Auslandspraktikum in der indischen Millionenstadt Jaipur

## Von der Tradition in die Moderne

Indien ist das Land der Farben-und Kulturvielfalt. Weltbekannt ist der Staat aber auch für seinen chaotischen Verkehr. Die Straßen scheinen permanent überlastet, unaufhörliches, lautes Hupen gehört zum Straßenbild ebenso wie die scheinbar nicht vorhandenen Vorfahrtsregelungen. Um dem Verkehrschaos in den Großstädten entgegenzuwirken, fördert die indische Regierung den raschen Ausbau der öffentlichen Nahverkehrssysteme: In sieben Großstädten sind bereits Metrolinien in Betrieb und entlasten den Ver-kehr; in 14 Städten wird derzeit an Metronetzen gearbeitet.

Jaipur, die Hauptstadt des indischen Bundesstaats Rajasthan, liegt mit 3,1 Millionen Einwohnern zwar nur auf Platz 10 der größten Städte Indiens, hat aber mit einer jährlichen Bevölkerungszunahme von 4,6 Prozent eine der höchsten Zuwachsraten des Landes. Hier ist der Ausbau eines Metronetzwerks in zwei Phasen geplant. 2011 begann die Umsetzung der ersten Phase: Eine zwölf Kilometer lange Metrotrasse verläuft von den südwestlichen Wohngebieten in Rich-tung Osten bis in die historische Altstadt hinein.

Der oberirdische, auf einer Brücke über dem Straßennetz verlaufende Streckenabschnitt mit dem Projektnamen 1A erstreckt sich über 9.7 Kilometer und ist bereits seit 2015 in Betrieb. Zurzeit wird der erste unterirdische Strecken-abschnitt mit dem Namen UG-1B des Metronetzes der Millionen stadt gebaut, seit 2013 von der taiwanesischen Baufirma Continen-tal Engineering Corporation verwirklicht.

Das Bauvorhaben wird mit aus schließlich indischem Personal von bis zu 700 Ingenieuren und Bauarbeitern unter der Leitung eines deutschen Proiektdirektors ausgeführt. Während meines vier-ten Semesters im Masterstudium Bauingenieurwesen an der TU München bekam ich die Möglichkeit, auf dieser Baustelle mitzuar-beiten. Im Rahmen eines dreiein-halbmonatigen Praktikums lernte



kanntesten Touristenattraktionen Indiens. Das U-Bahn-Projekt liegt inmitten dieser Altstadt und ist un-ter Berücksichtigung der histori-

schen Bauten und Panoramen zu planen und zu bauen. Die U-Bahntrasse verläuft unter der Hauptstraße der Pink City und ist insgesamt 2,3 Kilometer lang. An den beiden belebtesten Plätzen des Vielrtels, Choti Chouper und Badi Chouper, werden zwei unter-irdische Bahnhöfe mit je einer Länge von 232 Metern in der soge-nannten Deckelbauweise gebaut. Dabei werden von oben nach undies führt zu erheblichen Platzeinschränkungen und Logistikproble-men bei der Umsetzung eines Großprojekts, wie dem Bauauftrag UG-1B.

Durch die Deckelbauweise der U-Bahnhöfe können für den Groß-teil der Bauzeit Straßensperrungen durch an die Bauzustände angepasste Verkehrsumleitungen ver-mieden werden. Beim Erstellen der Baugrubenumschließung durch eine sogenannte Schlitzwand und der obersten Decke war dies je-doch unumgänglich, da sich der Grundriss der Bahnhöfe über die gesamte Straßen-beziehungsweise Platzbreite erstreckt. Um die Dauer der Straßensperrung zu minimie-ren und Ladenzugänge zu erhal-ten, wurde zur Herstellung der 800 Meter breiten und his zu 26 Meter in den Boden reichenden Schlitz-wände in mehreren Bauabschnitten gearbeitet.



Bei der Konstruktion der Stre-kentunnel kamen zwei Erdruckschildmaschinen mit einem Außendurchmesser von 6.55 Metern zum Einsatz. Am Startschacht di-rekt außerhalb der Stadtmauer stand ausreichend Platz für die Montage dieser speziellen TBMs sowie Zwischenlagerung der Tüb-binge zur Verfügung. Das ur-sprüngliche Vortriebskonzept sah zusätzliche Start- und Bergezusätzliche Start- und Berge-schächte an beiden Stationen zum Umsetzten der TBMs vor. Um die hierfür erforderliche Sperrung der Hauptstraße über eineinhalb Jahre zu vermeiden, wurde anstelle zwei-er Tunnelabschnitte der Vortrieb in nur einem Abschnitt vom Startschacht bis Badi Chouper mit temporärem Tunnel in den Bahnhof-bereichen hergestellt. Im Zuge des Stationsaushubs wurden dann die temporären Tunnel wieder abgebrochen

Zur Bergung wurden die TBMs bis zu den konstruktiven Öffnun-gen nahe der Mitte der Badi Chouper-Station gefahren. Die Bergung erfolgte mit einem gigantischen 500 Tonnen Mobilkran, der auf das maßgebende Gewicht Mittel-schilds ausgelegt war. Beide TBMs wurden durch dieselbe Öffnung ge-borgen. Der Abtransport der TBM-Teile zur Fertigteilfabrik fand ausschließlich nachts statt und pas-

Renführung wurde aufgrund zahl-reicher Hindernisse in Form von mittig platzierten Tempeln und Bäumen detailliert vermessen und die Transportroute bis auf das

kleinste Detail festgelegt.
Allgemein spielte die Logistik in dem Projekt eine besondere Rolle: Neben den örtlichen Engpässen gab es zusätzlich zeitliche Ein-schränkungen für den Schwerver-kehr. So wurde tagsüber für Lkw-Verkehr innerhalb der Pink City eine Sondergenehmigung der Ver-kehrspolizei benötigt, sodass Ab-transport von Aushub und Lieferung von Baumaterial ausschließ nachts stattfanden. Auf dem Gelände der Fertigteilfabrik, 23 Ki-lometer außerhalb der Altstadt, befand sich zudem die eigene Betonmischanlage. Je nach Größe des Betonierabschnitts von bis zu 1000 Kubikmetern mussten Betontrans porte mit Ausnahmegenehmigung zum Teil auch tagsüber vonstattengehen – allerdings erst nach zeit-aufwendiger Genehmigungsproze-

Für die parallel laufenden Tunnel- und Stationsarbeiten musste Bodenaushub aus der Baustelle hinaus und Baumaterial hineingehoben werden. Da die konstruktiven Öffnungen in den Zwischende-cken die einzigen direkten Zu- und Ausgänge zu den Bauebenen in der Deckelbauweise bilden, kommt es hier immer wieder zu Engpässen. Zudem steht nur ein begrenzter La-gerungsraum sowohl an der Oberfläche wie auch unten in der Baugrube zur Verfügung. All diese Fak-toren zeigen, wie aufwendig und umfassend die Koordinationsarbeit für einen möglichst reibungs losen Ablauf im Rahmen dieser Baustelle war und ist. Umliegende und bei Grabungen

freigelegte historische Gebäude hatten zusätzlich großen Einfluss uf Projektentwurf und Bauablauf Die Pläne mussten entsprechend angepasst werden, um eine Zerstörung der Denkmäler und bestehen-

den Strukturen zu vermeiden. So wurden zu Beginn des Aushubs im Jahr 2014 in der Mitte der beiden Bahnhofsbereiche rechteckige Stufenbrunnen aus dem 17. Jahrhundert entdeckt. Die 20 x 20 Meter großen Becken dienten ehemals zur Wasserversorgung der Bevölkerung, die über die um-laufenden Stufen Zugang zu den unterschiedlichen Wasserspiegeln des 5,45 Meter tiefen Brunnens hatte. Die Brunnen waren in Ver-gessenheit geraten, als diese ver-mutlich zum Zeitpunkt der Installation der Wasserleitungen voll-

ständig zugeschüttet wurden. Darüber hinaus wurden Was tunnel zwischen beiden Stufenbrunnen beim Erstellen der Schlitzwände gefunden; au hend von jedem Wasserbecken laufen vier Tunnel in je eine Himmelsrichtung. Die Regierung von Rajasthan entschied daraufhin, die Bahnhofsentwürfe zu überarbei-ten und ein zusätzliches Zwischengeschoss mit Ausstellungsraum für Stufenbrunnen und Brunnenfigu-ren zu integrieren. Sie wurden da-raufhin Stein für Stein abgebaut, um später wieder in die Stationen originalgetreu eingebaut zu wer

Zudem wurden im Laufe der Bauarbeiten unter anderem zehn Tempel unterschiedlicher Größen temporär oder permanent versetzt Dies war eine komplizierte Prozedur, die aus hinduistischen Gründen nur in bestimmten Monaten



Bergung eines TBM-Schneidrads

erfolgen konnte und auf Widerstand in der Bevölkerung stieß. Die Regierung errichtete aus diesem Grund unter Einbeziehung der Tempel-Komitees extra neue Bauwerke, in denen die Heiligtümer während der Bauzeit unterge-bracht werden.

Von besonderer Brisanz war au-Rerdem die Unterquerung des Chandpole Gates, da es für das his-torische Tor der ehemaligen Stadtmauer keine Pläne und von daher auch keine Auskunft über desser Tragfähigkeit und Standsicherheit gab. Aus dem Grund wurde das Fundament mittels neun Boden-

und Mauerwerksproben ermittelt Da die Unterquerung kurz nach Start des TBM-Vortriebs stattfand, war es unumgänglich, mit nur sieben Metern Überdeckung zu unter-queren, was knapp dem Bohr-durchmesser von 6,55 Metern entspricht. Hier war also besondere Vorsicht vor Bodenbewegungen an der Oberfläche, sogenannte Set-zungen, und die daraus resultieren-den Schäden am Tor geboten.

## Stufenbrunnen gefunden

Als besondere Maßnahmen wur-den erstens der Vortrieb ohne Stopp zehn Meter vor und nach Unterquerung des Tors durchge-führt sowie zweitens, Überwa-chungsmaßnahmen an der Struk-tur und drittens eine detaillierte Berechnung durch 3D-Modellie. Berechnung durch 3D-Modellie-rung zur Interaktion von Tunnel und Tor vom Statiker erstellt. Um Oberflächensetzungen im kriti-schen Bereich zu vermeiden, wur-den Druckwerte im Bereich des Aushubs vorne in der TBM wäh-rend des Vorgangs stetig neu kalibriert und konstant gehalten.

Nicht zuletzt aufgrund solch komplexer Vorgänge war es für mich eine ganz besondere Erfah-rung, auf dieser Baustelle mitzuarbeiten. Die Pink City repräsentiert durch und durch Indien mit seinen Bräuchen, Festen und glorreichen Vergangenheit. Dieses so außergewöhnliche Umfeld macht die Baustelle einzigartig. Man arbeitet ge-nau dort, wo Menschen aus aller Welt hinkommen, um Urlaub zu machen. Die Metro soll die Pink City erreichbarer und ein wenig ru-higer gestalten, ob es nicht doch bei dem üblichen Trubel bleibt, wird man Ende 2018 sehen, wenn die U-Bahn voraussichtlich in Betrieb geht. > CAROLYN MEYER

Die Autorin studiert im 5. Semester an der TU München Bauingenieurwesen mit den Schwerpunkten Baumechanik, Baukonstruktion, Geotechnik, Massivund Wasserbau. Während ihres dreiein halbmonatigen Auslandspraktikums im Norden Indiens bei der taiwanesischen Baufirma Continental Engineering Corporation erhielt sie Einblick in die Ablaufplanung, Bauaufsicht und Trag-werksplanung des Bauvorhabens des Metronetzes der Millionenstadt Jaipur Gleichzeitig lernte sie die indische Kultur und den Alltag der hinduistisch ge-prägten Region und deren Einflüsse auf die Arbeit einer Bauingenieurin vor Ort



Eine Tunnelbohrmaschine bei der Arbeit

ich neben ingenieurspezifischen Aufgaben und Fragestellungen auch vieles über die Kultur und das alltägliche Leben in Indien.

Jaipur wurde 1726 von Maharaja Iai Singh II. als neue Hauptstadt Jai Singh II. als neue Hauptstadt des Königreichs Amer gegründet. Die historische Altstadt ist heute Zentrum der Millionenstadt und als "Pink City" weltbekannt. 1876 wurden anlässlich des Besuchs des Prinzen von Wales, Edward VII., die Hauswände und Mauern der Altstadt rosart bemalt wodurch Altstadt rosarot bemalt, wodurch die Bezeichnung entstand. Heute zählt das Viertel mit der ehemali-gen Stadtmauer und ihren Toren, den kilometerlangen Ladenzeilen, zahlreichen Tempeln, dem Hawa Mahal und City Palace zu den be-

## KOOPERATION Erste Erfahrungen

In Zusammenarbeit mit der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau stellt die Bayerische Staats-zeitung auf einer Sonderseite in-teressante Projekte und Arbeiten von Studierenden des Bauingenieurwesens vor

ten nacheinander drei untereinander liegende Stockwerke gebaut. Verbunden werden die Bahnhöfe durch zwei parallel verlaufende eingleisige Streckentunnel mit einem Innendurchmesser von ie 5.8 Metern. Die Tunnel mit einer Ge-samtlänge von drei Kilometern wurden mit Tunnelbohrmaschinen (TBM), die von außerhalb der Stadtmauern starteten, vorgetrie-ben – also gleichzeitig gegraben und gebaut. Zwischen den beiden parallelen Tunneln werden zusätz lich insgesamt fünf Verbindungs-wege, sogenannte Querschläge ge-baut. Am östlichen Ende der Linie sind im Anschluss an die Badi Chouper Station unterirdische

In der Pink City herrscht immer ein buntes Treiben. Sei es in den Bazars, an den verschiedenen Touristenspots oder auf den Straßen. die meist vollgestopft sind mit Fahrrad-Rikschas, Tuk Tuks, Kü-hen, Kamel- und Buckelrindkarren - überall geht es eng zu. Zudem ist die Altstadt dicht bebaut, die

Weichen- und Abstellanlagen mit einer Länge von 235 Metern in of-fener Bauweise vorgesehen.

Wege führen durch enge Gassen und Tore, welche den Verkehrs-fluss zusätzlich erschweren. All sierte die Stadtmauer in der einzig passenden Lücke neben dem Chandpole Tor. Die gesamte Stra-