

## Risk Management and Contract Models in Tunnelling – Part 3 Risikomanagement und Vertragsmodelle im Tunnelbau – Teil 3

# Basics of Risk Mitigation Grundlagen der Risikobewältigung

*Risk management is made up of several sub-areas. One part is risk mitigation. Mitigation can be divided into avoidance, minimisation, transfer and acceptance. The aim of risk mitigation is to find the appropriate measure to address the risk. The selection of a mitigation measure is not standardised. Comparative calculations are often carried out to determine which measure has which effect on a risk. The decision is based on the client's risk tolerance and the cost-effectiveness of the measure.*

*Das Risikomanagement setzt sich aus mehreren Teilbereichen zusammen. Ein Teil ist die Risikobewältigung. Die Bewältigung lässt sich unterteilen in Vermeidung, Verminderung, Übertragung und Akzeptanz. Ziel der Risikobewältigung ist es, die passende Maßnahme für das Risiko zu finden. Die Auswahl für eine Bewältigungsmaßnahme ist nicht einheitlich geregelt. Häufig werden Vergleichsrechnungen durchgeführt, um zu ermitteln, welche Maßnahme, welche Auswirkung auf ein Risiko hat. Maßgeblich für die Entscheidung ist dabei die Risikobereitschaft des Auftraggebers und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.*

SIMON CHRISTIAN BECKER, M.Sc., CARL PHILIPP FRIEDINGER, M.Eng., MAJA MICHAL, M.Sc., Research Associates/Wissenschaftliche Mitarbeiter/innen; Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. PHILIP SANDER, Head of Institute of Construction Management/Leiter Institut für Projektmanagement und Bauwirtschaft; Bundeswehr University Munich/Universität der Bundeswehr München, Germany/Deutschland

### 1 Introduction

Following the explanation of the basics of risk management [1] and the integral consideration of costs, time and risks [2], the focus is now on risk mitigation. Risk mitigation focusses on how risks are dealt with. In a broader sense, this is where the strategy is defined as to whether the risk should be managed with proactive or reactive measures. The risk mitigation procedure depends on the client's risk strategy and risk tolerance. It is necessary to consider which management options are available in order to initiate appropriate action. In this way, risk management measures can be prepared that are both economically viable and realisable [3, p. 339–340]. The various types of risk mitigation are described below. The effects of measures on the construction time are then illustrated using an example.

### 2 Types of Risk Management

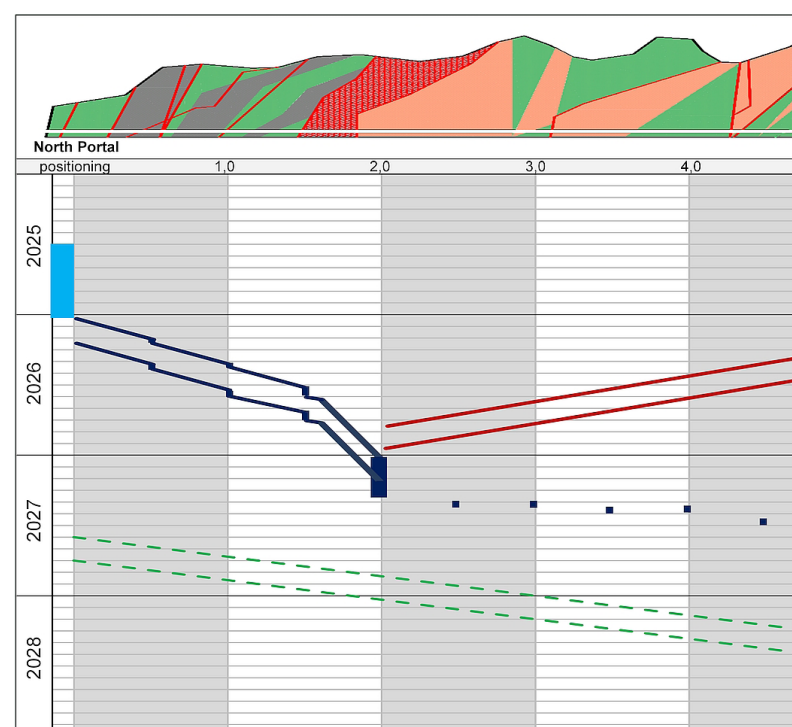
The risk mitigation procedure is divided into four steps [3, p. 356]:

1. Identification of proactive or reactive mitigation measures for selected risks,
2. Checking the mitigation measures for cost-effectiveness,
3. Decision in favour of suitable mitigation measures and
4. Activation of the selected mitigation measures.

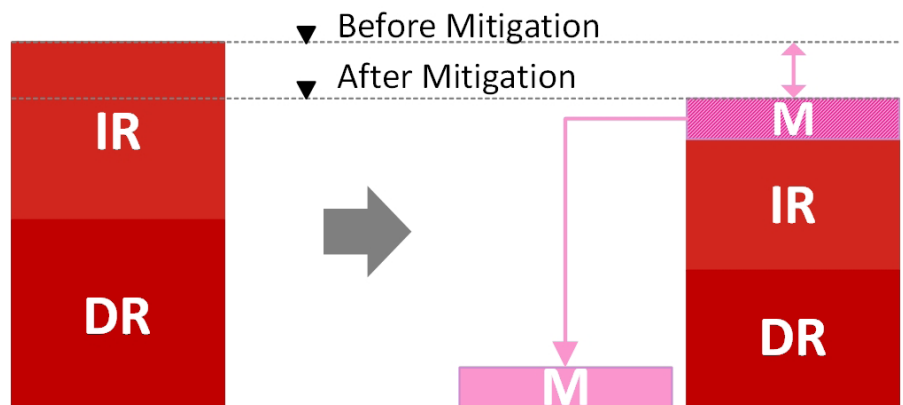
Particular attention must be paid to the fact that risks can also have a positive impact. Measures can influence

### 1 Einleitung

Nach der Erläuterung der Grundlagen des Risikomanagements [1] und der integralen Betrachtung von Kosten, Zeit und Risiken [2] wird nun das Augenmerk auf die Risikobewältigung gelegt. Die Risikobewältigung fokussiert sich darauf, wie mit Risiken umgegangen wird. Im weiteren Sinn wird dort die Strategie festgelegt, ob das Risiko mit proaktiven oder reaktiven Maßnahmen bewältigt werden soll. Das Vorgehen



**1 Risk reduction through risk management measures**  
 Verringerung des Risikos durch Risikobewältigungsmaßnahme



Credit/Quelle: Becker, Friedinger, Michal, Sander

opportunities as well as threats. The aim is always to improve the initial conditions for the project. Measures can generally be divided into proactive and reactive measures. With proactive measures, the mitigation measure shows its effect before the risk materialises. With reactive measures, the impact is minimised after the risk has occurred. Generally speaking, mitigation measures can be divided into the following classes:

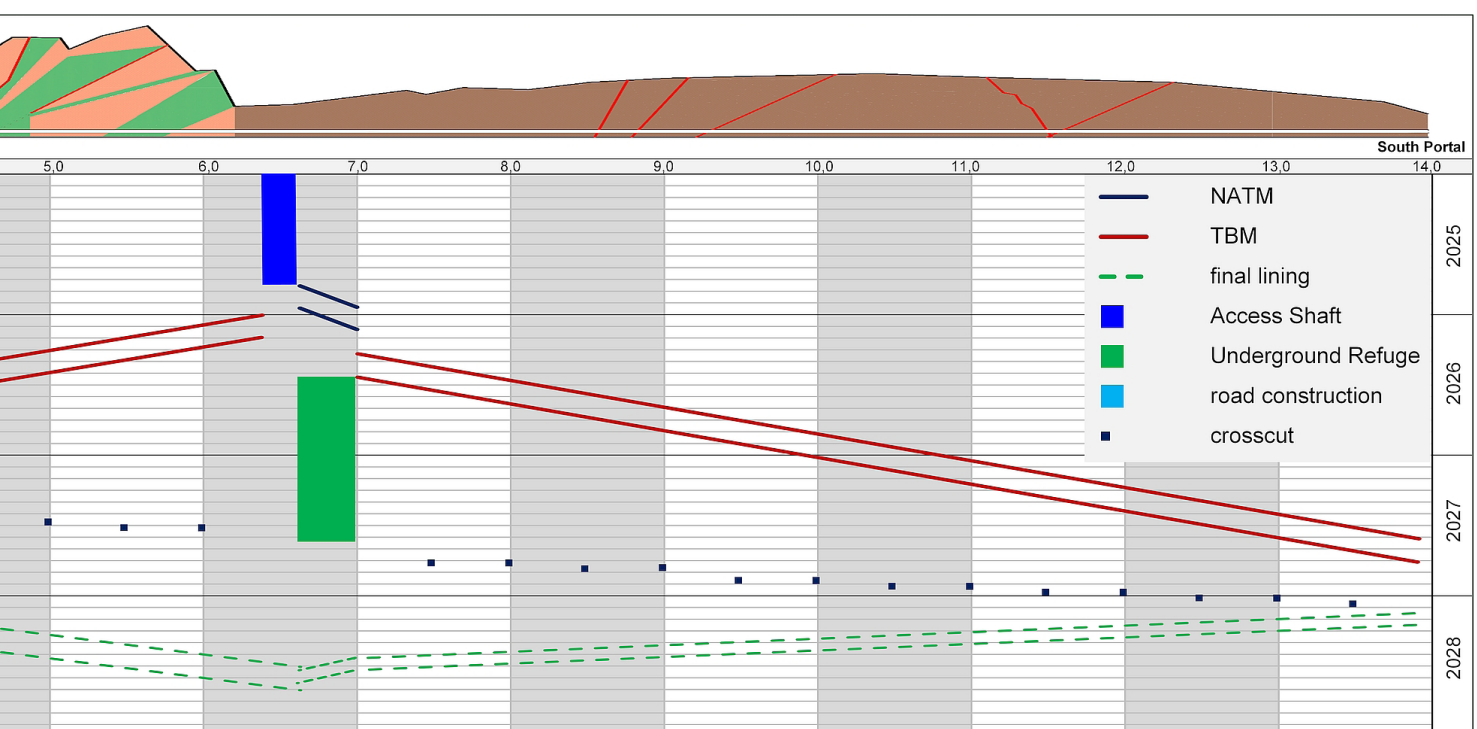
- Avoidance (elimination) [proactive],
- Reduction [proactive or reactive],
- Transfer (insurance) [proactive] and
- Acceptance [neither proactive nor reactive].

The individual risk mitigation measures are briefly described below.

In **risk avoidance** (proactive), the probability of a risk occurring is reduced to zero. This application for risk mitigation

zur Risikobewältigung ist dabei abhängig von der Risikostrategie bzw. Risikobereitschaft des Auftraggebers. Es ist zu überlegen, welche Bewältigungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, um eine angemessene Behandlung einzuleiten. So können Risikobewältigungsmaßnahmen vorbereitet werden, die sowohl wirtschaftlich sinnvoll als auch umsetzbar sind [3, S. 339–340]. Nachfolgend sollen die verschiedenen Arten der Risikobewältigung aufgezeigt werden. Anschließend, werden anhand eines Beispiels die Auswirkungen von Maßnahmen auf die Bauzeit aufgezeigt.

**2 Linear schedule of the example tunnel**  
 Weg-Zeit-Diagramm des Beispieltunnels



Credit/Quelle: Becker, Friedinger, Michal, Sander

leads to the greatest security of all mitigation options. In order to avoid a risk, very complex measures are usually necessary. This also means that the associated costs can be high [3, p. 357].

In **risk minimisation** (proactive or reactive), the aim is to reduce the risk to an acceptable level of damage in the event of occurrence by means of technical, operational, structural or personnel measures. In contrast to risk avoidance, mitigation does not reduce the impact, for example on the construction process, to a probability of occurrence or impact of zero. A residual risk will remain, which must be borne by the parties involved (depending on their responsibility) [3, p. 357].

**Risk transfer** (proactive) can take place in two ways. Firstly, by insuring the risk with an insurance company that offers suitable insurance policies. Secondly, by contractually transferring the risk to third parties, usually to other project participants [3, p. 358].

**Risk acceptance** (neither proactive nor reactive) is another option. In this case, no influence is exerted on the risk. This remains unchanged in terms of the probability of occurrence. Risk acceptance also exists if risk minimisation measures have been activated. The risk remains with the respective party who is responsible for it or to whom it was legally assigned [3, p. 358].

There is no fixed order of application or priority for the risk mitigation options. Each decision in favour of or against mitigation measures of the individual classes must be made individually for each risk. However, the cost-benefit ratio [3, p. 358] and the economic efficiency must always be considered.

**Figure 1** provides a qualitative illustration of how the risk can be reduced by a risk mitigation measure. The left-hand side of **Figure 1** shows the risks before the measure, the right-hand side after. The identified risk (IR) and the associated delay risk (DR) decrease as a result of the risk measure. This can still result in costs for the measure. After analysing the economic viability, a decision is made as to which mitigation measure is selected. If the risk then materialises, the measure will be implemented either proactively or reactively. The following example tunnel is used to illustrate risk mitigation in more detail.

### 3 Use Case: Example Tunnel

#### 3.1 Description of the Example Tunnel

The fictitious tunnel is a railway base tunnel in the approval phase, which is characterised in particular by the different construction methods and heterogeneous geological conditions. **Figure 2** shows the longitudinal section of the 14 km long, twin-tube tunnel. 11.5 km will be excavated using four TBMs and approx. 2.5 km using the New Austrian Tunnelling Method (NATM). Both drives

## 2 Arten der Risikobewältigung

Das Vorgehen bei der Risikobewältigung unterteilt sich in vier Schritte [3, S. 356]:

1. Identifikation von proaktiven oder reaktiven Bewältigungsmaßnahmen für ausgewählte Risiken,
2. Prüfung der Bewältigungsmaßnahmen auf Wirtschaftlichkeit,
3. Entscheidung für geeignete Bewältigungsmaßnahmen und
4. Aktivierung der gewählten Bewältigungsmaßnahmen.

Bei Risiken ist besonders darauf zu achten, dass diese auch eine positive Auswirkung haben können. Maßnahmen können Chancen wie auch Gefahren beeinflussen. Ziel ist immer, eine Verbesserung der Ausgangsbasis für das Projekt zu schaffen. Maßnahmen lassen sich generell in proaktive und reaktive Maßnahmen unterteilen. Bei proaktiven Maßnahmen zeigt die Bewältigungsmaßnahme ihre Wirkung vor dem Risikoeintritt. Bei reaktiven Maßnahmen wird die Auswirkung nach Eintritt des Risikos vermindert. Generell lassen sich Bewältigungsmaßnahmen in folgende Klassen einteilen:

- Vermeidung (Eliminierung) [proaktiv],
- Verminderung [proaktiv oder reaktiv],
- Transfer (Übertragung/Versicherung) [proaktiv] und
- Akzeptanz [weder proaktiv noch reaktiv].

Nachfolgend sollen die einzelnen Risikobewältigungsmaßnahmen kurz beschrieben werden.

Bei der **Risikovermeidung** (proaktiv) wird die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos auf den Wert null verringert. Diese Anwendung für die Risikobewältigung führt von allen Bewältigungsmöglichkeiten zur größten Sicherheit. Um ein Risiko zu vermeiden, sind meistens sehr aufwändige Maßnahmen notwendig. Das heißt auch, dass die damit verbundenen Kosten hoch sein können [3, S. 357].

Bei der **Risikoverminderung** (proaktiv oder reaktiv) wird angestrebt, das Risiko über technische, operationelle, bauliche oder personelle Maßnahmen auf ein akzeptables Schadensausmaß im Falle eines Eintritts zu reduzieren. Im Vergleich zur Risikovermeidung wird bei der Verminderung die Auswirkung, zum Beispiel auf den Bauablauf, nicht auf eine Eintrittswahrscheinlichkeit oder Auswirkung von null reduziert. Es wird ein Restrisiko verbleiben, welches von den Beteiligten (je nach Verantwortung) zu tragen ist [3, S. 357].

Die **Risikoübertragung** (proaktiv) kann auf zwei Arten erfolgen. Zum einen durch die Versicherung des Risikos bei einem Unternehmen, das geeignete Versicherungspolice anbietet. Zum anderen mittels des vertraglichen Transfers des Risikos an Dritte, in der Regel auf weitere Projektbeteiligte [3, S. 358].

Die **Risikoakzeptanz** (weder proaktiv noch reaktiv) stellt eine weitere Möglichkeit dar. Dabei wird kein Einfluss auf das Risiko genommen. Dieses verbleibt hinsichtlich der Eintrittswahr-

pass through different geological formations, which are shown in colour in the upper section of the path-time diagram. The tunnel route is shown on the horizontal axis and the time on the vertical axis. The structure also features an access shaft, an emergency stop, various cross-passages and the inner lining.

### 3.2 Risk Mitigation

Once the construction time simulation and cost simulation for the base tunnel have been carried out, the top risks can be filtered using tornado or bandwidth diagrams and by displaying the critical paths in the schedule. They can then be specifically analysed (Fig. 3).

The tornado diagram shows the sensitivity of an individual risk in relation to a reference value (e.g. P50) as a percentage. P50 is related to the total project costs. The range of percentage values (e.g. -2.3% and +5.5%, market risk) shows the relative deviation of the total project cost for the minimum and maximum risk impact.

The bandwidth diagram (Fig. 4) shows the entire bandwidth of the possible risk impact (cost or construction time), sorted according to a selected Value at Risk, e.g. VaR95 (=P95).

The successful implementation of measures can change the probability of occurrence and/or impact of a risk (see Chapter 2). However, planned measures must be analysed in terms of their cost-effectiveness, as they themselves require resources (such as time and money). In addition, costs are incurred for proactive measures even if the risk in question does not materialise. Risk mitigation measures can also give rise to new risks.

The risk management process – in particular the intensive analysis of risks, the quantitative analysis and the ability to classify risks – generally provides the basis for optimisation or, more generally, the basis for planning measures to deal with risks or risk mitigation.

scheinlichkeit unverändert. Eine Risikoakzeptanz liegt auch vor, wenn Maßnahmen zur Risikoverminderung aktiviert wurden. Das Risiko verbleibt bei der jeweiligen Partei, welche dafür verantwortlich ist bzw. der es rechtlich zugeordnet war [3, S. 358]. Eine festgelegte Anwendungsreihenfolge oder -priorität für die Risikobewältigungsmöglichkeiten gibt es nicht. Jede Entscheidung für oder gegen Bewältigungsmaßnahmen der einzelnen Klassen muss für jedes Risiko einzeln getroffen werden. Jedoch muss immer das Verhältnis zwischen Aufwand und Wirkung abgewogen [3, S. 358] und somit die Wirtschaftlichkeit betrachtet werden.

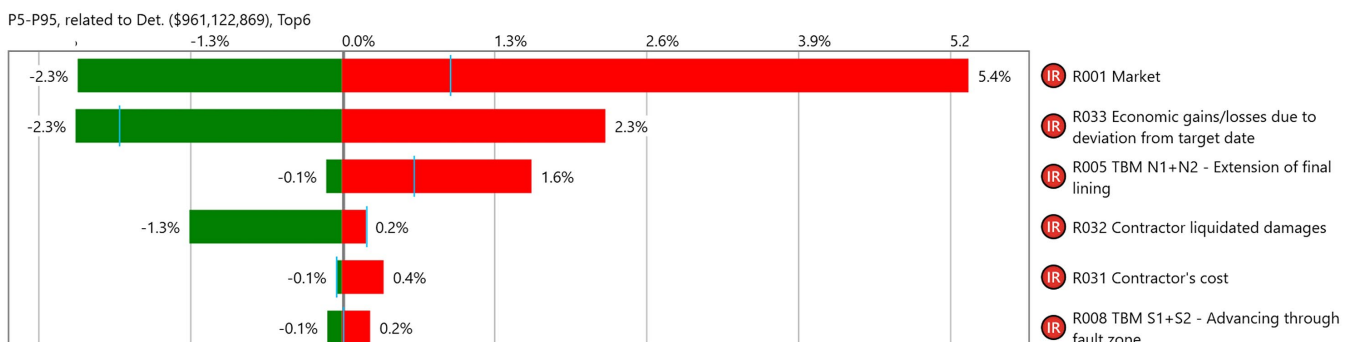
**Bild 1** stellt qualitativ dar, wie das Risiko durch eine Risikobewältigungsmaßnahme reduziert werden kann. Auf der linken Seite von Bild 1 werden die Risiken vor der Maßnahme dargestellt, auf der rechten Seite danach. Das Identifizierte Risiko (IR) und das damit verbundene Verzögerungsrisiko (DR) nehmen durch die Risikomaßnahme ab. Dadurch können trotzdem Kosten für die Maßnahme entstehen.

Nach der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit wird entschieden, welche Bewältigungsmaßnahme ausgewählt wird. Tritt dann das Risiko ein, wird die Maßnahme entweder proaktiv oder reaktiv in Kraft treten. Nachfolgend soll anhand eines Beispieltunnels die Risikobewältigung plastischer dargestellt werden.

## 3 Use Case: Beispieltunnel

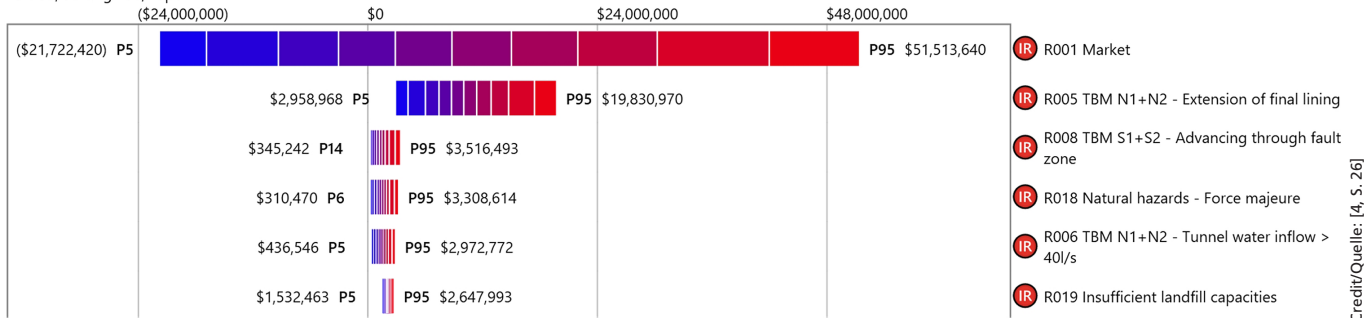
### 3.1 Beschreibung Beispieltunnel

Bei dem fiktiven Tunnel handelt es sich um einen Eisenbahn-Basistunnel in der Genehmigungsphase, der sich insbesondere durch die unterschiedlichen Bauverfahren und heterogenen geologischen Verhältnisse auszeichnet. **Bild 2** zeigt den Längsschnitt des 14 km langen, zweiröhrigen Tunnels. 11,5 km werden mit vier TBM, ca. 2,5 km mit der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) aufgeföhren. Beide Vortriebe durchföhren unterschiedliche geologische Formationen, die im oberen Bereich des Weg-Zeit-Diagramms farbig dargestellt sind. Die Tunnelstrecke ist auf der horizontalen und die Zeit auf der vertikalen Achse dargestellt. Das Bauwerk besteht außerdem aus einem Zugangsschacht, einer Nothaltestelle, verschiedenen Querschlägen und der Innenschale.



3 Example tornado diagram in percent  
Beispiel Tornado-Diagramm in Prozent

P5-P95, Sorting P90, Top6



4 Example bandwidth diagram in dollars  
Beispiel Bandbreiten-Diagramm in Dollar

An essential component of risk mitigation is analysing the critical paths. Various critical paths are visualised by simulating the schedule for the base tunnel. **Figure 5** shows a section of the analysis of the four main critical paths. Each colour corresponds to a critical path; processes with more than one colour lie on several critical paths. For example, the process 'Tender, award' comprises all four colours, i.e. it is part of all four critical paths and is therefore critical in every case. This can be seen from the fact that the process bar is displayed 100% in colour and no longer contains any grey parts. The critical path in the example project will run with a probability of approx. 15% (red + yellow) via the TBM tunnelling in the south [5].

The following is a simple example of how the course of critical paths can be influenced by measures so that target deadlines can be met.

As can be seen in **Figure 6**, the critical path runs via the south TBM drive, the planned duration of which is set at 500 days. In addition, the time for the north TBM drive is forecast at 450 days. The time-related cost of the base cost for both drives is set at \$25,000 per day. This means that the total cost can be calculated at \$ 27,500,000.

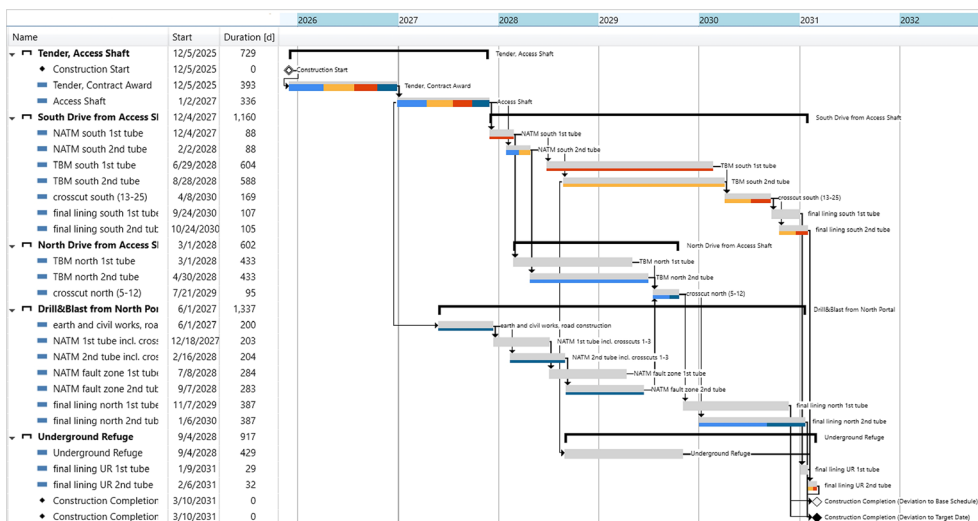
### 3.2 Risikobewältigung

Sind Bauzeitsimulation und Kostensimulation für den Basistunnel durchgeführt, können die Top-Risiken mithilfe von Tornado- oder Bandbreiten-Diagrammen sowie durch die Darstellung der kritischen Wege im Terminplan gefiltert und im Anschluss gezielt analysiert werden (**Bild 3**).

Das Tornado-Diagramm zeigt die Sensitivität eines Einzelrisikos in Bezug auf einen Referenzwert (z. B. P50) in Prozent. Dabei ist P50 auf die Gesamtprojektkosten bezogen. Die Bandbreite der Prozentwerte (z. B. -2,3 % und +5,5 %, Markttrisiko) zeigt die relative Abweichung der Gesamtprojektkosten für die minimale und maximale Risikoauswirkung.

Im Bandbreitendiagramm (**Bild 4**) wird die gesamte Bandbreite der möglichen Risikoauswirkung dargestellt (Kosten oder Bauzeit), sortiert nach einem ausgewählten Value at Risk z. B. VaR95 (=P95).

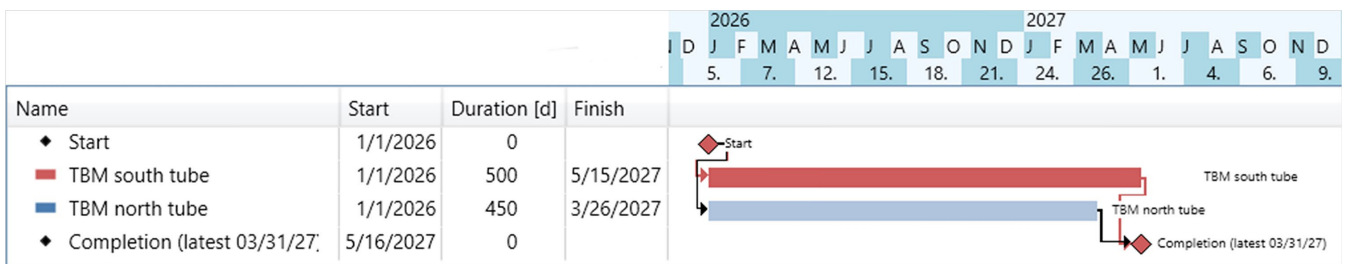
Durch eine erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen kann die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung eines Risikos verändert werden (vgl. Kapitel 2). Geplante Maßnahmen sind allerdings auf ihre Wirtschaftlichkeit hin zu prüfen, da diese selbst Ressourcen (wie Zeit und Geld) benötigen. Zudem fallen Kosten für proaktive Maßnahmen auch an,



Credit/Quelle: Becker, Friedinger, Michal, Sander

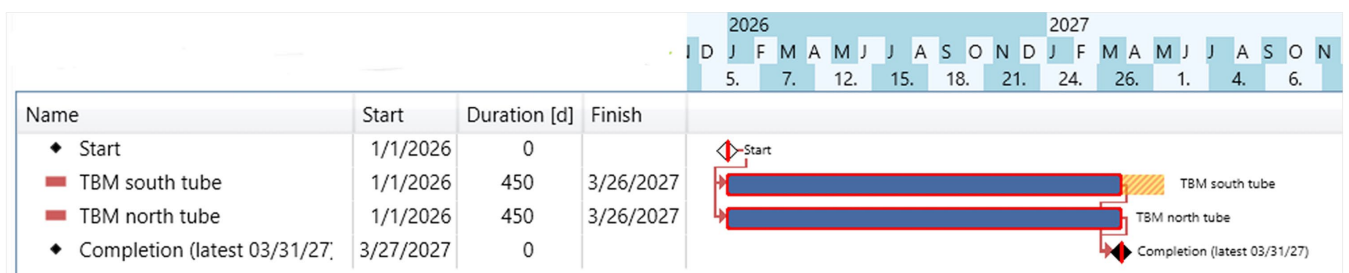
### 5 Probability of selected processes being on the critical path

Wahrscheinlichkeit, auf dem kritischen Weg zu liegen



**6** Critical path in the risk schedule before mitigation  
Kritischer Weg im Risikoterminplan vor der Maßnahme

Credit/Quelle: Becker, Friedinger, Michal, Sander



**7** Critical path in the risk schedule after mitigation  
Kritischer Weg im Risikoterminplan nach der Maßnahme

Credit/Quelle: Becker, Friedinger, Michal, Sander

The completion date is set at 31 March 2027. This shows that the expected end date of 15 May 2027 is later than the target date. The total project cost as well as the respective duration for the TBM tunnelling in the south and north are shown in **Table 1**.

To ensure that the target date is met, a risk-mitigating measure is taken. The measure reduces the TBM South tunnelling duration by 50 days. This saves \$1.25 million in time-related cost (50 days x \$25,000) This is offset by costs of \$100,000 per day. Therefore, the cost of the risk mitigation measure is \$5,000,000. **Table 2** shows the impact on the time-related cost of the base cost, durations and total project cost.

	Time Related Cost	Duration	Direct Project Cost
TBM South Tube	\$ 25,000	500 Days	\$ 12,500,000
TBM north tube	\$ 25,000	450 Days	\$ 11,250,000
<b>Total:</b>			<b>\$ 23,750,000</b>

**Table 1** Overview of the base cost and time before mitigation  
Tabelle 1 Überblick über die Basiskosten und Dauer vor der Maßnahme

	Time Related Cost	Duration	Direct Project Cost
TBM South Tube	\$ 25,000	450 Days	\$ 11,250,000
TBM North Tube	\$ 25,000	450 Days	\$ 11,250,000
Mitigation (South Tube)	<b>\$ 100,000</b>	<b>50 Days</b>	<b>\$ 5,000,000</b>
<b>Total:</b>			<b>\$ 27,500,000</b>

**Table 2** Overview of the base cost and time after mitigation  
Tabelle 2 Überblick über Kosten und Dauer nach der Maßnahme

wenn das betreffende Risiko nicht eintritt. Risikobewältigungsmaßnahmen können darüber hinaus auch neue Risiken hervorbringen.

Aus dem Risikomanagementprozess – insbesondere der intensiven Analyse von Risiken, der quantitativen Analyse und der Möglichkeit zur Klassifizierung von Risiken – entstehen im Regelfall Grundlagen für Optimierungen oder – allgemeiner formuliert – die Grundlage für eine Maßnahmenplanung zum Umgang mit Risiken bzw. zur Risikobewältigung.

Ein wesentlicher Baustein bei der Risikobewältigung ist die Analyse der kritischen Wege. Durch die Simulation des Terminplans für den Basistunnel werden verschiedene kritische Wege visualisiert. **Bild 5** zeigt einen Ausschnitt der Auswertung der vier wesentlichen kritischen Wege. Jede Farbe entspricht einem kritischen Weg, Vorgänge mit mehr als einer Farbe liegen auf mehreren kritischen Wegen. Der Vorgang „Ausschreibung, Vergabe“ setzt sich beispielsweise aus allen vier Farben zusammen, d. h. dass er Teil aller vier kritischen Wege ist und somit in jedem Fall kritisch wird. Dies lässt sich daran ablesen, dass der Vorgangsbalken zu 100 % in Farbe dargestellt ist und keine grauen Anteile mehr enthält. Der kritische Weg im Beispielprojekt wird mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 15 % (rot + gelb) über die TBM-Vortriebe im Süden laufen [5].

Im Folgenden wird an einem einfachen Beispiel dargestellt, wie durch Maßnahmen der Verlauf von kritischen Wegen beeinflusst werden kann, so dass Zieltermine eingehalten werden können. Wie in **Bild 6** erkennbar, verläuft der kritische Weg über den Vortrieb TBM Süd, dessen Dauer auf 500 Tage festgesetzt ist. Außerdem ist die Zeit für den Vortrieb TBM Nord mit 450 Tagen prognostiziert. Die zeitgebundenen Kosten der Basiskosten

	Total Time	End Date	Direct Project Cost
Before Mitigation	500 Days	15.05.2027	\$ 23,750,000
After Mitigation	450 Days	26.03.2027	\$ 27,500,000

**Table 3** Comparison of cost and time before and after mitigation  
Tabelle 3 Vergleich der Kosten und Dauer vor und nach der Maßnahme

This measure enables the target date of the project to be met. The effect on the time and the measure (shown in yellow) can be seen in **Figure 7**.

The expected end date is 26 March 2027, and therefore the target date (27 March 2027) can probably be met. **Table 3** shows the comparison before and after the measure.

The example clearly shows the impact of risk-mitigating measures on the schedule and cost. The measure leads to a shorter project duration, which means that the target date can probably be met, but the time saving is associated with an increase in overall project cost. This emphasises the need to carefully weigh up the benefits and costs of such measures in order to achieve the respective objectives of the project.

## 4 Summary

The selection of suitable risk mitigation measures cannot be determined schematically according to a specific rule. Rather, it is a matter of analysing the individual risks and then selecting the most suitable mitigation measures. The tornado and bandwidth diagram as well as the Gantt schedule facilitate a visual representation and support the decision-making process in the search for suitable risk mitigation measures. The final decision on which measures to take is based on economic efficiency.

### REFERENCES/LITERATUR

- [1] S. C. Becker, C. P. Friedinger und P. Sander, "Risk Management and Contract Models in Tunnel Construction – Part 1: Basics of Risk Management", *tunnel* 1/2024, S. 22–27.
- [2] P. Sander, S. C. Becker, C. P. Friedinger und M. Spiegl, "Integral Consideration of Cost, Schedule, and Risks", *tunnel* 2/2024, S. 24–29.
- [3] G. Girmscheid und C. Motzko, *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [4] P. Sander, S. C. Becker, M. Lammers, K. Uphoff, R. Brodehl und A. van Drogenbroeck, "Digital Project Risk Twin – Application for the Construction of U5 East, Hamburg", *tunnel* 6/2021, S. 20–29.
- [5] P. Sander, „Risikomanagement bei Großprojekten im Tunnelbau“ in C. H. Beck Baurecht, *Handbuch Tiefbaurecht*, B. Fuchs et al., Hg., München: C.H. Beck, 2023, S. 691–715.

This publication is supported by dtec.bw – Centre for Digitalisation and Technology Research of the University of the Bundeswehr (DigiPeC – Digital Performance Contracting Competence Center).

für beide Vortriebe sind beispielhaft jeweils mit 25.000 \$ pro Tag festgelegt. Dadurch lassen sich die Gesamtkosten auf 27.500.000 \$ berechnen.

Das Fertigstellungsdatum ist mit dem 31.03.2027 fixiert. Dadurch zeigt sich, dass das voraussichtliche Enddatum am 15.05.2027 nach dem angestrebten Zieltermin liegt. Die Gesamtprojektkosten wie auch die jeweilige Dauer für den TBM-Vortrieb im Süden und im Norden sind in **Tabelle 1** dargestellt.

Um sicherzustellen, dass das Zieldatum eingehalten wird, wird eine risikomindernde Maßnahme ergriffen. Die Maßnahme reduziert die Vortriebsdauer TBM Süd um 50 Tage. Dies erspart 1,25 Millionen \$ an zeitgebundenen Kosten (50 Tage x 25.000 \$). Demgegenüber stehen Kosten von 100.000 \$ pro Tag früherer Fertigstellung. Damit betragen die Kosten für die Risikobewältigungsmaßnahme 5.000.000 \$.

**Tabelle 2** zeigt die Auswirkungen auf die zeitgebundenen Kosten der Basiskosten, Dauern und die Gesamtprojektkosten.

Durch diese Maßnahme kann das Zieldatum des Projektes eingehalten werden. Der Effekt auf die Zeit, sowie die Maßnahme (gelb dargestellt) sind in **Bild 7** erkennbar.

Das voraussichtliche Enddatum ist der 26.03.2027, und somit kann das Zieldatum (27.03.2027) voraussichtlich eingehalten werden. **Tabelle 3** zeigt die Gegenüberstellung vor und nach der Maßnahme.

Das Beispiel zeigt deutlich die Auswirkungen von risikomindernden Maßnahmen auf den Terminplan und die Kosten. Die Maßnahme führt zu einer Verkürzung der Projektdauer, wodurch das Zieldatum voraussichtlich eingehalten werden kann, jedoch ist die zeitliche Einsparung mit einer Steigerung der Gesamtprojektkosten verbunden. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer sorgfältigen Abwägung zwischen Nutzen und Kosten solcher Maßnahmen, um die jeweiligen Ziele des Projektes zu erreichen.

## 4 Zusammenfassung

Die Auswahl der passenden Risikobewältigungsmaßnahmen lässt sich nicht schematisch nach einer spezifischen Regel festlegen. Es handelt sich dabei vielmehr um eine individuelle Betrachtung der Einzelrisiken und eine anschließende Auswahl der am besten geeigneten Bewältigungsmaßnahmen. Das Tornado- und Bandbreiten-Diagramm sowie der Gantt-Terminplan erleichtern eine visuelle Darstellung und unterstützen die Entscheidungsfindung bei der Suche nach geeigneten Risikobewältigungsmaßnahmen. Bei der abschließenden Entscheidung, welche Maßnahmen ergriffen werden, steht die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund.

Diese Veröffentlichung wird durch dtec.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr gefördert (DigiPeC – Digital Performance Contracting Competence Center).

# GIPOTUNNËL

*Our technology. For you.*



*Scan me!*

[www.gipo.ch](http://www.gipo.ch)

**INNOVATIV  
TUNNELLING**