

## Metro Doha – Tunnelbau in besonderen Dimensionen

Mit über 82 km unterirdischer Tunnelstrecke und 25 unterirdischen Stationen in Phase 1 ist die Metro Doha das größte derzeit in Planung befindliche Infrastrukturprojekt der Welt. Die Zahlen würden alleine schon für sich sprechen. Doch aufgrund der Vergabe der FIFA WM 2022 nach Qatar und der geplanten Bewerbung für die Olympiade 2020 ist diese Phase 1 innerhalb der kommenden 7 Jahre zu realisieren, was nicht nur das gesamte Projekt, sondern auch den Tunnelbau in besondere Dimensionen hebt. Denn in Qatar gibt es bisher keinerlei Erfahrungen im Eisenbahn- oder Metrobau und daher auch wenig Expertise im Tunnelbau. Somit sind weder belastbare Referenzen, noch Vorschriften oder Regelungen vorhanden, auf die aufgesetzt werden könnte: Hier ist Pioniergeist gefordert, mehr als es die Tunnelbauer sowieso schon an den Tag zu legen pflegen. Zudem sind tunnelbautechnische Kennwerte für den Baugrund nicht bekannt, bis auf die Tatsache, dass das Grundwasser chemisch äußerst aggressiv ist. Aufgrund der Projektgröße ergeben sich logistische Probleme und weitreichende Schnittstellenproblematiken mit anderen parallel laufenden Großprojekten in der Stadt Doha.

### 1 Projektvorstellung

Doha, die Hauptstadt Qatars, ist eine stark besiedelte, lebendige und schnell wachsende Stadt. Zur FIFA Weltmeisterschaft 2022 soll hier eines der modernsten Metro- und Bahnsysteme der Welt entstehen. Das Investitionsvolumen für Phase 1 liegt bei ca. 10 Mrd. Euro. Ziel

**Dipl.-Ing. (FH) Markus Kretschmer**, DB International GmbH, Arbeitsgebietsleiter Großprojekte Bautechnik/Director Major Projects Civil, Doha/Qatar  
**Dipl.-Ing. (FH) Martin Jäntsche**, DB International GmbH, Fachteamleiter Tunnelbau/Competence Manager Tunnel Construction, München/Deutschland

ist der Bau eines Metrosystems sowie eines Fernbahnnetzes, das Qatar mit Saudi-Arabien und Bahrain verbinden soll. Die DB International ist derzeit

## The Doha Metro – Tunnelling in special Dimensions

Currently the Doha Metro is the world's largest infrastructure project at the planning stage. 82 km incorporating 25 stations will run underground in Phase 1. These figures actually speak for themselves in fact. But as Qatar has been awarded the 2022 FIFA World Cup and the country intends applying to stage the 2020 Summer Olympics, Phase 1 must be accomplished within 7 years, something which lends special dimensions to the entire project and tunnelling in particular. For so far no experience has been gained in railway or Metro construction and consequently there is little expertise in tunnelling. As a result neither reliable references nor rules and regulations are available to be depended on: here a pioneering spirit is called for even in excess of what tunnellers normally display. Furthermore there are no technical values relating to tunnelling available for the soil apart from the fact that the groundwater is extremely aggressive. On account of the size of the project logistical problems and extensive interface problem complexes arise in conjunction with other major schemes taking place at the same time in the city of Doha.

### 1 Presentation of the Project

Doha, the capital of Qatar, is a densely populated, lively and fast growing city. One of the world's

most modern Metro and railway systems is to be set up here for the 2022 FIFA World Cup. Around 10 billion euros is to be invested in Phase 1. The goal is to establish a Metro system as well as a main-line network to link Qatar with Saudi-Arabia and Bahrain. The DB International is at present responsible for the planning

verantwortlich für die Planung und Ausschreibung der Baumaßnahmen zur Errichtung des Metro- und Bahnsystems.

Das gesamte Streckennetz (Bild 1) ist in einzelne Linien gegliedert:

Die Red Line (Sea Line) zieht sich von Norden nach Süden durch das Emirat und bildet somit die Schlüssellinie des qatarischen Transportsystems. Sie verbindet auch den besiedelten Küstenstreifen mit der Hauptstadt. Die Golden Line (Historic Line) verläuft hauptsächlich in Ost-West Richtung und verbindet die Stadtteile AlRayyan und Industrial Area North mit dem Flughafen. Die Green Line (Education Line) verläuft von Süden nach Nord-Westen und verbindet das große Universitätszentrum Education City mit dem Zentrum von Doha. Die vierte und kürzeste Linie ist die Blue Line (City Line). Sie verläuft entlang des C-Rings in einem Kreis von Norden nach Süden innerhalb Dohas und schafft somit innerhalb der Stadt Kreuzungs- und Umsteigebeziehungen zu den anderen Linien.

Die Herstellung des gesamten Netzwerks wird analog der Meilensteine der Großereignisse in insgesamt 4 Phasen gegliedert.

- **Phase 1:** Bau der zentralen Bahnhöfe und entsprechenden unterirdischen Streckenlose der Metro, die unbedingt zur Durchführung der FIFA WM 2022 fertig gestellt und in Betrieb genommen werden müssen
- **Phase 2:** Ausbau der restlichen Anschlüsse der Metrolinien innerhalb der Stadt Doha



Netzwerkschema des gesamten Metronetzwerks von Qatar  
Set-up of the entire Metro network in Qatar

- **Phase 3:** Anschluss der Außenäste aufgeständert und ebenerdig, Richtung Süden und Norden
- **Phase 4:** Bau des Hochgeschwindigkeits- und Güterverkehrsnetzwerks mit Anschluss an Saudi-Arabien und Bahrain

Ziel ist es, alle 4 Phasen bis zum Jahre 2050 gebaut und in Betrieb genommen zu haben.

and tenders for the construction measures to produce the Metro and railway system.

The complete route network (Fig. 1) is divided up into individual lines:

The Red Line (Sea Line) runs from north to south through the Emirate and thus forms the key line of Qatar's transit system. It also connects the populated coastal strip with the capital. The Golden

Line (Historic Line) mainly runs in an east-west direction and links Al Rayyan and Industrial Area North with the Airport. The Green Line (Education Line) runs from the south to the north-west and connects the large university complex Education City and the centre of Doha. The fourth and shortest line is the Blue Line (City Line). It runs along the C-ring in a circle from north to south within Doha thus creating intersections

## 2 Geologie

Qatar ist eine gestreckte Halbinsel im Osten der arabischen Halbinsel und zeigt nordwärts in den arabischen Golf. Mit ihrer Lage am Rand der arabischen Halbinsel ist Qatar geologisch gesehen ein Teil des arabischen Golfbeckens (Bild 2).

Um genaue Aufschlüsse über den Boden im Projektgebiet zu erhalten, wurden geologische Erkundungsbohrungen sowie Labortests durchgeführt. Entlang der geplanten Linienführung wurden 123 Bohrungen zwischen 25 und 70 m Tiefe mit einem Innendurchmesser von 63 bis 84 mm vorgenommen (Bild 3). Messungen der Wassersäulen in den Bohrlöchern finden nach 24 und 48 Stunden statt. Neben den Bohrungen werden Pumpversuche durchgeführt, um die Durchlässigkeit und Konnektivität der Grundwasserspiegel zu erkunden, was für die Machbarkeit des Großteils aller Stationsbauten unerlässlich ist.

Da es in Qatar bisher keine bergmännisch hergestellten Tunnel gibt, mussten über ein ausführliches Studium bereits vorhandener geologischer Unterlagen die tunnelbau- und spezialtiefbauspezifischen Werte der Geologie ermittelt werden. Der Boden im Projektbereich besteht hauptsächlich aus Füllmaterial, dem Simsima Limestone (Kalkstein), der Midra Shale und der sogenannten Rus Formation.

Der Simsima Limestone formt den größten Teil der Oberfläche. Die Schichtenfolge und Lithologie sind nicht genau bekannt. Er besteht aus einem feinen Medium, körnig, beige bis blass braun und gelbbraun. Außerdem ist der Simsima Limestone schlecht ge-



Topographische Lage Qatars  
Qatar's topographical situation

schichtet, enthält kristallinen Kalkstein und Dolomitgestein mit einer Vielzahl von Hohlräumen und unregelmäßigen Klüften, die oft mit weichem Schluffstein/Siltstein gefüllt sind. Gelegentlich sind dünne Lagen von blass grünem oder rotbraunem Lehm vorhanden. Die Midra Shale ist ein gelb brauner und grün grauer Schiefer in dem oft Fossilien gefunden werden. Über dem Projektbereich ändert sich der Midra Shale in Konsistenz, Farbe, Lehm und Kalkzusammensetzung. Die Rus Formation setzt sich aus weißlichem oder gelblichem Dolomitmalkstein zusammen und enthält zeitweise zwischengelagerte dünne Schichten aus grünlichem oder bräunlichem Lehm und Engstellen aus weißlichem oder gräulichem fossilhaltigem Dolomitmalkstein. Die jüngsten bisher gefundenen Gesteine der Rus Formation haben sich in Al Khor, im Norden von Qatar, entwickelt.

## 2 Geology

Qatar is an extended peninsular on the Arabian Peninsula pointing northwards into the Arabian Gulf. In geological terms with its position on the fringe of the Arabian Peninsula, Qatar is a part of the Arabian Gulf basin (Fig. 2).

Geological exploratory drilling and lab tests were initiated to get an exact picture of the soil in the project area. 123 drillholes between 25 and 70 m deep with an internal diameter of 63 to 84 mm were undertaken along the planned route alignment (Fig. 3). The water columns in the holes are measured after 24 and 48 hours. In addition to drilling pump tests are carried out in order to establish the permeability and connectivity of the groundwater table, something essential for the feasibility of the major portion of all the station buildings.

As no tunnel driven by mining means has ever been produced in Qatar, the geological values pertaining to tunnelling and special foundation engineering had to be determined by means of an extensive study. The soil in the project area mainly comprises fill material, Simsima Limestone, Midra Shale and the so-called Rus Formation.

Simsima Limestone forms the bulk of the surface. The stratification and lithology are not exactly known. It possesses a fine consistency, grainy, beige to pale brown and yellowish-brown. Furthermore Simsima Limestone is inadequately layered, contains crystalline limestone and dolomite rock with a large number of cavities and irregular fissures, which are often filled with soft siltstone. Occasionally thin layers of pale green or reddish-brown loam are to be found. The Midra Shale is a yellowish-brown and

and transfer opportunities to the other lines.

The production of the entire network will be split into a total of 4 phases in keeping with the milestones provided by the major events.

- **Phase 1:** construction of the central stations and corresponding underground route sections for the Metro, which must be completed and commissioned in time for the 2022 FIFA World Cup
- **Phase 2:** development of the remaining links for the Metro lines within the city of Doha
- **Phase 3:** connecting the elevated and ground-level outer sections, towards the south and north
- **Phase 4:** building the high-speed and goods transportation network connecting up with Saudi Arabia and Bahrain

It is intended to construct and commission the 4 phases by 2050.

Eine Besonderheit der Rus Formation ist das Auftreten von verschiedenen flächenhaften Schichten aus Eindampfungsgestein, hauptsächlich bestehend aus Gips und Anhydriten. Die Gipsschichten können bis zu 4 m dick sein und befinden sich vor allem im südlichen Teil des Landes in einer Tiefe von 20 bis 50 m. Die unteren Gipsschichten haben sich nachträglich aufwendig durch zirkulierendes Grundwasser gelöst. Wegen der überlagernden Schicht brechen sie an einigen Stellen und bringen die Hauptoberfläche ebenfalls zum Einbruch. Dies geschieht hauptsächlich im Süden und in der geographischen Mitte Qatars.

Im gesamten Land liegt ein Karstsystem mit Dolinen (Karstrichtern) vor. Ein Karstsystem wird hauptsächlich mit gipshaltiger Lösung assoziiert, aber es wird auch von den vorhandenen Karbonat-Felsen beeinflusst. Das Karbonatgestein bietet günstige Bedingungen für den Tunnelvortrieb. An anderen Stellen wiederum herrschen unter Gips und Anhydriten extreme Bedingungen für den Tunnelvortrieb. Der Boden im gesamten Projektgebiet ist sehr heterogen, anisotrop und gebrochen karstig (Bild 4).

Aktivitäten der Seismizität und Tektonik mit größeren Effekten wurden im Osten des arabischen Golfes aufgezeichnet (z.B. Iran). In Qatar selbst gibt es nur sehr wenige dieser Aktivitäten - weshalb es in die Seismische Zone Null eingestuft wird, was bedeutet, dass ein sehr geringes bis gar kein Erdbebenrisiko vorhanden ist. Auch mit Vulkanausbrüchen und Erdbebenrisiko ist hier nicht zu rechnen.



Übersicht der Bohrprofile der geologischen Erkundungsmaßnahmen

Overview of the drilling pattern for the geological exploratory measures

### 3 Hydrologie

Das Land ist in erster Linie niedrig und eben. Innerhalb Qatars befinden sich keine Wasserwege oder Seen. Die geringen Niederschläge, starke Sonneneinstrahlung und die extremen Windbedingungen sorgen für große Trockenheit. Dennoch ist ein extrem hoher, natürlicher Grundwasserspiegel vorhanden.

greenish-grey slate, which often contains fossils. Throughout the project area the Midra Shale alters in terms of consistency, colour, loam and limestone composition. The Rus Formation comprises whitish or yellowish dolomite limestone. The most recent rocks belonging to the Rus Formation to be found so far are located at Al Khor, in the north of Qatar. A special feature of the Rus Formation is

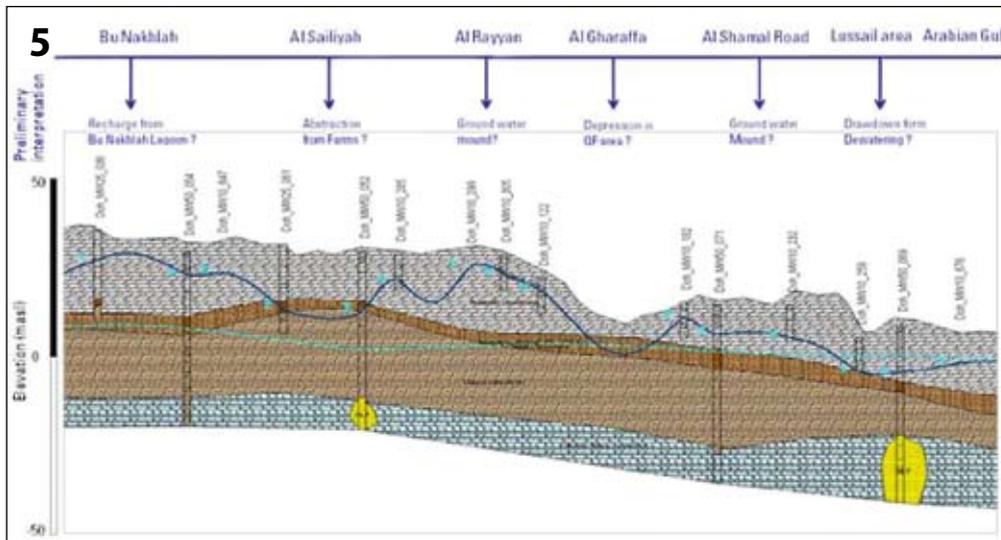
the presence of various extensive layers of saline residues, mainly consisting of gypsum and anhydrites. The layers of gypsum can be up to 4 m thick and are mainly to be found in the southern part of the country at a depth of 20 to 50 metres. The lower layers of gypsum have subsequently become detached to a large extent as a result of circulating groundwater. They have ruptured at various points on account of the overlying layer thus also causing the ground surface to cave in. This occurs principally in the south and in the geographical centre of Qatar.

A karst system with sinkholes (karst funnels) is to be found throughout the country. A karst system is mainly associated with gypsum-based materials but it is also influenced by the existing carbonate rocks. Carbonate rock affords favourable conditions for tunnel driving. At other points however extreme conditions for tunnelling prevail given the presence of gypsum and anhyd-



Karsterscheinung im Simsim Limestone

Karst phenomenon in Simsim Limestone



Beispiel der Veränderung des Grundwasserspiegels in 3 Jahren

Example of the change in the groundwater level in 3 years

Die Grundwasser führende Schicht liegt zwischen 5 und 50 m Tiefe, der Grundwasserspiegel ist meist nach 5 bis 15 m anzutreffen. Nach Westen liegt die Grundwasser führende Schicht tiefer. Sie ist ähnlich wie der Simsima Limestone bedeckt mit einer dünnen Schicht anstehendem Schiefer und einer dünnen Schicht Anschutt-

masse. Durchschnittlich beträgt die Schichtdicke des Simsima Limestones 15 m mit darunter liegender Midra Shale, die hauptsächlich als Abdichtungsschicht dient. Die Schichten sind vollständig gesättigt und das Grundwasser wird durch den saisonalen Regen und die permanente Quelle, den arabischen Golf, angereichert.

rites. The ground throughout the entire project area is highly heterogeneous, anisotropic involving karst-like fractures (Fig. 4).

Major seismic and tectonic activities were registered in the east of the Arabian Gulf (e.g. Iran). In Qatar itself such activities are rare so that it is classified in Seismic Zone Zero, which signifies that a very slight risk or none

at all prevails. Volcanic eruptions and avalanches can also be precluded here.

### 3 Hydrology

The terrain is primarily low and flat. No waterways or lakes are to be found within Qatar. The slight precipitation, strong sunshine and extreme wind conditions cause great aridness. Notwithstanding an extremely high, natural groundwater table prevails.

The layer containing the groundwater lies between 5 and 50 m deep, with the groundwater table mostly being encountered after 5 to 15 m. The layer containing the groundwater is deeper towards the west. In similar fashion to the Simsima Limestone it is covered with a thin layer of in situ slate and a thin layer of fill material. On average the Simsima Limestone layer thickness amounts to 15 m with Midra Shale encountered underneath, which mainly serves as a sealing layer. These layers are entirely saturated and the groundwater is enriched by the seasonal rain and the permanent source provided by the Arabian Gulf.

The groundwater can change in future on account of new underground systems. In some cases it can rise by up to 8 m within 3 years (Fig. 5).

The groundwater contains very high amounts of sulphates (peak values of up to 4,000 mg/l) and chlorides (peak values of up to 54,000 mg/l). The groundwater exerts a corrosive effect on concrete and steel (Table 1) with a ph-value of 6.1 to 8.5 (Dammam) and 6.5 to 8.5 (Rus Limestone). The groundwater temperature averages 28 °C.

This all leads to a situation where no European norm can

**Tabelle 1: Übersicht der Inhaltsstoffe des Grundwassers**

Element	TDS	Ca	Mg	Na	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Einheit	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Mittelwert	9.807,53	631,08	313,63	2.435,85	180,67	1.740,29	4.269,91

(Erklärung: TDS (total dissolved solids) = Summe der gelösten Salze im Wasser)

**Tabelle 2: Basisparameter für die Tunnelplanung**

Parameter	Entscheidung	Erläuterung
Tunnel-System	Doppelröhre, eingleisig	Höchste Sicherheitsstufe
Metro-Betrieb	750V DC 3te Schiene	Üblich für Metrobetriebe weltweit
Abmessungen Metro-Fahrzeug	B=3.000 mm / H=4.000 mm	Fahrzeug entwickelt für die Metro Doha
Fahrbahn	Masse-Feder-System	Innerstädtisch notwendig zur Geräusch- und Vibrationsreduzierung
Maximale Überhöhung	100 mm	Trassierungsparameter aus 80 km/h Betriebsgeschwindigkeit und minimalen Kurvenradien
Fluchtweg	B=800 / 2.200 mm	leicht erhöhte Anforderungen aus der NFPA 130
Bautechnischer Nutzraum	100 mm	Wert gemäß RiL 853
Sicherheitsausstattung	Tunnellüftung, Trockenlöschwasserleitung, CCTV	Gemäß NFPA 130 und Fire & Life Safety Requirements der QRail
Achsabstand	Im Regelfall 15,70 m	Abstand aus der Trassierung

Aufgrund von neuen Untergrundsystemen kann sich der Grundwasserlevel in Zukunft ändern. Teilweise kam es zu Anstiegen von bis zu 8 m innerhalb von 3 Jahren (Bild 5).

Im Grundwasser sind sehr hohe Werte von Sulfaten (Spitzenwerte bis zu 4.000 mg/l) und Chloriden (Spitzenwerte bis zu 54.000 mg/l) enthalten. Mit einem ph-Wert von 6,1 bis 8,5 (Dammam) und 6,5 bis 8,5 (Rus Limestone) greift das Grundwasser Beton und Stahl korrosiv an (Tabelle 1). Die Grundwassertemperatur beträgt im Mittel 28°C.

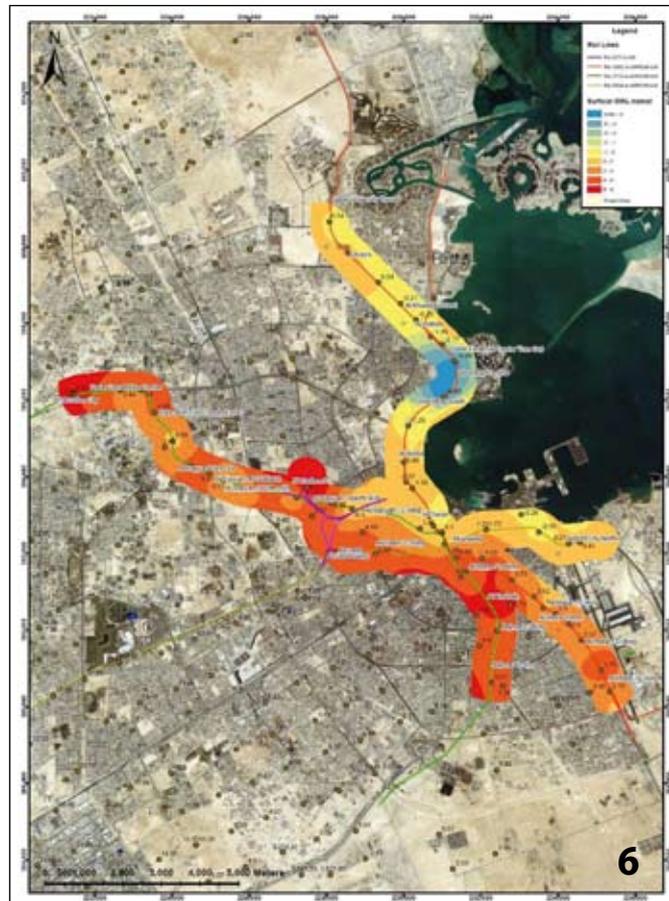
Dies alles führt dazu, dass für dieses aggressive Grundwasser keine europäische Norm greift und somit zusätzliche Untersuchungen im Bereich der Bontechnologie angestellt werden müssen (Bild 6).

#### 4 Tunnelplanung

Mit diesen äußeren Voraussetzungen wurde mit der Planung der unterirdischen Bauwerke begonnen. Die Planungstiefe für das Tender Design (Aus-schreibungsplanung) liegt zwischen Vorplanung und Entwurfsplanung nach HOAI. In mehreren Koordinationsrunden wurden die für die Ermittlung des Tunnelquerschnitts maßgebenden Randbedingungen festgelegt (Tabelle 2).

Auf Grundlage dieser Festlegungen liegt der Tunnelquerschnitt bei einem Innendurchmesser von ca. 6 m (Bild 7).

Zudem wurden weitere Untersuchungen für die Tunnelplanung angestellt. So haben etwa die ein- oder zweischalige Bauweise, das aggressive Grundwasser, die Lebensdauer von 120 Jahren, die Vortriebsgeschwindigkeit, die Anschlüsse der Quer-



Aggressivität des Grundwassers  
Aggressiveness of the groundwater

be applied for this aggressive groundwater and that in turn additional investigations must be carried out in the field of concrete technology (Fig. 6).

#### 4 Tunnel Planning

Planning of the underground structures was embarked on against this background. The extent of planning for the Tender Design lies between the pre-planning stage and the planning design according to HOAI. The essential general conditions for establishing the tunnel cross-sections are laid down at a number of coordination sessions (Table 2).

On the basis of these specifications the tunnel cross-section possesses an internal diameter of roughly 6 m (Fig. 7).

Furthermore additional investigations were carried out for the tunnel planning. Thus for instance the single or double shell construction method, the aggressive groundwater, the

Table 1: Overview of the Substances contained in the Groundwater							
Element	TDS	Ca	Mg	Na	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Unit	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Average value	9,807.53	631.08	313.63	2,435.85	180.67	1,740.29	4,269.91

(Explanation: TDS (total dissolved solids) = amount of solids dissolved in the water)

Table 2: Basic Parameters for Tunnel Planning		
Parameter	Decision	Explanation
Tunnel system	twin-bore, single-track	Highest safety level
Metro operation	750V DC 3 <sup>rd</sup> Rails	Customary for Metro operations worldwide
Dimensions of Metro vehicle	W=3,000 mm / H=4,000 mm	Vehicle developed for the Doha Metro
Track	Mass-spring system	Needed within the city for reducing noise and vibrations
Max. banking	100 mm	Route parameter from 80 km/h operating speed and minimal curved radius
Escapeway	W=800 / 2,200 mm	Slightly increased demands from NFPA 130
Structurally useable space	100 mm	Value according to RIL 853
Safety equipment	Tunnel ventilation, Dry powder extinguisher, CCTV	According to NFPA 130 and Fire & Life Safety Requirements of Qatar Rail
Centre distance	Generally 15.70 m	Distance from route alignment

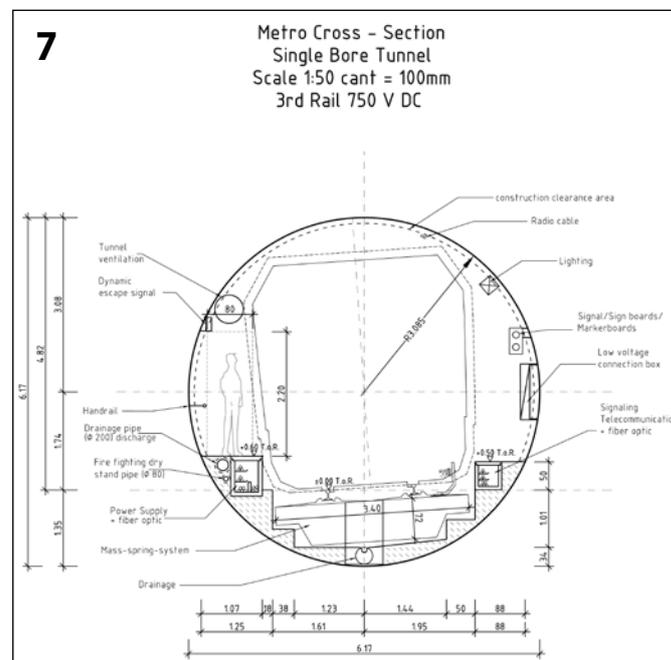
schläge an den Haupttunnel und vor allem die Frage der Wartung und Instandhaltung massiven Einfluss auf die Auswahl der Bauweise. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse und der Philosophie der Ausschreibung wurden diese Fragen nicht endgültig entschieden, sondern den Baufirmen zur technischen Bearbeitung übertragen.

Die Frage nach der Tunnel-sicherheit warf ebenso weitere Diskussionen auf. Eine Risikobetrachtung und Gegenüberstellung der zweigleisigen Röhre (wie z.B. bei der Metro Dubai angewandt) oder 2 eingleisigen Röhren (z.B. nach TSI-Richtlinie) wurden angestellt. Hierzu wurde auch ein Querschnitt einer zweigleisigen Röhre konstruiert. Die Studie umfasste Punkte wie z.B. Sicherheitskonzept, Baukosten, Termin, Betrieb & Wartung, Risikobetrachtung, etc. und wurde der Qatar Railway Company zur Entscheidung vorgelegt. Die Entscheidung des Bauherrn fiel auf ein Tunnelsystem mit 2 eingleisigen Röhren.

## 6 Logistik

Doha ist eine schnell wachsende Stadt. Durch die Vielzahl an anderen, parallel laufenden Planungen und Ausführung von Großprojekten stellt sich bei der Planung für die Metro ganz wichtig die Frage zu den Schnittstellen mit diesen Bauvorhaben. Außerdem gilt es, Antworten zu finden auf die Frage, wie es möglich ist, ein Metro- und Bahnsystem im Stadtgebiet zu bauen ohne das öffentliche Leben durch die enormen Baumaßnahmen zum Erliegen zu bringen? Die Lösung bietet eine gut durchdachte Baulogistik.

Allerdings haben Untersuchungen gezeigt, dass die für die Baulogistik notwendigen Flächen in der Innenstadt nicht oder nur sehr begrenzt zur Verfügung stehen. Entsprechend müssen die innerstädtischen Baustelleneinrichtungsflächen verkleinert oder einzelne Baustellenbereiche ganz ausgelagert werden.



Tunnelquerschnitt Metro  
Metro tunnel cross-section

In den Außenbereichen der Stadt wurden große, nicht genutzte Flächen lokalisiert, die als Logistikflächen für alle Baustellenbereiche der Metro dienen könnten. Diese Flächen wurden als sogenannte LPA (Logistic Providing Areas) ausgewiesen und in die Abstimmungsrunde mit allen Beteiligten gegeben. Diese Lösung würde beispielsweise eine just-in-time-Lieferung von Materialien ermöglichen. Hierfür ist jedoch die derzeitige und auch die künftige Verkehrssituation ein Hindernis. Die ASHGHAL, die Straßenbaubehörde Qatars, plant zurzeit einen deutlichen

120 years service life, the rate of advance, the connections for the cross-passages to the main tunnel and above all the question of maintenance and repair exert a massive influence on the choice of construction method. On account of the large number of different influences and the philosophy adopted for tendering these issues were not final-

processing. The client decided on a tunnel system with 2 single-track bores.

## 6 Logistics

Doha is a rapidly growing city. On account of the large number of other ongoing planning schemes and the execution of major projects, the question of interfaces with these construction projects is essential for planning the Metro. Furthermore it is important to come up with answers to the issue of producing a Metro and railway system in an urban area without impeding public life by gigantic construction schemes. Well thought out construction logistics provides the solution.

However it must be said that investigations have revealed that the areas required for the construction logistics in the centre of the city are either unavailable or only available to a limited extent. As a result the site installation areas within the city centre have to be reduced or individual site sections set up elsewhere.

Large, unused areas were found on the periphery of the city, which could serve as logistic areas for all construction site sections for the Metro. These areas were identified as so-called LPAs (Logistic Providing Areas) and included in the coordination round with all those involved. This solution would for instance facilitate materials being supplied just-in-time. However the present and future traffic situation represents an obstacle. The ASHGHAL, Qatar's highway construction authority, is currently planning to substantially extend its road network within Doha, involving a similar investment volume to the one earmarked for the Metro. This is where the important interfaces lie, so that coordination

ly decided but passed onto the construction companies to process them in technical terms.

The tunnel safety issue also heralded in further discussions. A risk assessment and comparison of the double-track bore (as e.g. applied for the Dubai Metro) or 2 single-track bores (e.g. as according to TSI guideline) was initiated. Towards this end a cross-section of a double-track bore was devised. The study embraced aspects such as e.g. safety concept, construction costs, deadline, operation and maintenance, risk assessment etc. and was passed on to the Qatar Railway Company for pro-

Ausbau ihres Straßennetzes in Doha, mit einem ähnlichen Investitionsvolumen wie es die Metro haben wird. Hier liegen die wesentlichen Schnittstellen, um eine Koordination zwischen den verschiedenen Bauabschnitten und Beteiligten zu erreichen. Die Abstimmungen mit Terminplänen und Bauabschnitten dauert noch an. Eine komplette Eingliederung der Baugruben für die Metro in die Straßenbauarbeiten ist daher ein ehrgeiziges Ziel.

Um ein Konzept für die Baulogistik zu erstellen, wurden zunächst mögliche Bauverfahren ausgewählt, da diese den Zeitbedarf der Baustellen beeinflussen. Die Mengen, die beim Erdaushub und Materialeinbau entstehen, wurden überschlägig berechnet und dem Gesamtlogistikkonzept zugrunde gelegt.

### 7 Projektzeitplan

Auf Grundlage der erwähnten vielfältigen Randbedingungen und der aktuellen Planung wurde ein Projektzeitplan in Abhängigkeit der großen Meilensteine erstellt.

Hierbei sind sowohl die typischen Abhängigkeiten von Streckenlosen bei Infrastrukturprojekten zu berücksichtigen als auch die terminlichen Zwänge, die sich aus den Großereignissen für Qatar ergeben. Optimierungen können sich einerseits aus der Reduktion der Tiefenlage einzelner Stationen ergeben - größtenteils ist diese Optimierung aufgrund der parallel laufenden anderen Projekte und damit bestimmtem Mindestabstände in der Tiefenlage jedoch beschränkt. Eine andere klassische Optimierung wäre der Einsatz zusätzlicher Tunnelbohrmaschinen (TBM).

Dies wird im Fall Doha aber zum Einen durch die Tatsache behindert, dass mehr TBM auch mehr Baustelleinrichtungsflächen benötigen würden, die im Innenstadtbereich nicht vorhanden sind. Zum Anderen, dass einzelne Stationen in einem bestimmten Ausbauzustand sein müssen, damit die TBM durchgezogen werden können oder den Bereich vorher durchfahren können. Dies beeinflusst die zeitliche Abfolge des Vortriebs massiv.

Herzstück des Metro-Netzwerks ist die Station Mushaireb („Heart of Doha“), in der die Ankunft von 10 TBM geplant ist und die anschließend vom Stadtentwicklungsprojekt Dohaland überbaut wird.

### 8 Derzeitiger Stand und Ausblick

Die Ausschreibungsunterlagen wurden am 2. April 2012 abgeschlossen und an die präqualifizierten Bieter übergeben. Weitere Arbeitspakete wie Ausschreibung technische Ausrüstung, Betriebsplanung, Feste Fahrbahn und die oberirdischen Streckenabschnitte der Metro werden folgen.

Die DB International wird auch in der Zukunft wichtiger strategischer Partner bei diesem einzigartigen Projekt sein und die Qatar Rail weiterhin in allen technischen Belangen beraten. 

between the various construction sections and those involved can be achieved. The plans for scheduling and the construction sections have still to be finalised. The complete integration of the excavation pits for the Metro within the road building works thus remains an ambitious target.

In order to draw up a concept for the construction logistics first of all possible construction methods were selected, as these influence the amount of time required on site. The quantities, which will accrue during excavation work and installing materials, were roughly estimated and tied to the overall logistics concept.

### 7 Project Timetable

On the basis of the cited diverse general conditions and the current planning a project timetable was drawn up in conjunction with the major milestones.

In this connection the typical dependencies of contract sections for infrastructure projects have to be considered as well as the constraints on deadlines, which result from the major events taking place in Qatar. It is possible on the one hand to attain optimisations by reducing the depth at which individual stations are built – however such optimisations are restricted on account of the other projects running parallel and in turn affect the minimum distances relating to the depth. The application of further tunnel boring machines (TBMs) would be an additional classic case of optimisation. This is made impossible in Doha's case by the fact that more TBMs would also require more construction site installation areas, which do not exist in the city centre. Secondly the individual stations must be in a certain

state of construction so that the TBMs can be drawn through them or can pass through the area in advance. This massively influences the chronological sequence of driving.

The Mushaireb Station (“Heart of Doha”) represents the core of the Metro network, where 10 TBMs are planned to arrive and which will subsequently be built upon to create the Dohaland urban development project.

### 8 Current Status and Outlook

The tender documents were concluded on April 2, 2012 and passed over to the pre-qualified bidders. Further work packages such as bidding for the technical furnishing, operational planning, the solid slab track and the surface route sections for the Metro will follow.

The DB International will continue to act as an important strategic partner for this unique project and advise Qatar Rail on all technical matters. 