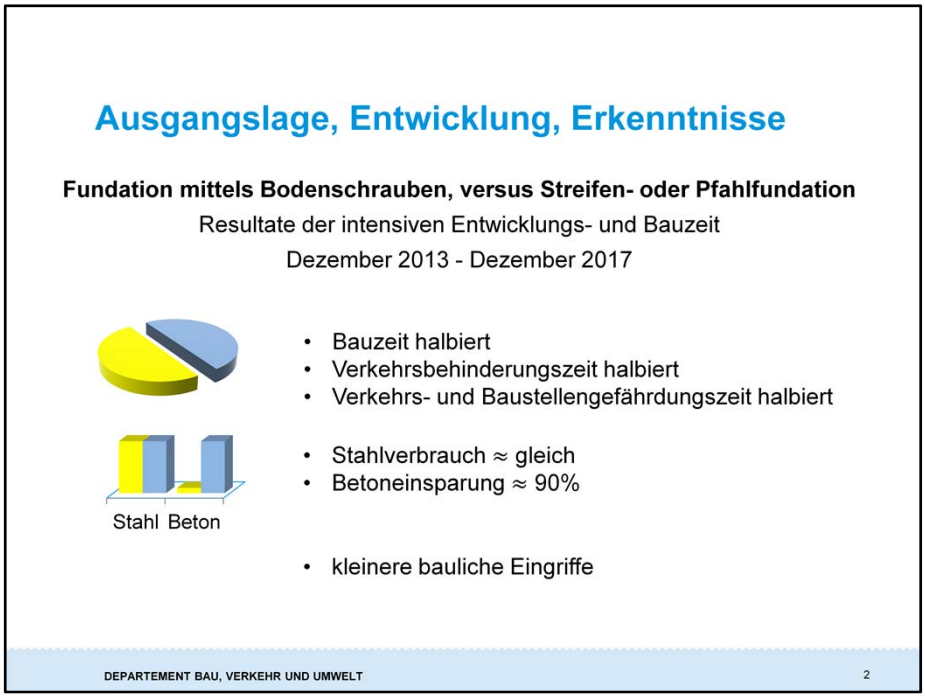
Besten Dank für die Einführung

Geschätzte Kolleginnen, geschätzte Kollegen,



Nach ersten Erfahrungen bei der Fundierung von Absturzsicherungen mit Bodenschrauben gelangte die Firma Krinner GmbH Schweiz mit der Idee Lärmschutzwände mittels Bodenschrauben zu fundieren an uns.

Unsere positiven Erfahrung, die innovative Firma und die erwarteten Vorteile, wie kürzere Bauzeit, Ressourcenschonung und kleinere bauliche Eingriffe bewegten uns dazu, die Idee aufzunehmen.

Die Umsetzung der Idee, zur ersten mittels Bodenschrauben fundierten Lärmschutzwand, erfolgte in enger Entwicklungszusammenarbeit mit der Firma Krinner GmbH, innerhalb von 4 Jahren.

Der rückblickende Vergleich mit der konventionellen Streifen- und Pfahlfundation zeigt:

- eine Halbierung der Bau- und Verkehrsbehinderungszeit
- fast gleicher Stahlverbrauch
- 90 % kleinerer Betonverbrauch
- und bedeutend kleinere bauliche Eingriffe

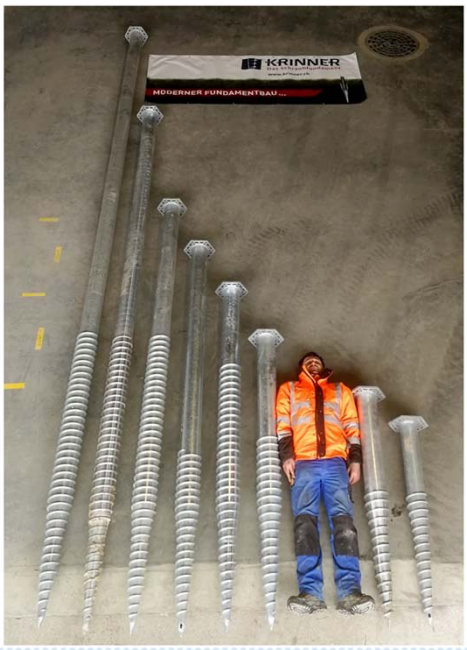
Bodenschrauben

Kennwerte

Längen:	1'600 – 6'500 mm
Durchmesser:	140 mm
Wandstärke:	3.6 mm
Stahl:	S235
Kraft bei Fliessspannung	≈ 360 kN
Gewicht:	22 - 85 kg
Eindrehgeschwindigkeit:	1 m / Min.

Lastbereich

F_{pv}	Rechnerische Prüfkraft	≈ 80 kN
F_d	Bemessungslast Zug/Druck	≈ 70 kN
F_k	Charakteristische Last	≈ 50 kN



DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 3

Hier sehen Sie Bodenschrauben mit einer Länge von 1.6 bis 6.5 Meter, wie sie beim Pilotprojekt verbaut wurden.

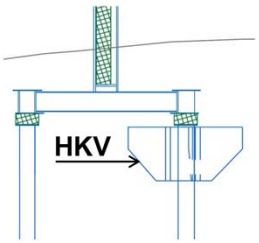
Die Bodenschrauben werden aus Stahlrohren, der Güte S235 mit einem Aussen-Durchmesser von 140 mm und einer Wandstärke von 3.6 mm hergestellt.

Die 22 bis 85 kg schweren Bodenschrauben werden mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Minute in den Boden eingedreht.

Zur Zeit kann für die axiale Belastung, mit einer rechnerischen Prüfkraft F_{pv} von 80 kN gerechnet werden.
Wenn man diesen Wert mit der Kraft beim Erreichen der Fliessspannung vergleicht, sehen wir, dass die Tragfähigkeit immer vom Boden abhängig ist.

Horizontalkraftverstärker (HKV)

HKV
Abmessung: 500 x 700 mm
Wandstärke: 10 mm
Stahl: S235



DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 4

Bodenschrauben auf Biegung belastet sind infolge der Inhomogenität des Bodens schwer bis gar nicht beherrschbar, deshalb wurde ein System mit axialer Zug und Druck Kraft gewählt.
Die horizontalen Kräfte werden über die Schraubenschäfte via passiven Erddruck an den Baugrund abgetragen.

Bei unserer Lärmschutzwand war die Horizontalkraft, infolge Wind, so gross, dass diese nicht mehr über die Schraubenschäfte abgetragen werden konnte. Die Lösung für dieses Problem fanden wir im Horizontalkraftverstärker, kurz HKV .

Der HKV-Einbau erfolgt folgendermassen:
- Eindrehen der Bodenschraube auf + 60 cm
- HKV bestehend aus Einzelblechen montieren
- HKV einvibrieren
- Bodenschraube auf definitive Höhe eindrehen

Jetzt sehen Sie das Video "**Fundation mit feuerverzinkten Bodenschrauben aus Stahl"** vom Pilotprojekt Lärmschutzwand Rekingen.

Dauerhaftigkeit

Nutzungsdauer 40 Jahre

Grundlage:

- 25-jähriges Fahrzeugrückhaltesystem (Ersatz infolge LSW-Bau)
- Potenzialmessung
- Bodenwiderstandsmessung

Bodenklasse I: Schwach aggressive Böden
Bodenklasse II: Bedingt aggressive Böden
Bodenklasse III: Aggressive Böden

- Bodenwiderstand / pH-Wert / Bodenaufbau

DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 6

Die Nutzungsdauer der Lärmschutzwand Rekingen wurde vorsichtig konservativ auf 40 Jahre festgelegt, dies, da im Kanton Aargau zum ersten Mal eine Feuerverzinkung als Korrosionsschutz im Boden zur Anwendung kam. Im Weiteren gilt in der Schweiz die Feuerverzinkung gemäss den SIA-Normen im Boden nicht als Korrosionsschutz.

Potenzial- und Widerstandsmessungen sowie Restzinkmessungen am ersetzten 25-jährigen Fahrzeugrückhaltesystem zeigten, dass diese Nutzungsdauer problemlos erreicht werden kann.

In der Empfehlung für Bodenankersysteme der Internationalen Föderation für Strukturbeton sind drei Bodenklassen mit unterschiedlicher Aggressivität bezüglich Korrosivität definiert.

Wesentliche Kriterien für die Korrosivität sind Bodenwiderstand, pH-Wert sowie Bodenaufbau.

Kennen Sie einfache Prüfverfahren?
Wir sind daran interessiert.

Tragfähigkeit

Aller Bodenschrauben:

- Eindrehmomentenverlauf
- Integral über Gewindelänge
- Korrelation
  Axiale Tragfähigkeit / Verlauf Eindrehmoment und Integral wurde in einem Forschungs-projekt nachgewiesen!

100 % Q-Prüfung aller Bodenschrauben!

DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 7

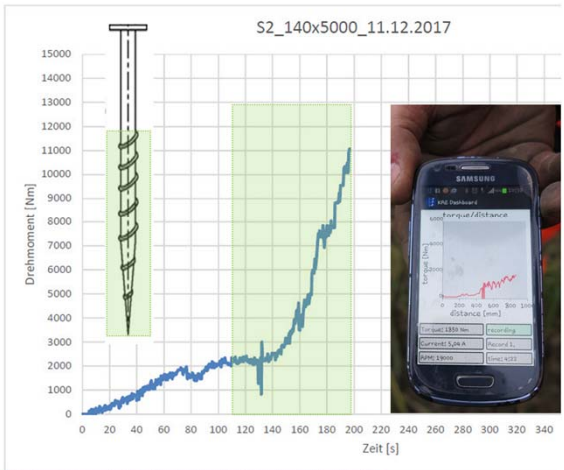
Beim Einbau aller Bodenschrauben erfolgt die Aufzeichnung des Eindrehmomentenverlaufs, gleichzeitig wird das Integral über die Gewindelänge des Eindrehmomentenverlaufs gebildet.

Da der Eindrehmomentenverlauf zusammen mit dem Integral mit der axialen Tragfähigkeit korreliert, können die Bodenschrauben mit den **niedrigsten Tragfähigkeiten** über die Eindrehmomentenverläufe und Integrale bestimmt und mittels Belastungsversuchen geprüft werden.

Das ergibt eine 100 %-ige Qualitätsprüfung aller Bodenschrauben!

Verlauf Eindrehmoment und Integral

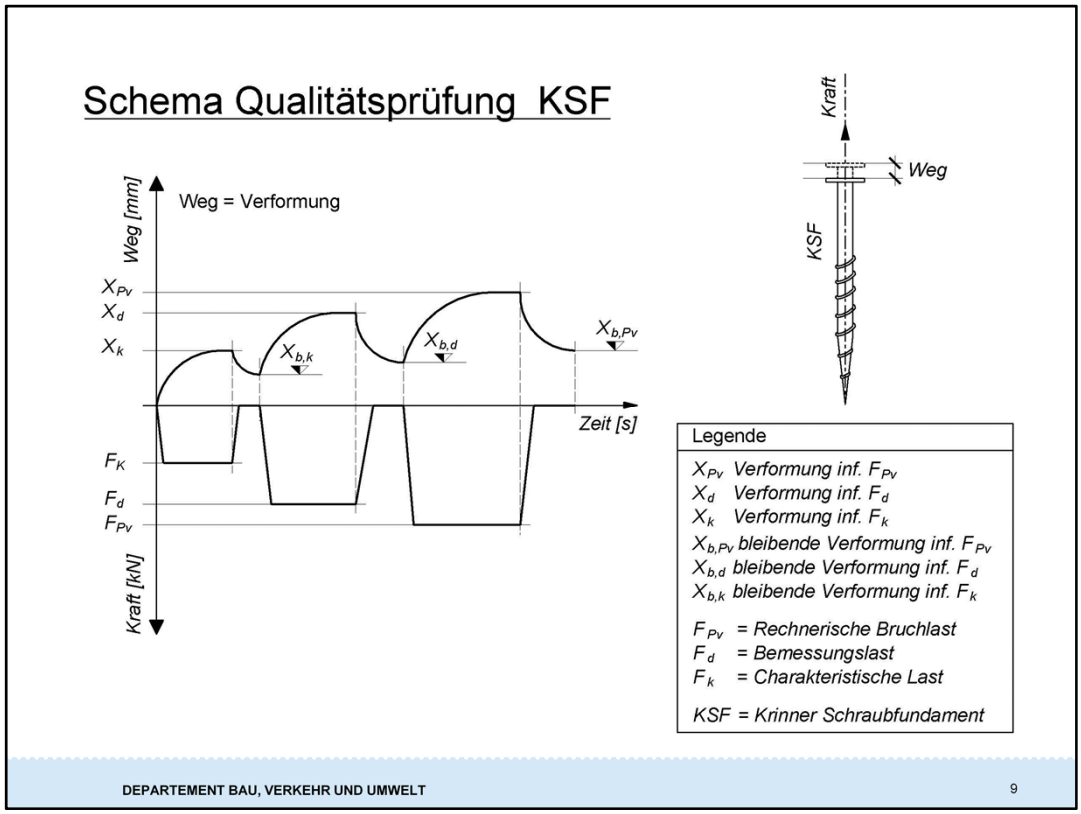
Beginn Gewinde bei [s]	143 s
Integral Gewindebereich [Nm x m]	8165 Nm^2



Beginn Gewinde bei [s]	110 s
Integral Gewindebereich [Nm x m]	9155 Nm^2

DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 8

Der Verlauf des Eindrehmoments wird während des Eindrehens der Bodenschraube direkt auf diesen Anzeigegeräten aufgezeichnet und anschliessend ausgedruckt.



Beim Belastungsversuch wird zuerst die charakteristische Last F_k aufgebracht und gehalten bis die Verformung nicht mehr zunimmt. Anschliessend wird sie entlastet und gewartet bis die Verformung nicht mehr abnimmt.

Mit der Bemessungslast F_d und der rechnerischen Bruchlast F_{pv} wird gleich verfahren.

Für jede Laststufe wird ein Kriechdiagramm aufgezeichnet.

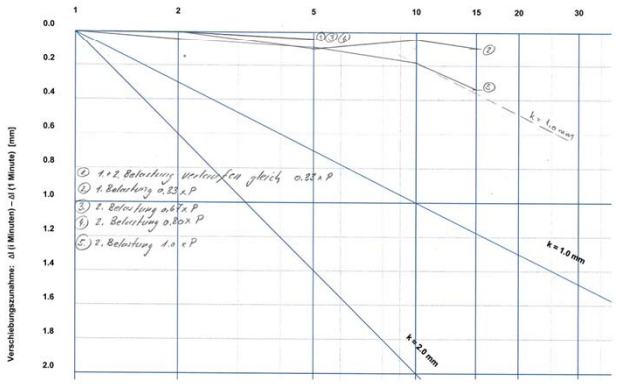
Die **Gebrauchstauglichkeit** ist gegeben, wenn die bleibende Verformung $X_{b,k}$ das objektspezifisch zu definierenden Mass nicht überschreitet.

Die **Tragsicherheit** ist gegeben, wenn das Kriechkriterium erfüllt ist und die rechnerische Bruchlast F_{pv} nicht zum Bruch geführt hat.

Verformungsverhalten

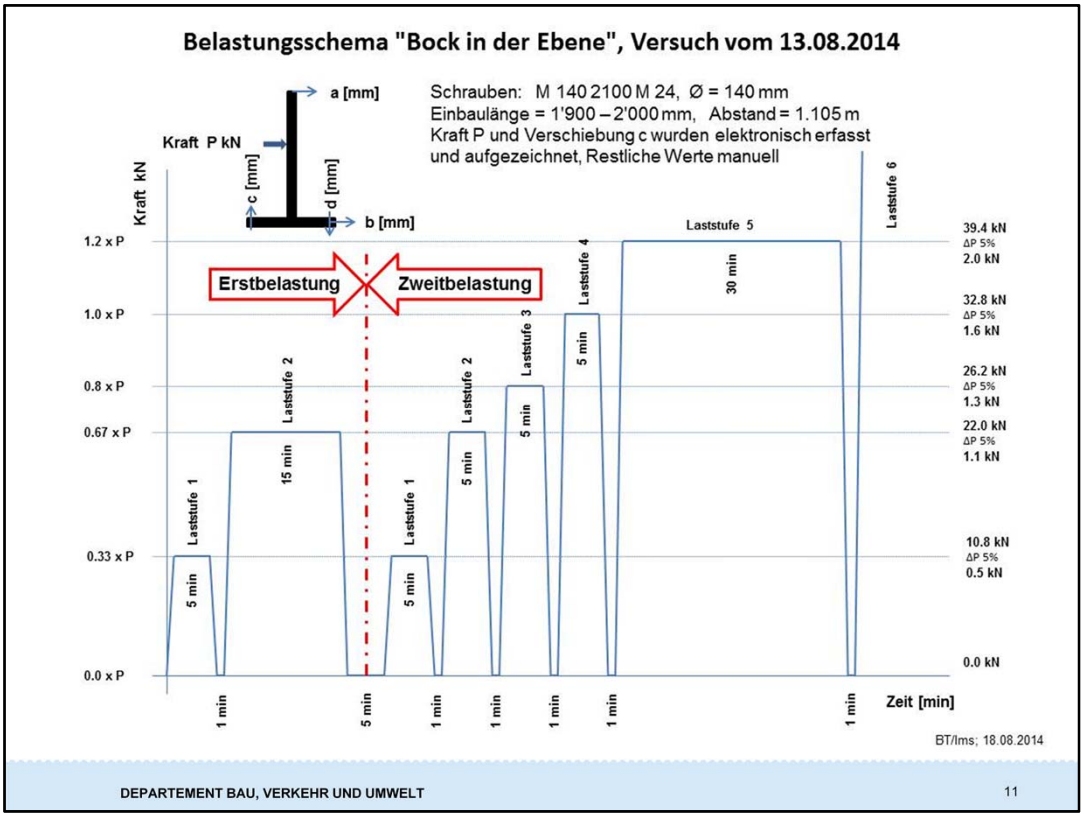
- linear-elastisch
- duktil
- Fliessplateau

Kriechdiagramm Versuch 13.08.2014

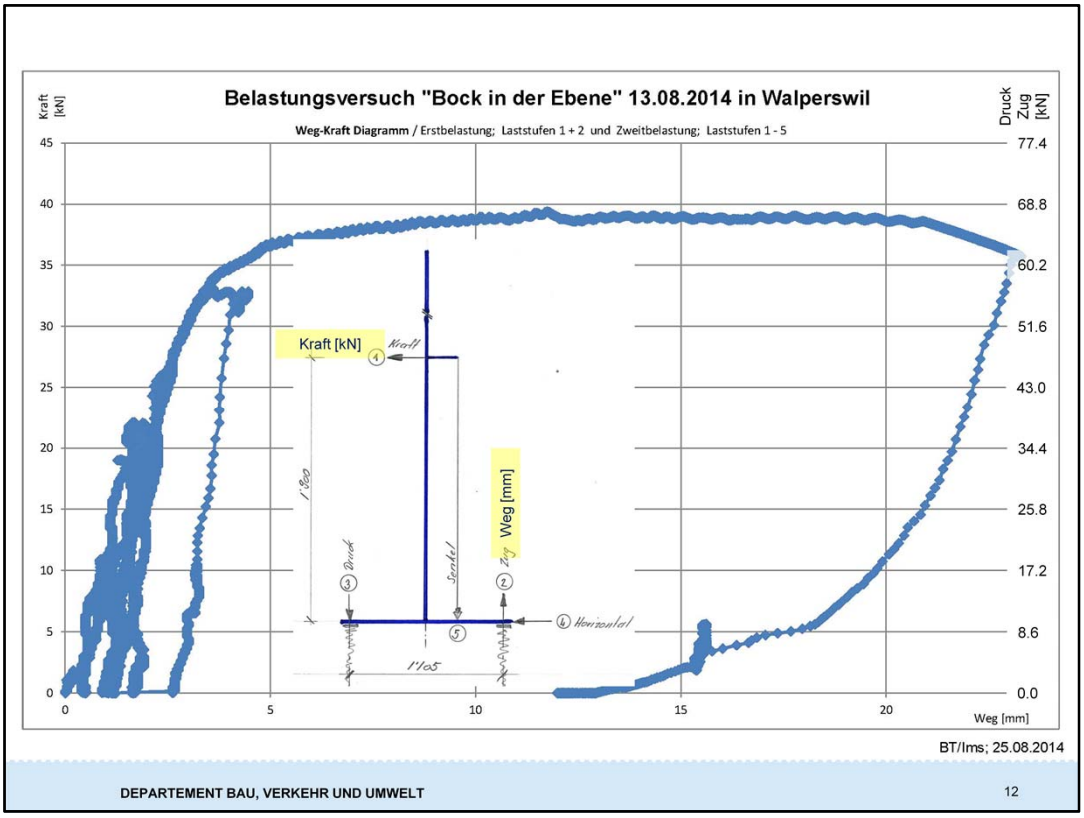


Anhand dieses Versuchsaufbaus kann das linear-elastische Verhalten und die Duktilität gezeigt werden.

Hier sehen Sie noch das zugehörige Kriechdiagramm.



Nach diesem Belastungsschema wurde der Versuch durchgeführt.



Auf diesem Weg-Kraft-Diagramm des Versuchs sehen wir das linear-elastische Verhalten sowie das grosse Fliessplateau aus welchem die Systemduktilität abgeleitet wird.

Zahlen

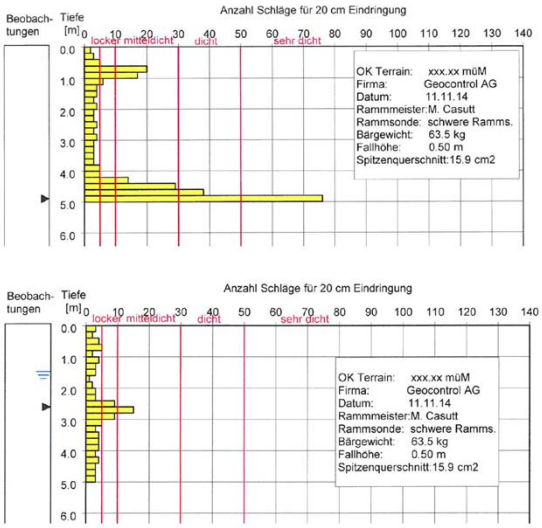
54 LSW-Stützen (Lastpunkte)
172 vertikal KSF => L = 860 m
32 horizontal KSF => L = 130 m
22 HKV

16.5 h Eindrehzeit für 990 m KSF

Euro pro m2 Ansichtsfläche
2'500 €/m² Pilotprojekt
2'250 €/m² Vergleichbare LSW

Mehrkosten 10%
Erstmalige Ausführung
Schlechter Baugrund

Bauzeit 50%



DEPARTEMENT BAU, VERKEHR UND UMWELT 13

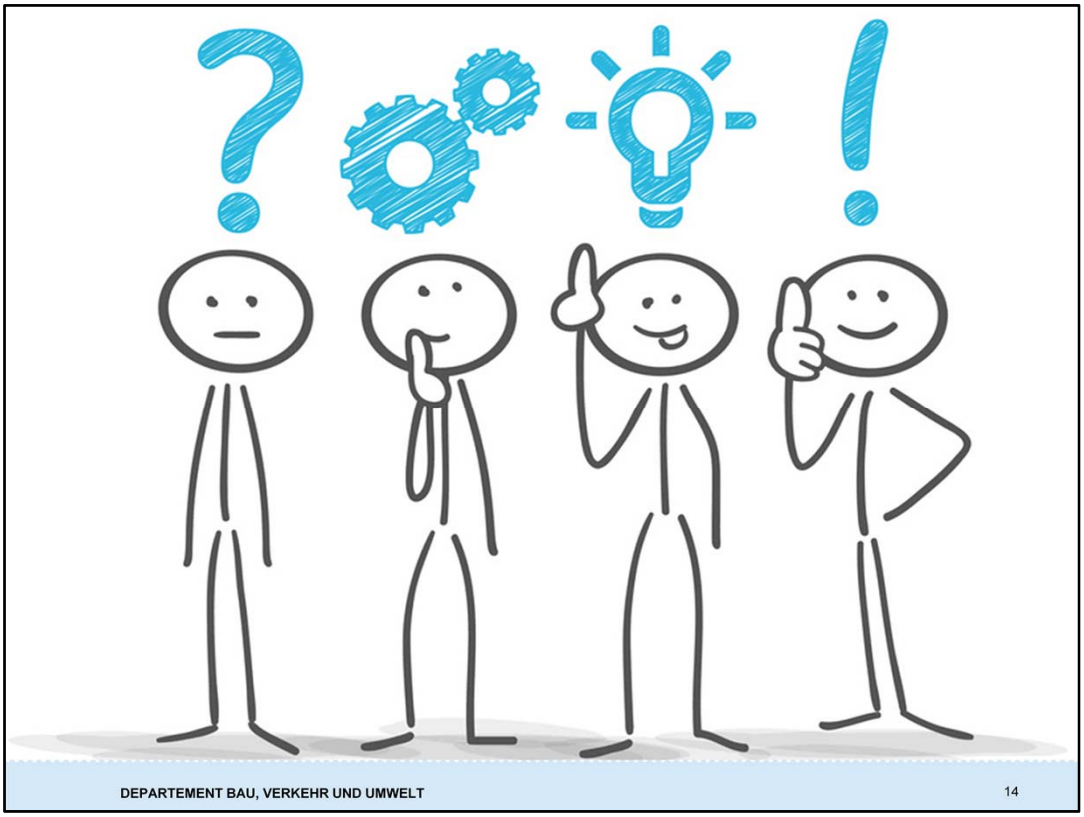
Für die 54 Lärmschutzwandstützen wurden 990 Meter Bodenschrauben eingebaut, dafür waren nur 16.5 Stunden reine Eindrehzeit erforderlich.

Für die Kostenberechnung wird die strassenseitige Ansichtsfläche der Lärmschutz verwendet, dies erklärt zum Teil die hohen Quadratmeterpreise.

Die Mehrkosten von 10 % sind zum einen im Pilotprojekt und zum andern im schlechten Baugrund zu suchen.

In den zwei repräsentativen Rammsondierungsprotokollen sehen Sie, dass die Lagerungsdichte mehrheitlich locker ist.
Mit 6.5 Meter langen Bodenschrauben, die für das Pilotprojekt erstmals so lang produziert wurden, konnten dichter gelagerte und tragfähige Bodenschichten erreicht werden.

Die Mehrkosten von 10 % werden meiner Meinung nach durch die Bauzeithalbierung aufgewogen.



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Auf der Homepage

www.ag.ch/lsw-pilot finden Sie:

- Den Video "Fundationen mit feuerverzinkten Bodenschrauben aus Stahl"
- Die Präsentation mit Referat
- Pläne und Fotos vom Pilotprojekt Rekingen