

---

DISSERTATION

**ZWANGSSPANNUNGEN IM JUNGEN BETON  
IN BODENPLATTEN UND WÄNDEN**

---

DOCTORAL THESIS

**RESTRAINING STRESSES IN SLABS ON GROUND AND WALLS  
AT AN EARLY AGE**

---

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der technischen Wissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Dipl.-Ing. Anton Schweighofer  
Matrikelnummer 0125296  
Ullmannstraße 61/13-15, 1150 Wien, Österreich

Referent: o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Johann Kollegger, M.Eng.  
Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau, Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/212, 1040 Wien, Österreich

Koreferent: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johann Glatzl  
Institut für Betonbau, Technische Universität Graz  
Lessingstraße 25, 8010 Graz

Wien, im März 2011

.....

# Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Assistent am Institut für Tragkonstruktionen der Technischen Universität Wien.

Mein besonderer Dank gilt Herr O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Johann Kollegger, M.Eng., Ordinarius am Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau, für die Betreuung dieser Arbeit sowie die Übernahme des Hauptreferats. Die zahlreichen und anregenden Diskussionen haben maßgeblich zur Entstehung dieser Dissertation beigetragen. Im Weiteren möchte ich mich für die sehr interessante und lehrreiche Arbeit am Institut bedanken, die es mir ermöglicht hat auch an anderen Projekten mitzuwirken.

Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johann Glatzl danke ich für die Übernahme des Koreferates, sowie für die anregenden und hilfreichen Diskussionen die im Zuge der Forschungsvorhaben entstanden sind.

Weiters möchte ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Tragkonstruktionen für das ausgezeichnete Arbeitsklima, die freundschaftliche Zusammenarbeit und für die fachlichen Anregungen bedanken – im Besonderen bei Edith Schotkowsky.

Ein besonders herzlicher Dank gilt meiner lieben Freundin Sarah, die mich immer unterstützt hat und mir für diese zeitintensive Arbeit viel Verständnis entgegen gebracht hat.

Nicht zuletzt ein ganz besonderes Dankeschön an meine Eltern. Ohne Ihre Unterstützung wäre meine bisherige Ausbildung nicht in diesem Maße möglich gewesen.

# Kurzfassung

Der erste Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Interaktion zwischen Bodenplatten und dem Untergrund. Durch diese entstehen auf Grund von Abfließen der Hydratationswärme und Schwinden Zwangsspannungen. Des Weiteren wird die Effektivität von vorgespannten Bodenplatten durch die Interaktion mit dem Baugrund reduziert. Die Interaktion von Baugrund und Bodenplatte wird durch Reibung hervorgerufen. Die Kraft zur Überwindung der Reibung muss bei der Kalkulation der erforderlichen Vorspannkraft berücksichtigt werden. Vorgespannte Bodenplatten stellen im europäischen Raum ein brachliegendes Potenzial dar. Im amerikanischen und australischen Raum ist diese fugenlose Bauweise hingegen weit verbreitet. Der Anwendungsbereich reicht von Sportplätzen, Fundamentplatten, über Flugzeughangars und Wassertanks, bis zu Industriefußböden mit 30.000 m<sup>2</sup> ohne Fugen. Je nach Art des Untergrundes werden die Monolitzen (Vorspannung ohne Verbund) entweder direkt auf den Untergrund oder auf einer Gleitschicht, bestehend aus Sand und 2 Lagen Folie, verlegt. Auf eine schlaife Bewehrung kann nahezu vollkommen verzichtet werden. Diese ist lediglich im Bereich der Verankerungen, zur Aufnahme der Spaltzugkräfte, und als Randeinfassung der Platte notwendig. Die Litzen werden als Monolitzen einzeln oder in Bündeln mit bis zu vier Litzen verlegt. Die aufgebrachte Vorspannung liegt je nach Beanspruchung und Anforderung im Bereich von 0,5 bis 2,0 N/mm<sup>2</sup>.

Eine neue entwickelte Gleitlagerung, die eine reibungslose Lagerung der Bodenplatten während des Herstellungsprozesses garantiert, wurde entwickelt. Die Umsetzbarkeit dieser neuen Methode wurde in Großversuchen an 60 m langen, 1 m breiten und 30 cm dicken Betonplattenstreifen getestet. Die neue Gleitlagerung besteht aus zwei Lagen luftdichter Folien mit dazwischen liegendem Vlies. Die Folien werden an ihren Rändern durch Kleben oder Schweißen miteinander verbunden. Nach dem Herstellen der Bodenplatte wird im Zwischenraum der beiden Folien Luftdruck erzeugt. Dieser Zwischenraum wird durch das eingelegte Vlies sichergestellt. Der erzeugte Luftdruck, in der Höhe des Eigengewichts der Platte ermöglicht eine reibungsfreie Verformung der Bodenplatte in Folge abfließender Hydratationswärme, Schwinden und Vorspannung ohne den Aufbau von Zwang oder Verluste der Vorspannkraft durch Interaktion mit der Bodenplatte.

Der zweite Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit Zwang im frühen Alter in Wänden auf Fundamenten. Auf Grund der Interaktion der Wand mit dem Fundament, die durch die Steckseisen und dem Verbund der Arbeitsfuge mit der Wand hervorgerufen wird, entstehen in Folge dem Abfließen der Hydratationswärme und Schwinden Zwängungen. Diese sind einerseits von der Art des verwendeten Betons, von der Geometrie der Wand und des Fundaments und andererseits von äußeren Randbedin-

gungen abhängig. Zu Beginn entstehen durch die Hydratationswärmeentwicklung des Beton Druckspannungen in der Wand. Diese sind in Folge des zu diesem Zeitpunkt geringen E-Moduls und der großen Relaxationsfähigkeit des Betons relativ gering. Die Abkühlung des Betons findet bei deutlich höherem E-Modul statt. Die Druckspannungen werden rasch abgebaut und es entstehen Zugspannungen. Übersteigen die Zugspannungen die vorhandene Zugfestigkeit entstehen Risse. Anhand von Großversuchen mit einer Wandstärke von 60 cm wurden die Zwangsspannungen im frühen Alter in Wänden gemessen. Es wurde die Auswirkung unterschiedlicher Betone untersucht. Des Weiteren wurden die Wandlängen variiert. Durch die Verwendung von Vorspannung war es möglich zusätzliche Zwangsspannungen in die Wand einzuleiten. Die Zwangsspannungen wurden modelliert und die Auswirkungen unterschiedlicher Randbedingungen, wie Betonsorte oder Steifigkeitsverhältnisse wurden untersucht. Des Weiteren wird die Auswirkung von Kriechen und Relaxation auf den Verlauf der Zwangsspannungen aufgezeigt.

# Abstract

The first part of this thesis deals with the interaction between slabs and subsoil. As a result of the interaction and the cooling down after hydration and shrinkage, restraining stresses occur. These forces depend on the coefficient of friction and on the thickness of the slab. The friction forces reduce the compression stress in the slab and the effectiveness of the prestressing. The larger the length, the larger the friction forces and the reduction of the axial compression. In Europe, the method of using prestressed slab on ground has rarely been employed. In the USA or Australia this jointless construction method is used in many fields of applications, e.g. for sport fields, foundations, airfields, tight barriers or industrial floors up to 30.000m<sup>2</sup> without joints. Normally the slabs are axially post-tensioned by tendons running in both directions and located at the centroid of the slab. The state of the art is to cast the slab on a suitable foundation with a thin sliding layer of sand and plastic. Usually no reinforcement is needed except in the anchor areas.

A new method for building large concrete slabs on ground on a frictionless support was developed at Vienna University of Technology. An Austrian patent for this method was granted and an international patent application has been filed. The feasibility of this new method has been demonstrated in large field tests on concrete slab strips with a length of 60 m, a width of 1.0 m and a thickness of 30 cm. The frictionless support is obtained by first placing an air-tight membrane, then a geotextile and at last a second air-tight membrane on the ground where the concrete slab is to be built. In the next step the membranes are sealed at the boundary. After casting the slab on top of the second membrane, low air pressure is applied in the clearance between the two membranes. This clearance is created by the geotextile. Shortening of the slab due to the loss of hydration heat, early shrinkage and post-tensioning is possible without causing friction forces between slab and subsoil because the self-weight of the slab is balanced by the applied air pressure.

The second part of this thesis is concerned with the restraining stresses at an early age in walls. Due to the interaction between the wall and the foundation caused by the reinforcement and the bond of the construction joint as well as the cooling down after hydration and the shrinkage, restraining stresses occur. This stresses depends on the type of concrete, the geometry of the wall and the foundation as well as the boundary conditions. At the beginning, compressive stresses arise due to the hydration heat of the concrete. Because of the low elastic modulus and the high relaxation capacity at that time, these stresses are relatively small. The cooling down after hydration is taking place with a considerably higher elastic modulus. The compressive stresses are relieved and tensile stresses occur. If the tensile stresses exceed the tensile strength of

the concrete, cracks will be the result. The restraining stresses were measured in large field tests with walls with a thickness of 60 cm. The influence of different concrete types was tested. By using the prestressing method it was also possible to create additional tensile stresses. The tensile stresses were modelled and the influence of various boundary conditions, like concrete type and stiffness rate between wall and foundation, was analyzed. Also the influence of creep and relaxation related to the development of the restraining stresses was demonstrated.