



GEOOTHERMISCHE NUTZUNG EINER BOHRPFAHLWAND IM LAINZER TUNNEL – NUMERISCHE MODELLIERUNG, VERGLEICH MIT MESSDATEN UND GRUNDLEGENDE EINFLÜSSE AUF DIE STATISCHE BEMESSUNG

Einleitung

Die Diplomarbeit behandelt die geothermische Nutzung einer Bohrpfahlwand im Lainzer Tunnel. Insbesondere wurde die numerische Modellierung eines Abschnitts des Lainzer Tunnels mit dem Finite-Elemente Programm COMSOL Multiphysics sowie der Vergleich mit Messdaten durchgeführt. Es erfolgte eine grundlegende Betrachtung der Einflüsse einer geothermischen Nutzung auf die statische-konstruktive Bemessung eines Bohrpfahls. Dies soll die Planung und Ausführung künftiger Anlagen unterstützen.

Zusammenfassung

Der Lainzer Tunnel ist das Verbindungsbauwerk zwischen der Weststrecke und dem Wiener Hauptbahnhof und somit einer der am stärksten frequentierten Bahnstrecken in Österreich. Der Tunnel wurde Anfang der 2000er Jahre fertiggestellt. Für diese Untersuchungen war die geothermische Nutzung der Bohrpfahlwand im Bereich des LT24 (Art und Positionierung der Messsensoren) von Interesse, da es seit dem Jahr 2004 kontinuierliche Messungen des Temperaturverhaltens gibt. Dieser Datensatz ist ein weltweites Alleinstellungsmerkmal. Es erfolgte eine Aufbereitung der Messdaten aus der Heizperiode 2005/06, welche als Referenzzeitraum für die weiteren Untersuchungen herangezogen wurde.

Es wurden die erforderlichen Parameter zur Modellierung eines Tunnelabschnitts mit COMSOL Multiphysics (Abbildung 1) festgelegt. Einerseits konnten bekannte Werte aus dem Bodengutachten, aus Messungen und Planunterlagen herangezogen werden. Dazu zählten

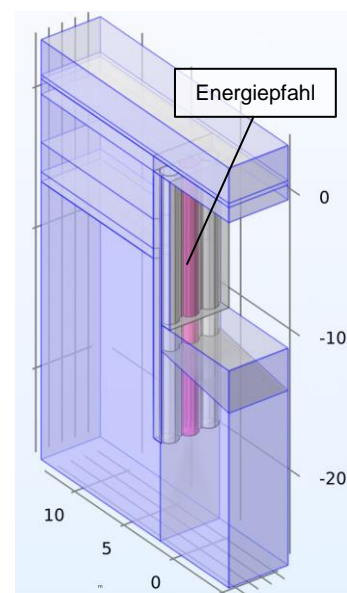


Abb. 1: Übersicht des COMSOL-Modells

der Bodenaufbau, die Außenlufttemperatur und die geometrischen Randbedingungen. Andererseits konnten einige Parameter auf Grundlage bekannter Werte, mittels Literaturrecherche sowie theoretischen Überlegungen angenommen werden, waren dadurch jedoch mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Dazu zählten die Tunnelinnenlufttemperatur, die Vorlauftemperatur sowie die Strömungsgeschwindigkeit der Absorberflüssigkeit.

Anhand von über 20 Parametern wurde das Modell in einem iterativen best-fit Prozess kalibriert. Dabei dienten die Messdaten der Pfahltemperaturen der Modellvalidierung. Es konnte gezeigt werden, dass sich das Temperaturverhalten im Pfahl sehr gut durch die Modellierung abbilden ließ. Dies ist in Abbildung 2 zu erkennen. Das kalibrierte Modell kann somit zur Vordimensionierung weiterer Projekte herangezogen werden.

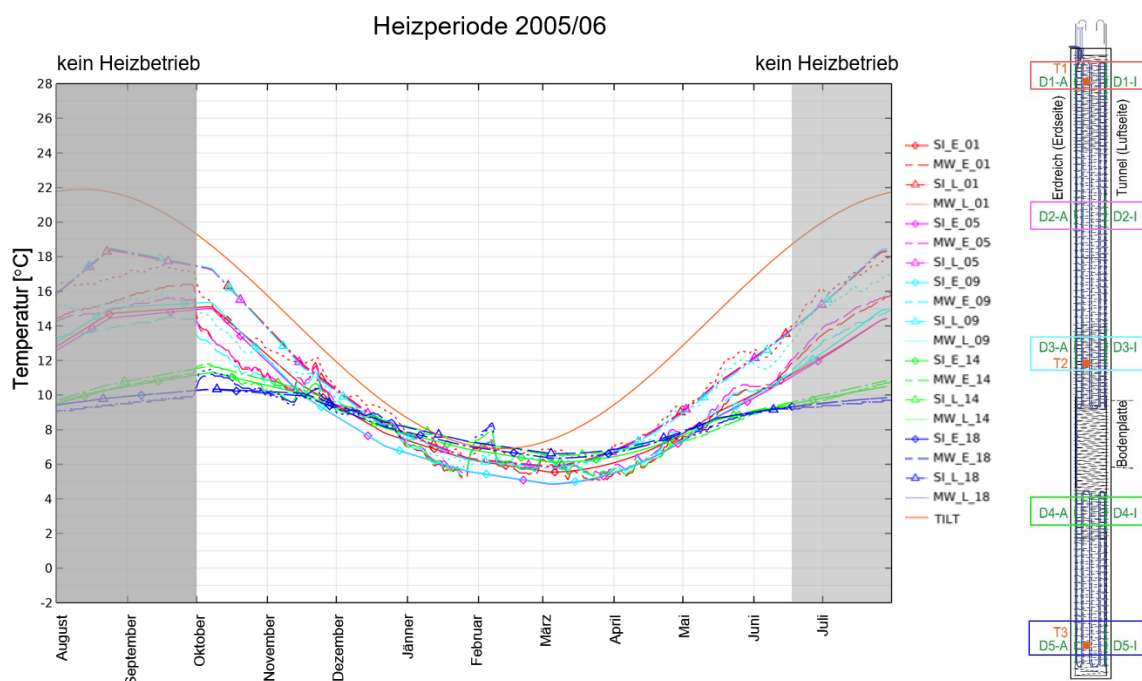


Abb. 2: links: Gegenüberstellung des Temperaturverlaufs der Simulation (SI) mit den Messwerten (MW) für die Heizperiode 2005/06, erdseitig (E) und luftseitig (L) sowie die kalibrierte Tunnelinnenlufttemperatur (TILT)
rechts: Leitungsschema des Energiepfahls, Markierung der Sensoren [1]

Eine wesentliche Erkenntnis der Simulationsberechnungen war das unterschiedliche Temperaturverhalten des Absorberkreises 1 (unter der Bodenplatte, Bohrpfahlwand auf beiden Seiten erdberührt) zu jenem des Absorberkreises 2 (oberhalb der Bodenplatte, Bohrpfahlwand mit Luft- und Erdseite). Der Absorberkreis 1 war außerhalb des Heizbetriebs deutlich weniger von den jahreszeitlichen Temperaturschwankungen abhängig. Auch unterschieden sich die Temperaturen an den erdseitigen und den luftseitigen Auswertpunkten deutlich weniger als im Bereich des Absorberkreises 2. Ein Schnitt durch den Energiepfahl während des Heizbetriebs Anfang März ist in Abbildung 3 dargestellt. Anhand der Berechnungen ergab sich für den betrachteten Pfahl ein Energieertrag von etwa 38 W/m² als Dauerleistung im Vollbetrieb.

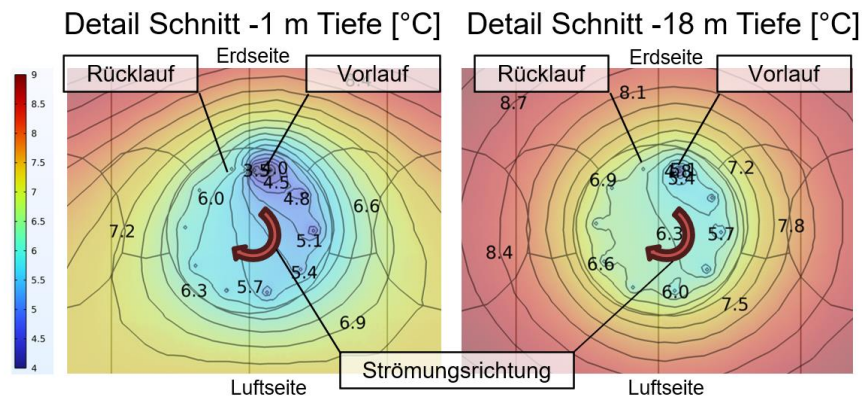


Abb. 3: Detailschnitt Comsol Modell in für den Zeitpunkt Anfang März in der Heizperiode 2005/06.

links: -1 m Tiefe, rechts: -18 m Tiefe

Der Kalibrierung nachfolgend wurde eine Parameterstudie durchgeführt, in der durch Variation einzelner Parameter (Tunnelinnenlufttemperatur, Vorlauftemperatur, Anfangstemperatur des Bodens, Strömungsgeschwindigkeit der Absorberflüssigkeit) deren Einfluss auf das Gesamtsystem gezeigt werden konnte. Es sei an dieser Stelle die Tunnelinnenlufttemperatur sowie die Vorlauftemperatur hervorgehoben, da diese den verhältnismäßig größten Einfluss auf das Temperaturverhalten hatten.

Im Abschnitt zum Einfluss einer geothermischen Nutzung von Bohrpfählen auf deren statisch-konstruktive Bemessung wurden eingangs alle in Österreich relevanten Normen und Richtlinien angeführt, die zur Bemessung eines Bohrpfahls ohne geothermischer Nutzung zu beachten sind. Anschließend erfolgten grundlegende Überlegungen zur Bemessung eines Bohrpfahls mit geothermischer Nutzung.

Abschließend wurden internationale Regelwerke betrachtet, die eine geothermische Nutzung von Massivabsorbern behandeln. Zusammenfassend ging aus diesen hervor, dass sich die geothermische Nutzung vornehmlich im Gebrauchstauglichkeitszustand auf die Statik auswirkt. Insbesondere sind an dieser Stelle die französische und die britische Richtlinie hervorzuheben, die die detailliertesten Ansätze zur statischen Berücksichtigung beinhalten. In Ersterer erfolgt ein Einfließen in die Bemessung über angepasste Kombinationsbeiwerte. In der Zweiten wird stattdessen ein exaktes Ansetzen der induzierten Temperaturen empfohlen. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass zu diesem Thema noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

Quellen:

[1] Brunner, Adrian, et al. "Langzeiterfahrungen zur geothermischen Nutzung des LainzerTunnels in Wien." Bauingenieur, vol. 98, no. 7-8, 2023, pp. 243–56, <https://doi.org/10.37544/0005-6650-2023-07-08-65>