# E 20 Tallinn – Narva, Estland

## Straßengründung in erdfallgefährdeten bergbaulichen Altstandorten

Der Neubau von Straßen in erdfallgefährdeten Gebieten stellt den Planungsingenieur vor große Herausforderungen. Nur durch detaillierte Kenntnis der vorhandenen Untergrundsituation können gezielt straßenbautechnische Maßnahmen gesetzt werden, die eine Gefährdung für den Straßenverkehr dauerhaft ausschließen.

Anhand der Planung eines aktuellen Straßenbauprojektes im Osten Estlands soll gezeigt werden, welche Untersuchungsmethoden zur Untergrunderkundung angewendet werden können und welche Schlussfolgerungen für den Straßenentwurf daraus abgeleitet werden können.

### Das Projekt

Die E 20 führt über 212 km in west-östlicher Richtung von Tallinn zur russischen Grenze bei Narva. Sie stellt einen Teil der Verbindung zwischen dem Pan-Europäischen Korridor I (Tallinn – Riga – Kaunas – Warschau) and Korridor IX (Helsinki - St Petersburg – Moskau - Kiew – Odessa - Bukarest – Dimitrovgrad) dar.

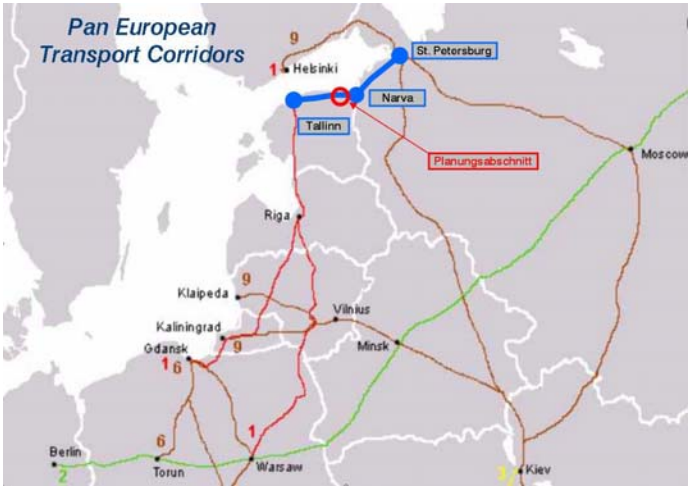


Abb. 1: Pan-Europäische Transport-Korridore und Einbettung des Planungsabschnittes

Der gegenständliche ca. 7 km lange Abschnitt Kukruse-Jõhvi liegt ca. 40 km westlich von Narva in einem ehemaligen Bergbaugebiet, in dem ab 1916 fast 60 Jahre lang Ölschiefer unter Tage abgebaut wurde. Die ausgedehnten Kavernen ziehen sich schwammartig durch das gesamte Projektgebiet. Die Abbauzonen wurden bis wenige Meter unter Gelände-Oberkante aufgefahren.

Im Zuge der Rekonstruktion der E 20 soll die Strecke je zur Hälfte in gleicher Lage ausgebaut bzw. in bestandsnaher neuer Lage hergestellt werden. Es ist der Ausbau auf einen 4-streifigen autobahnähnlichen Querschnitt geplant, der die zukünftigen Verkehre in angemessener Qualität abwickeln kann.

Gerald Müller, Jan Schaefer

### Geologische und bergbautechnische Ausgangssituation

Das Projektgebiet zeichnet sich geologisch durch eine relativ flach lagernde und eine gering gestörte Stratigraphie aus. Unterhalb 0,2 bis 3,2 m mächtigen Moränenablagerungen aus dem Quartär stehen relativ dünnbankige ordovizische Kalksteinlagen an, die mit zunehmender Tiefe von tonig-siltigen Zwischenlagen durchzogen sind. Der Kalk weist lokale Karsterscheinungen auf, die auch im Projektgebiet beobachtet wurden.

Abb. 2: Ölschieferabbau im Room-und-Pillar Verfahren

In Abhängigkeit der Morphologie und des Einfallsrichtung der Schichten wurde zwischen 3 und 14 m unter GOK das unterhalb der Kalksteinfolge anstehende Ölschieferflöz angetroffen. Das Flöz selbst besitzt eine Mächtigkeit von 1,5 – 3 m und war Gegenstand intensiver bergbaulicher Tätigkeit in der Region. Der Abbau erfolgte von 1916 bis 1974 mit unterschiedlichen Verfahren, aber stets bergmännisch unter Tage.

Die verschiedenen Abbaumethoden und die große Zeitspanne des aktiven Bergbaus machen bereits deutlich, dass mit sehr variablen Verfahren der Bergsicherung und Verwahrung von Altanlagen zu rechnen war. Praktisch war von unregelmäßig verteilten Hohlräumen unterschiedlichen Ausmaßes auszugehen, deren Lokalisierung die wesentliche Aufgabe der baugrundgeologischen Erkundung darstellte. Zusätzlich kam erschwerend hinzu, dass in einem Teilbereich des Projektgebietes noch Schwelbrände in einer Abraumhalde und den ölschieferhaltigen Schichten des Untergrundes von unbekanntem Ausmaß zu verzeichnen waren.

## Ingenieurgeologische Erkundung

Nach umfangreicher Auswertung von Bestandsunterlagen, bestehend aus dem bergmännischen Rißwerk, Luftbildern, Bohrprofilen älterer Erkundungsbohrungen und allgemeiner Literatur wurde ein aufeinander aufbauendes vierstufiges Erkundungsprogramm ausgeführt. Dabei konnten die Ergebnisse der jeweils vorangestellten Erkundungsphase direkt in die Planung weiterer Untersuchungen integriert werden. Im Einzelnen stellte sich das Untersuchungsprogramm wie folgt dar:

- Ingenieurgeologische Kartierung
- Detektion von Hohlräumen mittels Georadar
- Präzisierung und Verifizierung der Radarmessungen mittels Kernbohrungen
- Ergänzende Laboruntersuchungen zur Ermittlung relevanter bodenmechanischer Kennwerte

Bereits im Zuge der Kartierung wurden aufschlussreiche Erkenntnisse über die Untergrundverhältnisse gewonnen, welche die Komplexität des Baugrundes widerspiegelten. Neben bekannten Erdfällen konnten Senkungsgebiete optisch abgegrenzt werden. Darüber hinaus wurden in der Flur ungesicherte Bewitterungsschächte angetroffen, deren Verwahrung erst aufgrund unserer Hinweise erfolgte.

Entlang der Trasse der E 20 und an allen relevanten Kreuzungspunkten der geplanten Ingenieurbauwerke sowie deren Rampen wurden in der zweiten Erkundungsstufe im Abstand von 5 m Längsprofile als Radargramme aufgenommen. Darüber hinaus wurden in Abständen von 25 m Profile quer zur jeweiligen Achse angelegt. Insgesamt belief sich das Meßvolumen auf annähernd 150 km Profillänge. Die Messungen erfolgten mit 100-MHz-Doppelantennen bei einer Samplerate von 20 cm. Mit dem gewählten Verfahren kann in Abhängigkeit von den geologischen Voraussetzungen eine Aussage über den Schichtenaufbau des Baugrundes bis in eine Tiefe von 13 – 15 m bei einer vertikalen Auflösung von ca. 30 cm getroffen werden. Voraussetzung für die korrekte Aufnahme der Radardaten war die Anlage eines GPS-gestützten Festpunktnetzes, mit dem eine laterale Genauigkeit der Messungen von ca.10 cm sichergestellt werden konnte.

Abb. 3: Radarmessungen mit Doppelantenne und GPS Basis-Station im Hintergrund

Zusätzlich wurden in allen Gründungsbereichen der geplanten Ingenieurbauwerke sowie in den aus den Radargrammen als kritisch zu interpretierende Zonen Kernbohrungen bis in eine Tiefe von 3 m unter erkannte Hohlräume abgeteuft.

Soweit eine vollständige Kerngewinnung möglich war, wurden entsprechende Gesteins- und Bodenproben für weitergehende labortechnische Analysen entnommen. Untersucht wurden neben der Kornzusammensetzung und der Wasserdurchlässigkeit der Moräne auch die Druckfestigkeit des Kalksteins sowie die Raumdichte beider Materialien.

## Untersuchungsergebnisse

Die eigenen Untersuchungsergebnisse zeigten, dass eine ausreichende Genauigkeit bestehender Dokumente für die Lokalisierung von Hohlräumen nicht gegeben war. Es konnten Abweichungen zwischen den existierenden Risswerken zur gemessenen Situation um bis zu 10 m beobachtet werden.

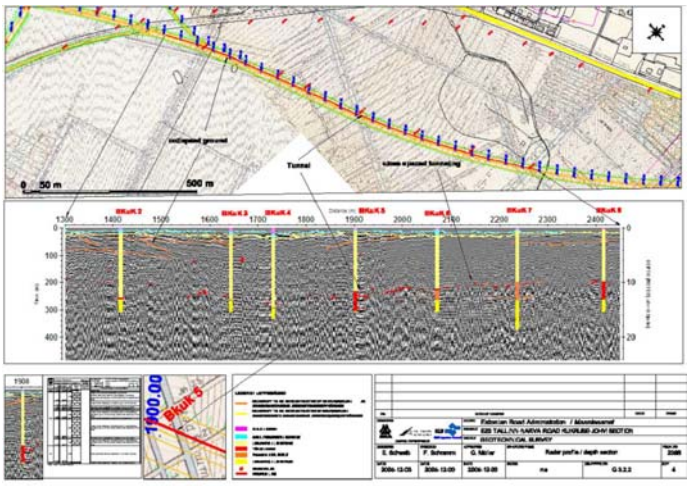

Abb. 4: Ausschnitt Radargrammauswertung mit projizierten Kernbohrungen

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse wurden Variantenuntersuchungen für eine sichere Straßengründung vorgenommen. Dabei wurden die Verfahren Tiefenaushub, Tiefengründung, Verfüllen und Überbrückung von Hohlräumen sowie der künstlich provozierte Einsturz durch Sprengen hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit, ihrer Umweltauswirkungen und der prognostizierten Kosten untersucht. Im Ergebnis zeigte sich die Überbrückung möglicher Hohllagen mit Hilfe einer Geogitterbewehrung unter Berücksichtigung eines Teilsicherungskonzeptes als wirtschaftlichste Lösung mit einem vertretbaren und abschätzbaren Restrisiko.

### Straßenplanerische Umsetzung der Untersuchungsergebnisse

Ziel der planerischen Umsetzung der Untersuchungsergebnisse war es nun, einen Straßenaufbau zu entwickeln, der plötzliche, im Untergrund durch Erdfälle auftretende, Hohlräume so überbrückt, so dass eine Gefährdung des Straßenverkehrs nicht auftritt. Dazu wurden folgende Grundsätze definiert:

1. Abdichtung der Oberfläche des Straßenkörpers inkl. Mittelstreifen, Böschungen und Graben, um ein weiteres Ausspülen des Untergrundes durch Sickerwasser zu unterbinden
2. Ableitung des Straßenwassers über abgedichtete Gräben in Regenrückhaltebecken (RRB) mit dortiger trassenfernen Versickerung
3. Anordnung eines Geotextils im Straßenkörper, Überdeckung ca. 2 m

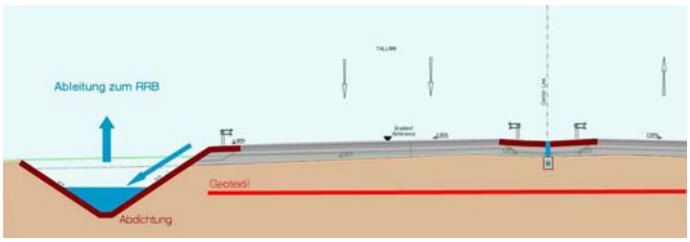


Abb. 5: Querschnittsausbildung der E 20

Für die Dimensionierung des Geotextils wurde ein zweistufiges Sicherheitskonzept zu Grunde gelegt.

Für Erdfälle mit Durchmessern bis zu 4 m wird eine Vollsicherung festgelegt. Dies bedeutet, dass bei Auftreten eines solchen Erdfalls das Geotextil den Straßenkörper komplett in Lage und Höhe hält. An der Oberfläche sind dauerhaft keine Auswirkungen sichtbar.

Für Erdfälle mit Durchmessern über 4 m wird eine Teilsicherung festgelegt. Dies bedeutet, dass bei Auftreten eines solchen Erdfalls das Geotextil den Straßenkörper temporär über eine definierte Zeitdauer (im vorliegenden Fall ca. 4 Wochen) in Lage und Höhe hält. In diesem Zeitraum sind Senkungen in vertretbarem Maße zulässig, der Straßenverkehr kann aufrechterhalten werden, Sperrungs- und Sanierungsmaßnahmen sind vorzubereiten. Nach diesen 4 Wochen ist die Benutzung der Straße nicht mehr möglich, eine Sanierung ist vorzunehmen.

In Zusammenarbeit mit namhaften Geotextilherstellern wurde dieses Konzept auf die aktuelle Straßensituation angepasst und eine Vorbemessung des Geotextils vorgenommen.

Derzeit ist das Projekt in der Ausschreibungsphase, der Baubeginn ist noch für dieses Jahr avisiert.