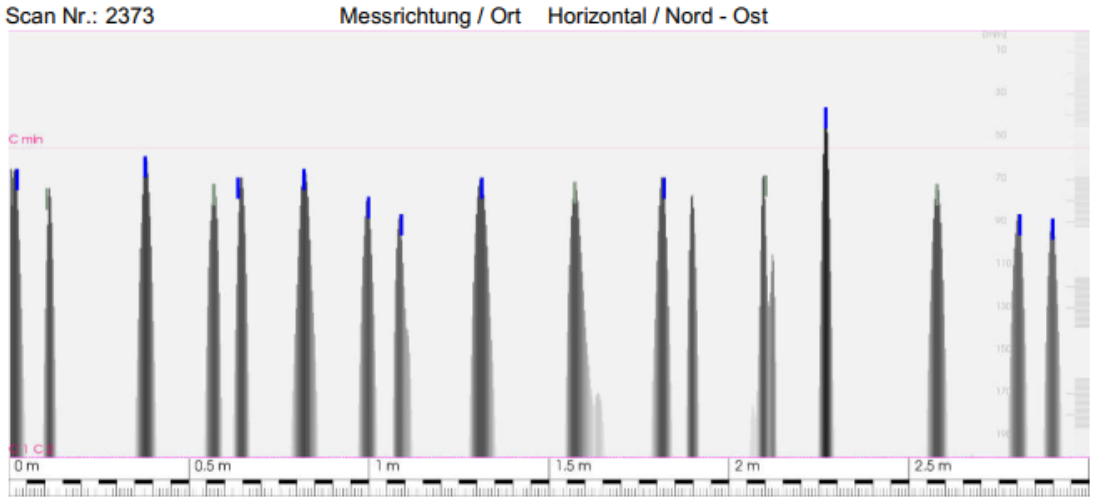
Etat des fers d'armatures	
Enrobage / espacement	Ferroscan
Type, diamètre	Sondage
Etat de corrosion	Sondage
Etendue	Mesure de potentiel

Ferroscan





Bewehrungsüberdeckung / Enrobage



Bewehrungsteilung / Espacement

Sondage

Art, Durchmesser / Type, diamètre

Tabelle 4: Bestimmung des Korrosionsgrads

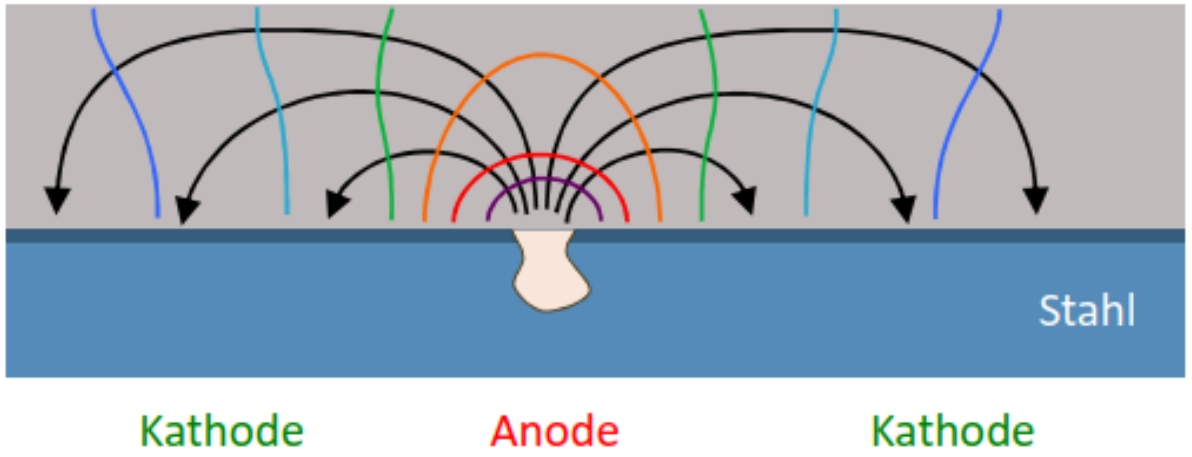
Korrosionsgrad (KG)	Beschreibung bei Korrosion infolge karbonatisiertem Beton	Beschreibung bei Korrosion infolge von eingetragenen Chloriden
0	blank	blank
1	wenige oberflächliche Rostpunkte	wenige oberflächliche Rostpunkte und -flecken
2	Rostflecken, lokal geringer Materialabtrag	viele Rostflecken, lokal geringer Materialabtrag
3	vollständig rostig mit geringem Materialabtrag (maximal Rippung abkorrodiert)	beginnender Lochfrass, Querschnittsverminderungen ≤ 5%
4	vollständig rostig mit deutlichen Mulden, Angabe der Querschnittsverminderung [1)]	Lochfrass mit deutlichen Querschnittsverminderungen [1)]

[1)] Angabe des Querschnittsverlusts in % des ursprünglichen Querschnitts.

Korrosionsgrad / Degré de corrosion

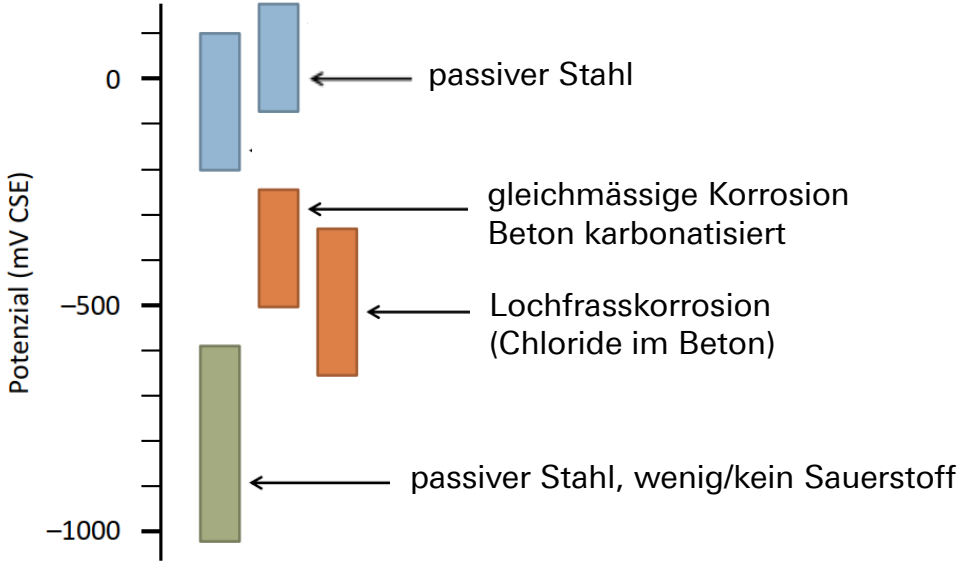
Korrosionsgrad Bewehrung / Degré de corrosion

Potenzialfeldmessung / Mesure de potentiel

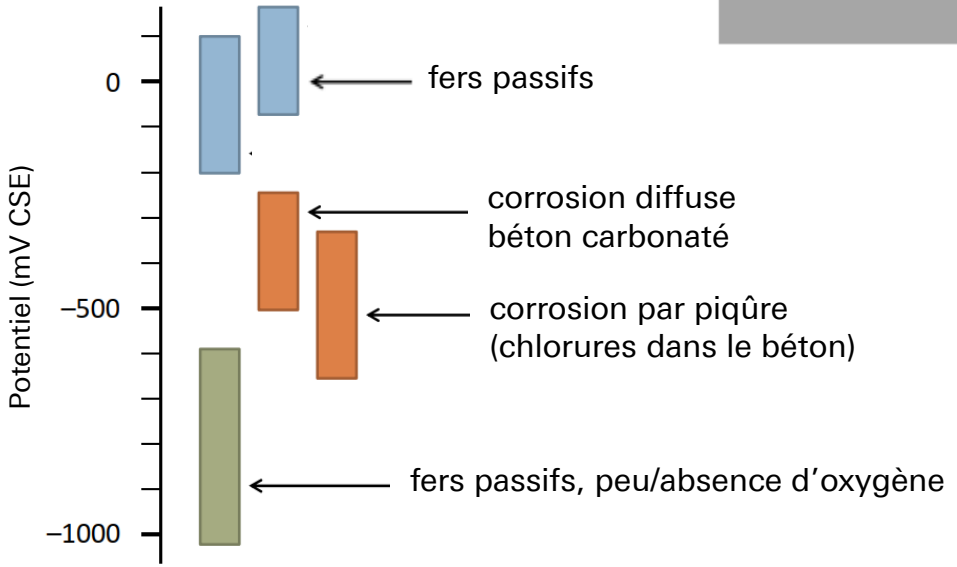


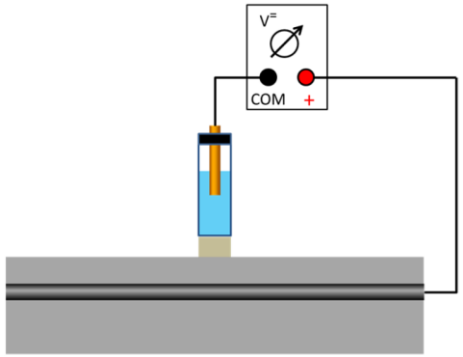
Potenzialfeldmessung / Mesure de potentiel

- Typische Potenziale von Stahl in Beton

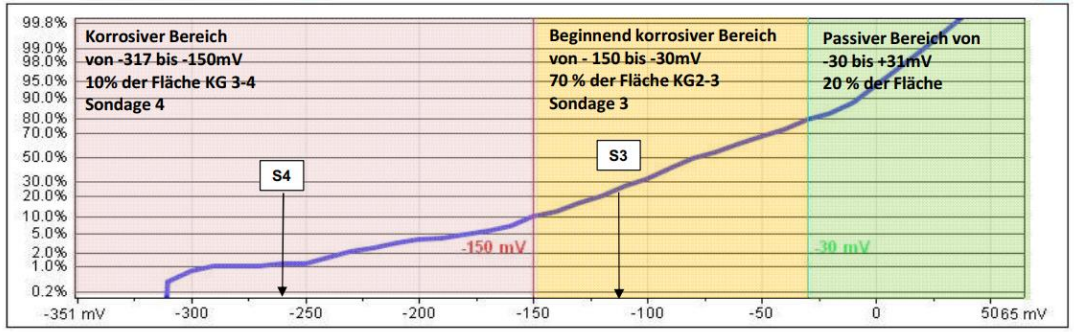


- Potentiel typique des fers d'armature

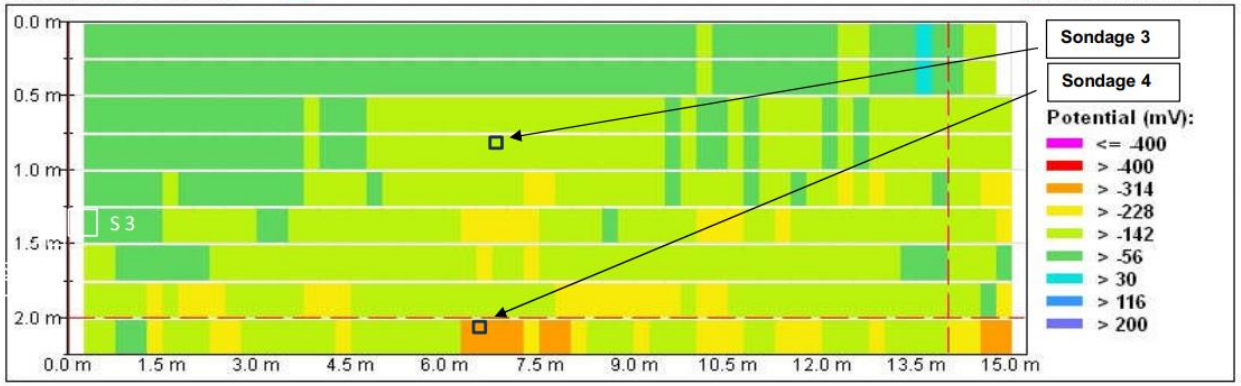




Potenzialfeldmessung / Mesure de potentiel

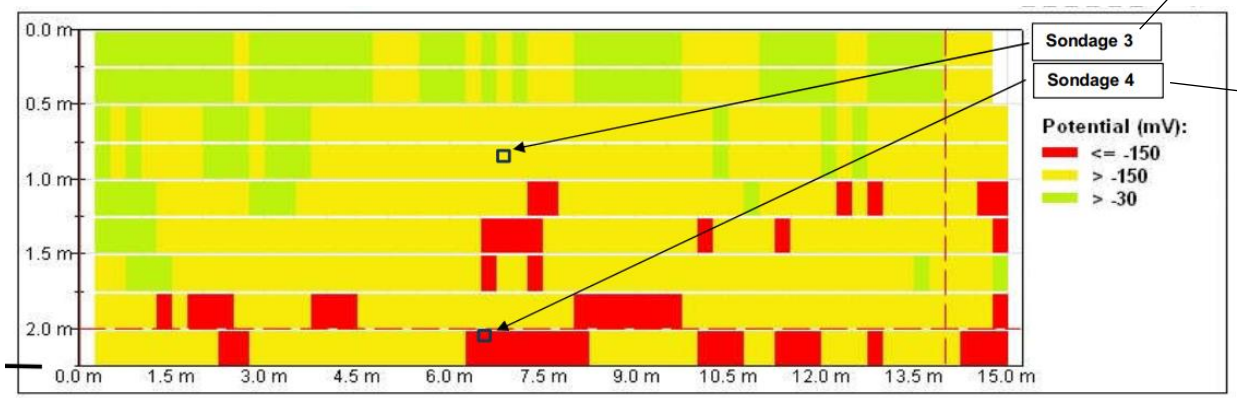


Summenhäufigkeitsverteilung / Fréquences cumulées



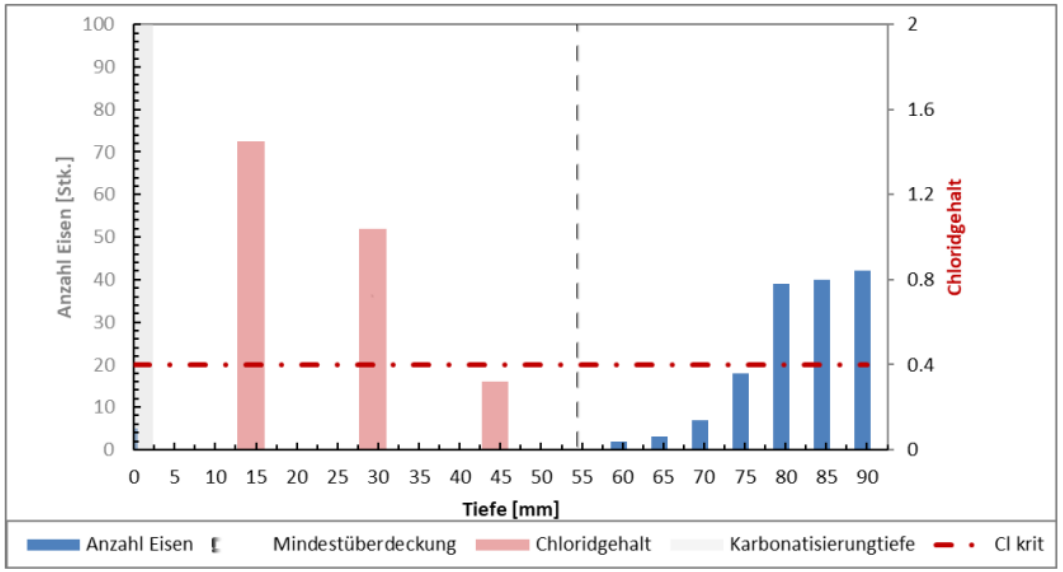
Potenzialfeldmessung / mesure de potentiel

Sondage 3: KG 2



Sondage 4: KG 4 (-20%)

Grafik 1: Bodenplatte, Durchfahrt (S3) – Zusammenfassung der Ergebnisse



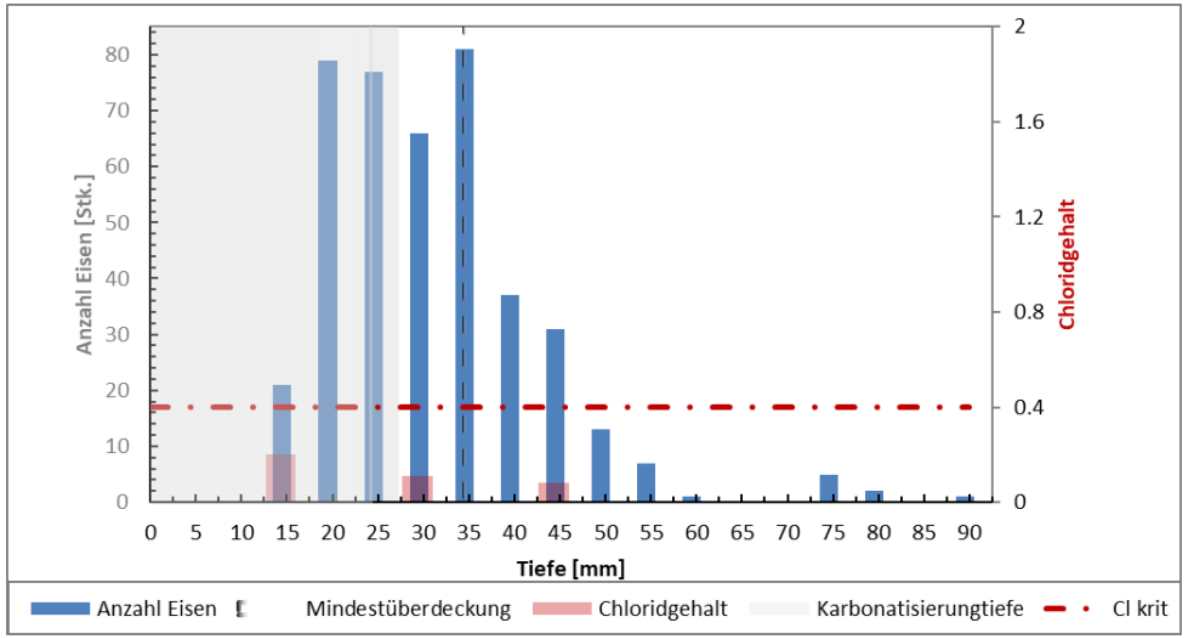
➢ Korrosionsrisiko / Entwicklung ?

- ✓ Bewehrungsüberdeckung
- ✓ Karbonatisierungstiefe
- ✓ Chloridgehalt im Beton
- ✓ Ausmass (Korrosion)

➢ Risque de corrosion / évolution ?

- ✓ Enrobage
- ✓ Profondeur de carbonatation
- ✓ Teneur en chlorures dans le béton
- ✓ Etendue (corrosion)

Grafik 2: Decke über EH – Zusammenfassung der Ergebnisse



Zustandserfassung Beton / relevé d'état béton

- **Instandsetzungsmassnahmen**
  - ✓ Tiefe (Bewehrungsüberdeckung, Chl-Gehalt, Karbonatisierungstiefe)
  - ✓ Fläche, Ausmass (Potenzialmessung)

- **Mesures de remise en état**
  - ✓ Profondeur (enrobage, teneur en chlorures, profondeur de carbonatation)
  - ✓ Surface, étendue (mesure de potentiel)

i·m·p

Zusammenfassung / Résumé

IMP Bautest AG
impbautest.ch

Dr. Christoph Bürgi / Frédéric Turrian
18. März 2025

Ferroscan vs Georadar

Kriterien	Ferroscan	Georadar
Prinzipien	Elektromagnetisch (Störung des Feldes durch Stahl)	Hochfrequenz-Radarwellen, die durch Beton dringen
Material-erkennung	Nur ferromagnetische Metalle (Stahl)	Kann alle Materialübergänge erkennen, vielseitigere Technik
Erfassungstiefe	8 bis 10 cm	50 cm oder mehr, je nach Ausrüstung
Präzision	Gut für oberflächennahe Bewehrungen. Ungefähre Schätzung des Durchmessers.	Allgemein gut, hängt jedoch von Signalqualität und Material ab
Anwendung	Einfach, schnell, sofortige Ergebnisse	Komplexer (Schulung erforderlich), schnell, erfordert jedoch eine detaillierte Auswertung
Interferenzen	Empfindlich gegenüber anderen Metallen in der Nähe	Beeinflusst durch die Zusammensetzung des Betons
Kosten	Günstig	Teurer (Ausrüstung und Expertise erforderlich)

Ferroscan vs Georadar

Critères	Ferroscan	Géoradar
Principe	Électromagnétique (perturbation du champ par l'acier)	Ondes radar à haute fréquence traversant le béton
Détection matériaux	Uniquement les métaux ferromagnétiques (acier)	Peut détecter toutes les interfaces entre matériaux, technique plus polyvalente
Profondeur de détection	8 à 10 cm	50 cm voir plus selon équipement
Précision	Bonne pour armatures peu profondes. Estimation approximative du diamétre	Bonne en général mais dépend de la qualité du signal et du matériau.
Utilisation	Facile, rapide, résultats instantanés	Plus complexe (formation nécessaire), rapide, nécessite une interprétation poussée
Interférences	Présences d'autres métaux à proximité	Influencé par la composition du béton
Coût	Peu cher	Plus coûteux (équipement et expertise)

Ferroscan vs Georadar

- **DE: Weitere Details zur Georadar-Methode sind in der entsprechenden Präsentation verfügbar.**
- **FR: Plus de détails sur la technique géoradar sont disponible dans la présentation dédiée.**

- **DE: Eine Sondierung zur Überprüfung des Durchmessers ermöglicht es, die mit den Georadar oder Ferroscan Methoden erhaltenen Werte zu bestätigen oder zu korrigieren.**
- **FR: Une ouverture de sondage(s) pour vérifier la taille du diamètre permet de confirmer ou corriger les valeurs obtenues avec les techniques géoradar ou Ferroscan.**

Feldmessung Potenzial

- **Warum negativer, wenn kein Sauerstoff vorhanden ist?**

- Das Potenzial ist in Abwesenheit von Sauerstoff negativer, da sich die elektrochemischen Reaktionen an der Stahloberfläche verändern. (Die kathodidche Reaktion $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ kann ohne Sauerstoff nicht stattfinden).

- **Warum besteht in Abwesenheit von Sauerstoff keine Korrosionsgefahr?**

- In Abwesenheit von Sauerstoff wird der Korrosionsprozess gestoppt, da die kathodische Reaktion, die die anodische Reaktion (d.h. die Korrosion des Stahls) unterstützt, nicht möglich ist.

- **Warum Zwei Anschlüsse?**

- Zwei Anschlüsse werden vorgenommen, um sicherzustellen, dass alle Bewehrungen des Bauwerks elektrisch verbunden sind.

Mesure du champ de potentiel

- **Pourquoi a-t-on un potentiel plus négatif si il n'y a pas d'oxygène?**

- Le potentiel est plus négatif en l'absence d'oxygène car il y a une modification des réactions électrochimiques à la surface de l'acier. (La réaction cathodique $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ ne peut pas se faire sans oxygène).

- **Pourquoi en l'absence d'oxygène il n'y a pas de danger de corrosion?**

- En l'absence d'oxygène, le processus de corrosion est stoppé car la réaction cathodique supportant la réaction anodique, c.à.d. la corrosion de l'acier, est impossible.

- **Pourquoi deux piquages?**

- Deux piquages sont effectués pour s'assurer que l'on est électriquement connecté à toutes les armatures de l'ouvrage.

i·m·p

Vielen Dank.
Merci beaucoup.

IMP Bautest AG
impbautest.ch

Dr. Christoph Bürgi / Frédéric Turrian
18. März 2025