Referenzkonzept für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Tongestein

ERATO

Anlagenband

DBE TECHNOLOGY GmbH

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 4-1: Abschätzung Masse und Abmessungen für Container mit POLLUX-Behälter und heat spreader für Variante 2

Anlage 4-2: Abschätzung Masse und Abmessungen für Büchse mit Bentonit und heat spreader für Variante 3

Anlage 4-3: Abschätzung Masse und Abmessungen für Supercontainer mit POLLUX-Behälter, Bentonit und heat spreader für Variante 4

Anlage 4-4: Bewertung der Varianten für die Streckenlagerung von POLLUX-3

Anlage 4-5: Abschätzung Massen und Abmessungen für Supercontainer und Transferbehälter für Variante 1

Anlage 4-6: Abschätzung Massen und Abmessungen für Container und Transferbehälter für Variante 2

Anlage 4-7: Bewertung der Varianten für die Bohrlochlagerung von BSK3

Anlage 4-8: Grubengebäudezuschnitte für Streckenlagerung und Bohrlochlagerung Vergleich und Bewertung

Anlage 4-9: Ermittlung der mittleren Transportentfernungen für den Gebindetransport

Anlage 4-10: Abschätzung der Zeitaufwände für die Einlagerung

Anlage 4-11: Betriebsabläufe für die Einlagerung

Anlage 4-12: Abschätzung Massen und Abmessungen für Container und Transferbehälter für Variante 1 (HAW-Kokille mit Bentonit)

Anlage 4-13: Abschätzung Masse und Abmessungen für Transferbehälter für Variante 2 (HAW-Kokille)

Anlage 5-1: Betriebsabläufe für die Einlagerung und Wettermengenbedarf in den Einlagerungsfeldern für BSK3, HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C

Anlage 5-2: Ermittlung des aufzuhaldenden Haufwerkvolumens

Anlage 5-3: HAW-Endlager mit Tagesanlagen

Anlage 4-1: Abschätzung Masse und Abmessungen für Container mit POLLUX-Behälter und heat spreader für Variante 2

Basierend auf den technischen Daten für den im Rahmen des Vorhabens GEIST konzipierten POLLUX-3 werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des Containers für die Variante 2 ermittelt.

Technische Daten POLLUX-3:

- Masse POLLUX-3: m_P = 38 t
- Außendurchmesser POLLUX-3: D_P = 1,2 m
- Gesamtlänge POLLUX-3: L_P = 5,46 m

Masse und Abmessungen Container (C):

- Annahmen
  - Dicke Sandschicht: d_S = 0,2 m
  - Einbaudichte Sand: ρ_S = 1,8 t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder: d_{St} = 0,03 m
  - Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
  - Außendurchmesser C: D_C = 1,66 m
  - Gesamtlänge C: L_{Cges} = 5,92 m

- Volumen Sandschicht: $V_S = \pi/4\ (1{,}6^2 - 1{,}2^2) \times 5{,}46 + 2 \times 0{,}2\ \pi/4 \times 1{,}6^2$
  V_S = 5,6 m³
- Masse Sandschicht: m_S = 5,6 x 1,8 = 10,1 t

- Volumen Stahlblechzylinder: $V_{St} = 0{,}03\ (\pi\ 1{,}63 \times 5{,}92 + 2\ \pi/4 \times 1{,}66^2) = 1{,}04$ m³
- Masse Stahlblechzylinder: m_{St} = 1,04 x 7,8 = 8,1 t

Gesamtmasse Container: m_G = 56,2 t

Anlage 4-2: Abschätzung Masse und Abmessungen für Büchse mit Bentonit und heat spreader für Variante 3

Basierend auf den technischen Daten für den im Rahmen des Vorhabens GEIST konzipierten POLLUX-3 werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen der Büchse für die Variante 3 ermittelt.

Technische Daten POLLUX-3:

- Außendurchmesser POLLUX-3: $D_P = 1{,}2$ m
- Gesamtlänge POLLUX-3: $L_P = 5{,}46$ m

<u>Masse und Abmessungen Büchse (B):</u>

- Annahmen
  - Dicke Sandschicht: $d_S = 0{,}2$ m
  - Einbaudichte Sand: $\rho_S = 1{,}8$ t/m³
  - Dicke Bentonit: $d_B = 0{,}3$ m
  - Einbaudichte Bentonit: $\rho_B = 2{,}0$ t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder innen: $d_{Sti} = 0{,}01$ m
  - Innendurchmesser B: $D_{Bi} = 1{,}22$ m
  - Dicke Stahlblechzylinder außen: $d_{Sta} = 0{,}02$ m
  - Außendurchmesser B: $D_{Ba} = 2{,}28$ m
  - Dicke Deckel B: $d_{Std} = 0{,}02$ m
  - Dichte Stahl: $\rho_{St} = 7{,}8$ t/m³
  - Gesamtlänge B: $L_{Bges} = 6{,}52$ m

- Volumen Sandschicht: $V_S = \pi/4\ (1{,}6^2 - 1{,}2^2) \times 5{,}46 + 2 \times 0{,}2\ \pi/4 \times 1{,}6^2$

  $V_S = 5{,}6$ m³
- Masse Sandschicht: $\underline{m_S = 5{,}6 \times 1{,}8 = 10{,}1\ t}$
- Volumen Bentonit: $V_B = \pi/4\ (2{,}24^2 - 1{,}64^2) \times 5{,}86 + 2 \times 0{,}3\ \pi/4 \times 2{,}24^2$

  $V_B = 13{,}1$ m³
- Masse Bentonit: $\underline{m_B = 13{,}1 \times 2 = 26{,}2\ t}$

- Volumen Stahlblechzylinder innen: $V_{Sti} = 0{,}01\ (\pi\ 1{,}21 \times 5{,}66 + 2\ \pi/4 \times 1{,}2^2)$

  $V_{Sti} = 0{,}24$ m³
- Volumen Stahlblechzylinder außen: $V_{Sta} = 0{,}02\ (\pi\ 2{,}26 \times 6{,}48 + 2\ \pi/4 \times 2{,}28^2)$

  $V_{Sta} = 1{,}1$ m³
- Masse Stahlblech: $\underline{m_{Sta} = (0{,}24 + 1{,}1) \times 7{,}8 = 10{,}4\ t}$

<u>Gesamtmasse Büchse: $m_G = 10{,}1 + 26{,}2 + 10{,}4 = 46{,}7$ t</u>

Anlage 4-3: Abschätzung Masse und Abmessungen für Supercontainer mit POLLUX-Behälter, Bentonit und heat spreader für Variante 4

Basierend auf den technischen Daten für den im Rahmen des Vorhabens GEIST konzipierten POLLUX-3 werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des Supercontainers für die Variante 4 ermittelt.

Technische Daten POLLUX-3:

- Masse POLLUX-3: m_P = 38 t
- Außendurchmesser POLLUX-3: D_P = 1,2 m
- Gesamtlänge POLLUX-3: L_P = 5,46 m

Masse und Abmessungen Supercontainer (SC):

- Annahmen
  - Dicke Sandschicht: d_S = 0,2 m
  - Einbaudichte Sand: ρ_S = 1,8 t/m³
  - Dicke Bentonit: d_B = 0,3 m
  - Einbaudichte Bentonit: ρ_B = 2,0 t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder: d_{St} = 0,03 m
  - Außendurchmesser SC: D_{SC} = 2,26 m
  - Dicke Deckel SC: d_{SC} = 0,03 m
  - Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
  - Gesamtlänge SC: L_{Bges} = 6,52 m

- Volumen Sandschicht: $V_S = \pi/4\ (1{,}6^2 - 1{,}2^2) \times 5{,}46 + 2 \times 0{,}2\ \pi/4 \times 1{,}6^2$
  $V_S = 5{,}6\ m^3$
- Masse Sandschicht: $m_S = 5{,}6 \times 1{,}8 = 10{,}1$ t
- Volumen Bentonit: $V_B = \pi/4\ (2{,}2^2 - 1{,}6^2) \times 5{,}86 + 2 \times 0{,}3\ \pi/4 \times 2{,}2^2$
  $V_B = 12{,}8\ m^3$
- Masse Bentonit: $m_B = 12{,}8 \times 2 = 25{,}6$ t

- Volumen Stahlblech: $V_{St} = 0{,}03\ (\pi\ 2{,}23 \times 6{,}46 + 2\ \pi/4 \times 2{,}26^2)$
  $V_{St} = 1{,}6\ m^3$
- Masse Stahlblech: $m_{Sta} = 1{,}6 \times 7{,}8 = 12{,}4$ t

Gesamtmasse Supercontainer: m_G = 38 + 10,1 + 25,6 + 12,4 = 86,1 t

Anlage 4-4: Bewertung der Varianten für die Streckenlagerung von POLLUX-3

Die Bewertung der verschiedenen Varianten erfolgt unter Zugrundelegung des Erfüllungsgrades nachstehender Anforderungen.

- Geringe Abmessungen (Streckenquerschnitte) ermöglichen
- Hohen Einlagerungsfortschritt ermöglichen
- Geringe Offenstandszeiten der Einlagerungsstrecken ermöglichen
- Geringe Gewichte der Einzelkomponenten ermöglichen
- Geringer zusätzlicher Stahlaufwand
- Hohe Betriebssicherheit bzw. geringe Störanfälligkeit ermöglichen
- Geringe Strahlenbelastung bei Störungsbeseitigung ermöglichen

Dabei wird ein Punktesystem verwendet, bei dem 4 Punkte einem praktisch nicht erreichbarem Ideal (z. B. Streckenquerschnitt 0 m²) und 1 Punkt der jeweils schlechtesten Variante zugeordnet werden. Bei Anforderungen, bei denen sich der Erfüllungsgrad rechnerisch nicht ermitteln lässt, wird eine Abschätzung vorgenommen.
Bewertung: Punkte = $4 - 3 \times m_x/m_{max}$

Geringe Abmessungen/Streckenquerschnitte ermöglichen

Die Größe des erforderlichen Streckenquerschnittes bestimmt den für die Auffahrung, den Ausbau sowie später für das Versatzeinbringen zu treibenden Aufwand, was insbesondere für die Einlagerungsstrecken mit einer großen Gesamtlänge von Bedeutung ist. Bei den Einlagerungsstrecken resultiert der Streckenquerschnitt aus den Abmessungen der Einlagerungsvorrichtung (Hubportal) bzw. Hebezeugen für andere Aufgaben. Bewertet werden hier die variantenspezifischen Streckenquerschnitte in den Einlagerungsstrecken.

Bei Variante 4/3 wechseln die Streckenquerschnitte. Es wird für die davon ausgegangen, dass der streckenaxiale Abstand der Einlagerungsorte denen der anderen entspricht und ca. 20 m beträgt, von denen jeweils 10 m auf den großen und den kleinen Querschnitt entfallen. Für den Streckenabschnitt zwischen den Einlagerungsorten wird für den Einsatz einer schweren Teilschnittmaschine ein lichter Querschnitt von 30 bis 35 m² zugrunde gelegt.

Für die Varianten werden folgende lichte Querschnitte in den Einlagerungsstrecken benötigt:
Variante 1: A_L = 22 m² bis 24 m²
Variante 2: A_L = 22 m² bis 24 m²
Variante 3: A_L = 23 m² (Übergabestelle am Streckenanfang: 30 m²)
Variante 4/1: A_L = 21 m² (Übergabestelle am Streckenanfang: 30 m²)
Variante 4/2: A_L = 14 m² (Übergabestelle am Streckenanfang: 30 m²)
Variante 4/3: A_L = 49 m² (Mittelwert); [A_L = 65 m² (Einlagerungsorte), A_L = 32,5 m² (Streckenabschnitte zwischen Einlagerungsorten)]

Ohne Berücksichtigung des kurzen Abschnitts für eine ggf. erforderliche Übergabestelle zeigt die Gegenüberstellung, dass die Streckenquerschnitte für die Varianten 1, 2, 3 und 4/1 ähnlich und deutlich größer sind als bei Variante 4/2. Damit verbunden vergrößert sich

entsprechend das Auffahrvolumen, dass zwischengebunkert bzw. über Tage aufgehaldet und später als Versatzmaterial wieder eingebracht werden muss.

Variante 4/3 schneidet mit einem Mittelwert von fast 50 m² am schlechtesten ab. Im Hinblick auf einen gebirgsschonenden maschinellen Vortrieb im Vollausbruch mit einer Teilschnittmaschine stellen Querschnitte in der Größenordnung von 50 m² bis 60 m² etwa den Grenzbereich dar. Darüber hinaus werden Strecken im aufwändigeren Teilausbruchverfahren, z. B. durch Vortrieb einer vorlaufenden Kalotte mit nachträglichem Hereingewinnen der Strosse, hergestellt. Jedoch kann hier von einer Halbierung der Anzahl der erforderlichen Einlagerungsstrecken ausgegangen werden, da bei Variante 4/3 2 Gebinde je Einlagerungsort eingelagert werden, d. h., rechnerisch reduziert sich der Streckenquerschnitt um die Hälfte auf den gebindespezifischen Wert von 24,5 m². Um dem Rechnung zu tragen, werden in der Bewertung sowohl die erforderlichen Streckenquerschnitte als auch die implizit in den Streckenquerschnitten enthaltenen gebindespezifischen Auffahrvolumina jeweils mit 50 % Anteil berücksichtigt:

$P = (4\text{-}3*A/49 + 4\text{-}3*A_{geb.\text{-}spez.}/24{,}5)*0{,}5$

Zusammenfassende Bewertung Abmessungen/Streckenquerschnitte:

Variante 1: 1,9 Punkte
Variante 2: 1,9 Punkte
Variante 3: 1,9 Punkte
Variante 4/1: 2,1 Punkte
Variante 4/2: 2,7 Punkte
Variante 4/3: 1 Punkt

Hohen Einlagerungsfortschritt ermöglichen

Die Einlagerungsstrecken werden zur möglichen räumlichen Entzerrung von Arbeitsvorgängen im Überwachungsbereich soweit wie möglich für die Einlagerung hergerichtet und anschließend an den Kontrollbereich übergeben. Im Kontrollbereich erfolgt dann im Wesentlichen nur noch die rückbauartige Einlagerung der Gebinde und das Versetzen der Strecke. Ein hoher Einlagerungsfortschritt führt bei vorgegebener Anzahl pro Zeiteinheit einzulagernder Gebinde zu einer geringen Anzahl parallel zu betreibender Einlagerungsstrecken bzw. Einlagerungsbetriebspunkte und damit zu Vorteilen hinsichtlich Belegschaftsstärke, erforderlicher Betriebsmittel und Bewetterung. Bewertet werden hier die Zeitaufwände für die im Rahmen eines Einlagerungszyklus durchzuführenden und hintereinander geschalteten Arbeitsvorgänge. Das abschnittsweise Versetzen wird nicht betrachtet, da es einerseits schon in der Bewertung „Geringe Streckenquerschnitte ermöglichen“ enthalten ist und andererseits bei Variante 4/3 nicht notwendigerweise im Wechsel mit der Einlagerung stattfinden muss.

Im Hinblick auf einen einfachen, unkomplizierten Betriebsablauf vorort besteht die Idealvariante darin, nach Vorbereitung der Streckensohle das komplette, mit Bentonitummantelung und heat spreader ausgestattete Endlagergebinde in die Einlagerungsstrecke zu transportieren und am vorgesehener Absetzposition abzulegen und im Nachgang den sich aus thermomechanischen Berechnungen ergebenden entsprechenden Streckenabschnitt zwi-

schen dem zuvor eingebrachten und dem zuletzt eingebrachten Endlagergebinde zu versetzen.

Zum Vergleich der Varianten werden die Zeitaufwände für die Vorbereitung der Ablageposition und die Einlagerung grob kalkuliert. Dazu gehört auch das Rauben der in den Einlagerungsstrecken verlegten Gleise. Bei den Varianten 1, 2, 4/1, 4/2 und 4/3 ist entweder ein normalspuriges oder ein Gleis mit einer Spurweite von 3 m bis 3,5 m vorgesehen. Bei Variante 3 ist beides erforderlich. Die Zeitaufwände für das abschnittsweise Versetzen der Einlagerungsstrecken werden nicht berücksichtigt, da sie bereits in der Bewertung der Streckenquerschnitte enthalten sind.

Die der Bewertung zugrunde gelegten Arbeitsvorgänge und Zeitaufwände für die Einlagerung der Gebinde sind:

<u>Variante 1</u>

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (20 m/AT; 2 Sch/AT)
  Zeitaufwand: 2 Schichten
- Vorbereitung Streckensohle im Bereich der Absetzposition für die Aufnahme des Bentonitauflagers:
  - Ausfräsen eines Kanals mit Abmessungen entsprechend Bentonitauflager mit Sohlenfräse
  - Einbau Sauberkeits-/Ausgleichsschicht mit Lockermaterial (z. B. Bentonitgranulat) und Planieren

  Zeitaufwand: 4 Schichten
- Einbau Bentonitauflager sowie schachtabgewandte Bentonitstirnschalung:
  - Annahme insgesamt 6 Teile (5teiliges Auflager und Stirnschalung), Einbauleistung: 2 Teile je Schicht
  - Einsatz eines speziellen Gleislosfahrzeuges mit Manipulatorarm oder ggf. Verwendung des Hubportals für POLLUX, da in der Einlagerungsstrecke nur ein breitspuriges Gleis für die Einlagerungsvorrichtung für den POLLUX verlegt wird

  Zeitaufwand: 3 Schichten
- Aufbringen Sandschicht auf Auflager
  Zeitaufwand: 0,5 Schichten
- Einlagern POLLUX mit verfahrbarem Hubportal
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Einbau obere Bentonitschalen sowie schachtzugewandte Bentonitstirnschalung
  Annahmen:
  - insgesamt 6 Teile (5teilige Abdeckung und Stirnschalung), Einbauleistung: 2 Teile je Schicht
  - Einsatz eines speziellen Gleislosfahrzeuges mit Manipulatorarm

  Zeitaufwand: 3 Schichten
- Einbringen Sand in Ringraum und stirnseitige Hohlräume, Verschließen Öffnungen in Bentonitschale
  Zeitaufwand: 1 Schicht

<u>Gesamtzeitaufwand: 14,5 Schichten</u>

Variante 2

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (20 m/AT; 2 Sch/AT)
  Zeitaufwand: 2 Schichten
- Vorbereitung Streckensohle im Bereich der Absetzposition für die Aufnahme des Bentonitauflagers:
  - Ausfräsen eines Kanals mit Abmessungen entsprechend Bentonitauflager mit Sohlenfräse
  - Einbau Sauberkeits-/Ausgleichsschicht mit Lockermaterial (z. B. Bentonitgranulat) und Planieren

  Zeitaufwand: 4 Schichten
- Einbau Bentonitauflager sowie schachtabgewandte Bentonitstirnschalung:
  - Annahme insgesamt 6 Teile (5teiliges Auflager und Stirnschalung), Einbauleistung: 2 Teile je Schicht
  - Einsatz eines speziellen Gleislosfahrzeuges mit Manipulatorarm oder ggf. Verwendung des Hubportals für Container, da in der Einlagerungsstrecke nur ein breitspuriges Gleis für die Einlagerungsvorrichtung für den POLLUX verlegt wird

  Zeitaufwand: 3 Schichten
- Einlagern Container mit POLLUX und heat spreader mit Einlagerungsvorrichtung
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Einbau obere Bentonitschalen sowie schachtzugewandte Bentonitstirnschalung
  Annahmen:
  - insgesamt 6 Teile (5teilige Abdeckung und Stirnschalung), Einbauleistung: 2 Teile je Schicht
  - Einsatz eines speziellen Gleislosfahrzeuges mit Manipulatorarm

  Zeitaufwand: 3 Schichten

  Gesamtzeitaufwand: 13 Schichten

Variante 3

- Rauben 2 Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (13,3 m/AT; 2 Sch/AT; 50 % Zeitzuschlag)
  Zeitaufwand: 3 Schichten
- Vorbereitung Streckensohle im Bereich der Absetzposition für die Aufnahme der Büchse:
  - Begradigung Streckensohle
  - Aufbau eines Auflagers aus Formsteinen

  Zeitaufwand: 4 Schichten
- Auflegen Büchse auf Auflager mit Hubportal
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Einlagern POLLUX mit Einlagerungsmaschine mit Horizontalschubvorrichtung (nach Demontage der Tragzapfen)
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Verschließen Büchse mit Innendeckel, Betonitplatte und Außendeckel mit speziellem Gleislosfahrzeuges mit Manipulatorarm
  Zeitaufwand: 1 Schicht

  Gesamtzeitaufwand: 10 Schichten

Variante 4 - Untervariante 4/1

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (20 m/AT; 2 Sch/AT)
  Zeitaufwand: 2 Schichten
- Vorbereitung Streckensohle im Bereich der Absetzposition für die Aufnahme des Supercontainers mit POLLUX, Bentonit und Sand:
  - Ausfräsen einer Mulde mit Abmessungen entsprechend Supercontainer mit Sohlenfräse
  - Einbau einer muldenförmigen Schüttung aus Lockermaterial (z. B. Bentonitgranulat) zur Bettung des Supercontainers

  Zeitaufwand: 4 Schichten
- Einlagern Supercontainer mit Einlagerungsvorrichtung
  Zeitaufwand: 1 Schicht

Gesamtzeitaufwand: 7 Schichten

Variante 4 - Untervariante 4/2

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (20 m/AT; 2 Sch/AT)
  Zeitaufwand: 2 Schichten
- Einlagern Supercontainer auf verlorenem Einlagerungswagen mit Lok
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Zusätzlicher Transport und Rangieraufwand aufgrund nicht vorhandener Kurvengängigkeit des Einlagerungswagen und daher notwendigem Antransport des Einlagerungswagens auf einem Plateauwagen und Abstellen auf das Gleis in der Einlagerungsstrecke
  Zeitaufwand: 1 Schicht

Gesamtzeitaufwand: 4 Schichten

Variante 4 - Untervariante 4/3

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Position der Drehbühne (20 m/AT; 2 Sch/AT); 2 Schichten für 2 Supercontainer)
  Zeitaufwand: 1 Schicht (1 Supercontainer)
- Einlagern Supercontainer mit Einlagerungsfahrzeug
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Verschließen Bohrloch zwischen Supercontainer und Bohrlochmund (2 Schichten für 2 Supercontainer, z. B. Hereinschieben eines mehrteiligen Pfropfens aus kompaktierten Bentonitzylindern)
  Zeitaufwand: 1 Schicht (1 Supercontainer)
- Umsetzen Drehbühne zum nächsten Einlagerungsort (1 Schicht für 2 Supercontainer)
  Zeitaufwand: 0,5 Schichten (1 Supercontainer)

Gesamtzeitaufwand: 3,5 Schichten

Zusammenfassende Bewertung Einlagerungsfortschritt:
Variante 1: 1 Punkt
Variante 2: 1,3 Punkte
Variante 3: 1,9 Punkte
Variante 4/1: 1,4 Punkte
Variante 4/2: 3,2 Punkte
Variante 4/3: 3,3 Punkte

Geringe Offenstandszeiten der Einlagerungsstrecken ermöglichen

Im Hinblick auf die im Vergleich zu anderen Wirtsgesteinsformationen (Salz, Granit) schwierigen gebirgsmechanischen Verhältnisse sind die Strecken auszubauen. Die Bemessung des Ausbaus richtet sich nach der erforderlichen Standzeit der Strecke sowie nach der zulässigen Konvergenz. Bei Ausbau ohne Sohlenschluss ist bei geringeren Offenstandszeiten eine geringere Sohlenhebung zu erwarten, was im Hinblick auf den gleisgebundenen Transport im Kontrollbereich von Vorteil ist. Bewertet wird hier der Zeitraum zwischen dem Beginn der Auffahrung bis einschließlich Versetzen der Einlagerungsstrecke.

Die Offenstandszeiten werden für den Streckenanfang (Streckenabzweig) einer 400 m langen Einlagerungsstrecke ermittelt, d. h., sie umfassen den Zeitraum zwischen Beginn der Streckenauffahrung und dem Ende der Versatzmaßnahmen. Das Einbringen eines Verschlusses als geotechnische Barriere wird nicht berücksichtigt. Für die Abschätzung werden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Anzahl Schichten pro Tag im ÜB (außer Vortrieb) 3 Sch/Tag
- (Vortrieb: 4/3 Belegung mit Vorortablösung, davon 1 Wartungsschicht)
- Anzahl Schichten pro Tag im KB 2 Sch/Tag
- Anzahl Arbeitstage pro Woche 5 AT/Wo
- Anzahl Arbeitstage pro Jahr 250 AT/a
- Vortriebsschichten pro Arbeitstag 3 Sch/AT
- Wartungsschichten TSM pro Arbeitstag 1 Sch/AT
- Zeitaufwand Umzug TSM 20 AT
- Länge Einlagerungsstrecke 400 m
- Arbeitszeit vor Ort 6 h/Sch
- Gebindeabstand, streckenaxial 20,5 m
- Gebinde/Strecke Varianten 1, 2, 3, 4/1, 4/2 17 Stück/Str.
- Gebinde/Strecke Variante 4/3 34 Stück/Str.
- Anzahl Bohrlöcher u. Außenliner Variante 4/3 34 Stück/Str.
- Zeitaufwand Herst. Bohrl. u. Einb. Außenliner Variante 4/3 10 AT
- Anzahl Bohrmaschinen zeitlich parallel in Einlagerungsstrecke im Einsatz Variante 4/3 2 TBM/Str.
- Anzahl Fundamente für Drehbühne Variante 4/3 17 Stück/Str.
- Zeitaufwand Herst. Fundamente Drehbühne Variante 4/3 3 AT
- Leistung Gleisverlegung Varianten 1, 2, 4/1, 4/2, 4/3 5 m/AT

- Leistung Gleisverlegung Variante 3 (2 Gleise: 50% höherer Zeitaufwand) 3,3 m/AT
- Leistung Rauben Gleise Varianten 1, 2, 4/1, 4/2, 4/3 20 m/AT
- Leistung Rauben Gleise Variante 3 (2 Gleise: 50% höherer Zeitaufwand) 13,3 m/AT
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 1 12,5 Sch/Gebinde
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 2 11 Sch/Gebinde
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 3 7 Sch/Gebinde
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 4/1 5 Sch/Gebinde
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 4/2 2 Sch/Gebinde
- Zeitaufwand Vorbereitung Einlagerungsort u. Einlagerung Variante 4/3 3,5 Sch/Gebinde
- Leistung Versetzen 200 m³/AT

Bei der Ermittlung der Vortriebsleistung in Abhängigkeit vom lichten Streckenquerschnitt wird von schneidendem Lösen des Gesteins mit einer TSM und Anker-Spritzbeton-Verbundausbau ausgegangen. Die in Abhängigkeit des lichten Streckenquerschnittes erzielbaren Vortriebsgeschwindigkeiten sind in Abbildung 1 dargestellt.

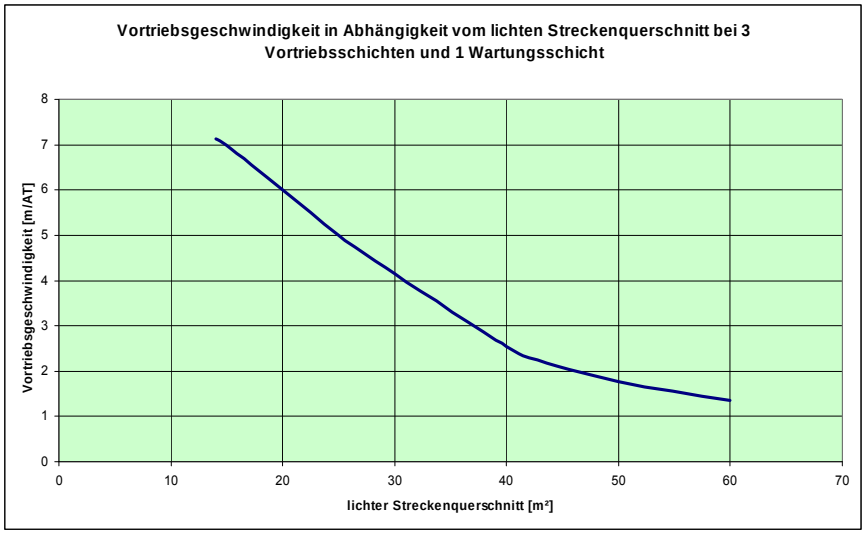


Abbildung 1: Vortriebsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom lichten Streckenquerschnitt

Damit ergeben sich die minimalen Offenstandszeiten für die Einlagerungsstrecken wie folgt – Tabelle 1:

Tabelle 1: Minimale Offenstandszeiten für die Einlagerungsstrecken

	minimale Offenstandszeit Einlagerungsstrecke
	a
Variante 1	1,4
Variante 2	1,4
Variante 3	1,4
Variante 4/1	1,1
Variante 4/2	0,9
Variante 4/3	2,8

Zusammenfassende Bewertung Offenstandszeiten:
Variante 1: 2,5 Punkte
Variante 2: 2,6 Punkte
Variante 3: 2,5 Punkte
Variante 4/1: 2,8 Punkte
Variante 4/2: 3,0 Punkte
Variante 4/3: 1 Punkt

Geringe Gewichte der Einzelkomponenten ermöglichen

Die Gewichte der Einzelkomponenten beeinflussen deren Handhabbarkeit und bestimmen den erforderlichen technischen Aufwand für Handhabungseinrichtungen (Schachtförderanlage, gleisgebundene Transporteinrichtungen sowie für Einlagerungsvorrichtungen oder sonstige Hebezeuge). Dabei sind nicht nur die Gebinde für sich zu betrachten, sondern auch die variantenspezifisch jeweils schwersten gebildeten Transporteinheiten. Darin eingeschlossen sind auch die erforderlichen regelmäßigen Umsetzvorgänge (Umzüge) für die Einlagerungsvorrichtungen in die nächst folgende Einlagerungsstrecke.

Bewertet werden die variantenspezifischen schwersten Transporteinheiten, die sich auf dem Weg von über Tage durch den Schacht bis zur Umschlagstelle in der Einlagerungsstrecke und von dieser bis zum Einlagerungsort in der Einlagerungsstrecke ergeben, sowie die größten Transporteinheiten für Umsetzvorgänge der Einlagerungsvorrichtungen oder anderer Komponenten zur nachfolgenden Einlagerungsstrecke – Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4.

Im Hinblick auf den gleisgebundenen Transport ist zusätzlich die Masse des zum Transport des Gebindes erforderlichen Plateauwagens zu berücksichtigen, dessen Masse pauschal mit 10 t angesetzt wird. Dieser Wert wird auch für den Plateauwagen für das Umsetzen der Hubportale angenommen, die an Übergabestellen am Anfang der Einlagerungsstrecken positioniert sind.

Tabelle 2: Schachttransport sowie Transporte in Richtstrecken, Querschlägen und Einlagerungsstrecken bis Umschlagstelle für Gebinde

	Transporteinheit	Einzelmassen	Gesamtmasse	Bewertung
Variante 1	PW + POLLUX	10 t + 38 t	48 t	2,5 Punkte
Variante 2	PW + Container	10 t + 56 t	66 t	2 Punkte
Variante 3	PW + Büchse	10 t + 47 t	57 t	2,2 Punkte
Variante 4/1	PW + Supercontainer	10 t + 86 t	96 t[1)]	1 Punkt
Variante 4/2	PW + Supercontainer	10 t + 86 t	96 t[1)]	1 Punkt
Variante 4/3	PW + Supercontainer	10 t + 86 t	96 t[1)]	1 Punkt

1) : Schachttransport: alternativ Montage Supercontainer unter Tage (10 t + 38 t = 48 t)

Tabelle 3: Transporte in Einlagerungsstrecken ab Umschlagstelle

	Transporteinheit	Einzelmassen	Gesamtmasse	Bewertung
Variante 1	Hubportal (selbstverfahrbar) + POLLUX	25 t + 38 t	63 t (Breitspur)	2,7 Punkte
Variante 2	Hubportal (selbstverfahrbar) + Container	40 t + 56 t	96 t (Breitspur)	2 Punkte
Variante 3	Hubportal (selbstverfahrbar) + Büchse	30 t + 47 t	77 t (Breitspur)	1,2 Punkte [1)]
	Einlagerungsmaschine + POLLUX	20 t + 38 t	58 t (Normalspur)	
Variante 4/1	Hubportal (selbstverfahrbar) + Supercontainer	60 t + 86 t	146 t (Breitspur)	1 Punkt
Variante 4/2	Einlagerungswagen + Supercontainer	5 t + 86 t	91 t (Normalspur)	2,1 Punkte
Variante 4/3	Einlagerungsfahrzeug + Supercontainer	20 t + 86 t	106 t (Normalspur)	1,8 Punkte

1): Das Erfordernis, zwei Gleissysteme in der Einlagerungsstrecken zu verlegen, wird so behandelt, dass die Massen der Transporteinheiten zusammengefasst werden und nur ein Gleis angesetzt wird

Tabelle 4: Umsetzen Hubportale (Transporte in Richtstrecken, Querschlägen und Einlagerungsstrecken bis Umschlagstelle)

	Transporteinheit	Einzelmassen	Gesamtmasse	Bewertung
Variante 1	PW + Hubportal (POL-LUX)	10 t + 25 t	35 t (Normalspur)	2,5 Punkte
Variante 2	PW + Hubportal (Container)	10 t + 40 t	50 t (Normalspur)	1,8 Punkte
Variante 3	PW + Hubportal (Bü-chse)	10 t + 30 t	40 t (Normalspur)	2,3 Punkte
Variante 4/1	PW + Hubportal (Super-container)	10 t + 60 t	70 t (Normalspur)	1 Punkt
Variante 4/2	PW + Hubportal (Super-container)	10 t + 40 t	50 t (Normalspur)	1,8 Punkte
Variante 4/3	PW + Hubportal (Super-container)	10 t + 40 t	50 t (Normalspur)	1,8 Punkte

Das Umsetzen der Hubportale erfolgt bei sämtlichen Varianten mit Hilfe einer Batterielok und einem Plateauwagen. Dazu wird der Plateauwagen unter das Hubportal gefahren und dieses soweit abgesenkt bis es auf dem Plateauwagen aufliegt.

Zusammenfassende Bewertung Gewichte:
Variante 1: (2,5 + 2,7 +2,5)/3 = 2,6 Punkte
Variante 2: (2 + 2 + 1,8)/3 = 1,9 Punkte
Variante 3: (2,2 + 1,2 + 2,3)/3 = 1,9 Punkte
Variante 4/1: (1 + 1 + 1)/3 = 1 Punkt
Variante 4/2: (1 + 2,1 + 1,8)/3 = 1,6 Punkte
Variante 4/3: (1 + 1,8 + 1,8)/3 = 1,5 Punkte

Geringer zusätzlicher Stahlaufwand

Infolge möglicher Wasserstofffreisetzung infolge Korrosion soll der Stahlaufwand insgesamt gering gehalten werden. Vorbehaltlich einer genauen Bewertung der Relevanz im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse wird hier der variantenspezifische zusätzliche Stahlaufwand neben dem eigentlichen Gebinde (POLLUX-3) bewertet.

Der zusätzliche Stahlaufwand ergibt sich aus dem Stahlaufwand für den Ausbau, für die Gebinde (Container, Büchse und Supercontainer) sowie für im Bereich der Absetzposition des Gebindes nicht raubbare Gleise, Einlagerungswagen und Außenliner. Für die Gebinde wird ein streckenaxialer Mittenabstand von 20,5 m zugrunde gelegt.

Hinsichtlich des Streckenausbaus für die kurzlebigen Einlagerungsstrecken ist nach [IfB 2008a] ein Anker-Spritzbeton-Verbundausbau ausreichend. Als Ankerwerkstoff kommen Stahl oder Kunststoff in Frage. Im Rahmen dieser Betrachtung werden Stahlanker unterstellt, wobei für alle Varianten von folgenden vereinfachenden Annahmen ausgegangen wird:

- Ankerdichte 1 Anker/m²
- Ankermasse 10 kg/Anker

Variante 1
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,12 t/$m_{Strecke}$

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 2,5 t/POLLUX

Variante 2
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,12 t/$m_{Strecke}$
Stahlaufwand für Container: 8,1 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 10,6 t/POLLUX

Variante 3
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,12 t/$m_{Strecke}$
Stahlaufwand für Büchse:10,4 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 12,9 t/POLLUX

Variante 4/1
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,115 t/$m_{Strecke}$
Stahlaufwand für Supercontainer: 12,4 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 14,7 t/POLLUX

Variante 4/2
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,1 t/$m_{Strecke}$
Stahlaufwand für Supercontainer: 12,4 t
Stahlaufwand für Gleis unterhalb Supercontainer: 1 t
Stahlaufwand für Einlagerungswagen: 5 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 20,5 t/POLLUX

Variante 4/3
Spezifischer Stahlaufwand für Ankerausbau: 0,18 t/$m_{Strecke}$
Stahlaufwand für Supercontainer: 12,4 t
Stahlaufwand für Außenliner pro Gebinde (Länge 10 m, Durchmesser 2,3 m, Wandstärke 0,015 m): 8,5 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: 22,7 t/POLLUX

Zusammenfassende Bewertung Stahlaufwand pro Gebinde:
Variante 1: 3,7 Punkte
Variante 2: 2,6 Punkte
Variante 3: 2,3 Punkte
Variante 4/1: 2,1 Punkte
Variante 4/2: 1,3 Punkte
Variante 4/3: 1 Punkt

Hohe Betriebssicherheit bzw. geringe Störanfälligkeit ermöglichen
Ein einfacher, aus wenigen Teilarbeitsvorgängen (Handhabungsvorgängen) bestehender Betriebsablauf vorort im Einlagerungsbereich ist im Hinblick auf Störanfälligkeit und daraus resultierenden Unterbrechungen der Einlagerung günstiger zu beurteilen als ein komplexer. Hinzu kommt die Anzahl erforderlicher maschineller Betriebsmittel und deren Aufgabenumfang bzw. die Anzahl aller mechanischen Antriebe, die zur Erfüllung der Aufgabe Transport und Einlagern eines Gebindes in der Einlagerungsstrecke erforderlich sind. Bewertet wird die variantenspezifische Betriebsmittelkonzentration in der Einlagerungsstrecke sowie der Umfang der erforderlichen Handhabungsvorgänge.

Eine Einschätzung des Auftretens von Betriebsstörungen durch Ausfall oder Versagen von Komponenten kann in diesem Planungsstadium nur qualitativ dadurch erfolgen, dass die Anzahl der vorort erforderlichen Betriebsmittel für die Varianten und die insgesamt erforderlichen Funktionen bzw. durchzuführenden Aufgaben gegenübergestellt werden, wobei nur diejenigen betrachtet werden, die im Rahmen der Einlagerung erforderlich sind, bzw. deren Ausfall unmittelbar zur Unterbrechung des Einlagerungsbetriebes führen würde. Maschinelle Betriebsmittel, die zur Vorbereitung der Einlagerungsstrecke (vor Übergabe der Einlagerungsstrecke an den Kontrollbereich) dienen sowie zentrale Einrichtungen wie Schachtfördereinrichtung oder Betriebsmittel für den Transport der Gebinde vom Schacht zur Einlagerungsstrecke (Batterielok und Plateauwagen) u. a., die für sämtliche Varianten gleich sind, werden nicht betrachtet.

Verwendete Betriebsmittel in der Einlagerungsstrecke und Aufgaben:

Variante 1:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise
- Sohlenfräse für Vorbereitung Streckensohle (Auflager)
- Fahrzeug mit Manipulatorarm oder selbstverfahrbares Hubportal zum Einbau Auflager und Ummantelung aus Bentonit
- Fahrzeug mit Vorrichtung zum Einbringen heat spreader (Sand)
- selbstverfahrbares Hubportal zum Einlagern POLLUX
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Variante 2:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise
- Sohlenfräse für Vorbereitung Streckensohle (Auflager)
- Fahrzeug mit Manipulatorarm oder selbstverfahrbares Hubportal zum Einbau Auflager und Ummantelung aus Bentonit
- selbstverfahrbares Hubportal zum Einlagern Container (POLLUX mit heat spreader)
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Variante 3:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise
- Sohlenfräse für Vorbereitung Streckensohle (Auflager)

- Fahrzeug mit Manipulatorarm oder selbstverfahrbares Hubportal zum Einbau Auflager für Büchse (Bentonit und heat spreader)
- selbstverfahrbares Hubportal zur Übernahme der Büchse vom Plateauwagen und zum Ablegen der Büchse auf dem Auflager
- ortsfestes Hubportal zur Umschlag POLLUX von Plateauwagen auf Einlagerungsmaschine
- verfahrbare Einlagerungsmaschine (mit Batterielok oder selbstverfahrbar) mit Horizontalschubeinrichtung zum Einschieben POLLUX in Büchse
- Fahrzeug mit Manipulatorarm zum Verschließen Büchse
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Variante 4/1:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise
- Sohlenfräse für Vorbereitung Streckensohle (Mulde)
- selbstverfahrbares Hubportal zum Einlagern Supercontainer (POLLUX, Bentonit und heat spreader)
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Variante 4/2:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise (zwischen den Ablage- bzw. Abstellpositionen der Supercontainer)
- ortsfestes Hubportal zum Umschlag Supercontainer (POLLUX, Bentonit und heat spreader) von Plateauwagen auf Einlagerungswagen
- Batterielok für den Transport des Einlagerungswagens zum Abstellort
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Variante 4/3:
- Fahrzeug mit Raubmanipulator zum Rauben Gleise (zwischen den Drehbühnenfundamenten)
- Fahrzeug zum Umsetzen der Drehbühne
- ortsfestes Hubportal zum Umschlag Supercontainer (POLLUX, Bentonit und heat spreader) von Plateauwagen auf verfahrbare Einlagerungsvorrichtung mit Horizontalschubeinrichtung
- Batterielok für den Transport der Einlagerungsvorrichtung in Einlagerungsstrecke
- Drehbühne mit Luftkissen und Drehantrieb zur Positionierung des Supercontainers auf der Einlagerungsvorrichtung vor dem Bohrloch
- Betriebsmittel zum Einbringen von Versatz
- sonstige Betriebsmittel (Transportfahrzeuge u. a.)

Sämtliche maschinellen Betriebsmittel können durch Ausfall zur Unterbrechung der Einlagerung führen, da die verschiedenen Arbeitsvorgänge zeitlich hintereinander geschaltet sind. Hinzu kommen noch vorgeschaltete Betriebsabläufe, wie z. B. Transporte (POLLUX, Container; Supercontainer, Bentonitschalen, heat spreader), Vormontage Container oder

Supercontainer und Umladevorgänge, die bei auftretenden Betriebsstörungen aber durch Einschaltung eines Zeitpuffers nicht zwangsläufig zur Unterbrechung der Einlagerung führen und daher hier nicht betrachtet werden.

Lässt man die Betriebsmittel zum Rauben der Gleise und Versatzeinbringen sowie für sonstige Aufgaben, wie z. B. für Längenanpassung der E-Versorgung und Bewetterung, ebenso außer Betracht, da sie sich nicht oder nur wenig voneinander unterscheiden, ergibt sich folgende Bewertung:

Variante 1 lässt durch große Anzahl von Teilarbeitsvorgängen mit drei unterschiedlichen Handhabungsvorrichtungen für den Transport und das Einbringen von POLLUX, Bentonitummantelung und heat spreader die höchste Störanfälligkeit erwarten. Dies gilt insbesondere auch im Hinblick auf die zahlreichen Positionierungsvorgänge für die aus Einzelteilen bestehende Bentonitummantelung.

Variante 2 hat dadurch, dass der heat spreader bereits integraler Bestandteil des Containers ist, geringfügige Vorteile gegenüber Variante 1.

Variante 3 zeichnet sich gegenüber den vorstehenden Varianten durch einen einfacheren Betriebsablauf vorort aus, erfordert jedoch für den Transport und das Einbringen von Büchse und POLLUX zwei verfahrbare Handhabungseinrichtungen (Hubportal und Einlagerungsmaschine), wobei das Hubportal mit einem eigenen Fahrantrieb ausgestattet sein muss, um einen reibungslosen Betriebsablauf zu gewährleisten. Demgegenüber kann die Einlagerungsmaschine auch mit der für den Antransport des Supercontainers auf dem Plateauwagen verwendeten Batterielok verfahren werden. Hinzu kommen ein ortsfestes Hubportal zum Umschlag des POLLUX vom Plateauwagen auf die Einlagerungsmaschine und eine Handhabungseinrichtung zum Verschließen der Büchse. Infolge der hohen Betriebsmittelkonzentration vorort wird Variante 3 hinsichtlich Störanfälligkeit insgesamt nicht besser eingeschätzt als Variante 2.

Variante 4/1 ist gekennzeichnet durch einen einfachen Betriebsablauf und erfordert neben einer Maschine zur Schaffung einer Mulde für die Lagestabilität des auf der Streckensohle abgelegten Supercontainers nur eine Handhabungsvorrichtung (Hubportal) für den Transport und das Einlagern des Supercontainers, die jedoch selbstverfahrbar sein muss. Im Vergleich zu den vorstehenden Varianten 1, 2 und 3 ergeben sich deutliche Vorteile.

Variante 4/2 ist ähnlich wie Variante 4/1 durch einen einfachen Betriebsablauf gekennzeichnet. Für die Einlagerung ist hier jedoch nur ein ortsfestes Hubportal ohne eigenen Fahrantrieb am Streckeneingang erforderlich, dass für das Absetzen des auf einem Plateauwagen angelieferten, nicht kurvengängigen Einlagerungswagens auf dem Gleis und für den Umschlag des Supercontainers vom Plateauwagen auf den Einlagerungswagen genutzt wird. Zum Transport zur vorgesehenen Einlagerungsposition kann die für den Antransport des Supercontainers auf dem Plateauwagen verwendete Batterielok eingesetzt werden. Eine Vorbereitung der Streckensohle mit Hilfe einer Sohlenfräse ist nicht erforderlich, da der Einlagerungswagen mit dem Supercontainer an der vorgesehenen Position nur abgestellt wird. Der gegenüber Variante 4/1 zusätzliche Handhabungsvorgang für die Übernahme und Ab-

setzen des Einlagerungswagens auf dem Gleis wird durch die einfachere Ausführung des ortsfesten Hubportals mehr als kompensiert. Insgesamt weist Variante 4/2 die meisten Vorteile auf.

Variante 4/3 erfordert für den Umschlag des auf einem Plateauwagen angelieferten Supercontainers auf die Einlagerungsvorrichtung ein ortsfestes Hubportal. Für den Transport der Einlagerungsvorrichtung mit dem Supercontainers in der Einlagerungsstrecke bis zur Drehbühne kann die Batterielok verwendet werden. Im Vergleich zu Variante 3 entfallen hier die Handhabungseinrichtung für die Herstellung des Auflagers für die Büchse und das selbstverfahrbare Hubportal zum Ablegen der Büchse auf dem Auflager. Dafür ist eine mit Luftkissentechnik und Drehantrieb ausgestattete Drehbühne zur Positionierung des Supercontainers vor dem Bohrloch sowie eine Handhabungseinrichtung zum Umsetzen der Drehbühne erforderlich. Unter Einbeziehung der hier im Gegensatz zu Variante 3 nicht erforderlichen Vorbereitung der Streckensohle ergeben sich für Variante 4/3 geringfügige Vorteile.

Zusammenfassende Bewertung Betriebssicherheit:
Variante 1: 1 Punkt
Variante 2: 1,5 Punkte
Variante 3: 1,5 Punkte
Variante 4/1: 2,5 Punkte
Variante 4/2: 3 Punkte
Variante 4/3: 2 Punkte

Geringe Strahlenbelastung bei Störungsbeseitigung ermöglichen

Die zusätzliche Strahlenbelastung für das Betriebspersonal ist abhängig von der Häufigkeit auftretender Störungen und der Zeit, die zur Beseitigung einer Störung erforderlich ist. Ein aus wenigen Handhabungsschritten bestehender Betriebsablauf für den Umschlag, den Transport und das Einlagern eines Gebindes ist in dieser Hinsicht vorteilhaft. Darüber hinaus ergeben sich Vorteile bei den Varianten, bei denen die Gebinde mit heat spreader und Bentonit in einem Overpack konditioniert sind. Durch die zusätzliche Abschirmwirkung wird bei gleicher Strahlenexposition ein längerer Aufenthalt im Nahfeld des Gebindes zur Beseitigung einer Störung ermöglicht.

Zur Bewertung der Varianten sind diejenigen Arbeitsvorgänge zu betrachten, bei denen es durch Ausfall von Komponenten zu einem zwingenden Aufenthalt des Betriebspersonals im Nahbereich des Gebindes und damit zu einer zusätzlichen Strahlenbelastung bei der Beseitigung der Störung kommen kann. Tabelle 5 zeigt zusammenfassend die zur Einlagerung erforderlichen Betriebsmittel.

Tabelle 5: Erforderliche Betriebsmittel für die Einlagerung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4/1	Variante 4/2	Variante 4/3
Umschlag/ Transport/ Einlagern Gebinde	Hubportal (verfahrbar)	Hubportal (verfahrbar)	Hubportal (ortsfest) zur Umladung auf Einlagerungsmaschine Lok mit Einlagerungsmaschine	Hubportal (verfahrbar)	Hubportal (ortsfest) Lok mit Einlagerungswagen	Hubportal (ortsfest) zur Umladung auf Einlagerungsvorrichtung Lok mit Einlagerungsvorrichtung Drehbühne
Einbau obere Bentonitschalen/ Stirnschalung	Manipulator/ Hubportal	Manipulator/ Hubportal	---	---	---	---
Einbringen Heat spreader	Manipulator	---	---	---	---	---
Einbau Deckel für Büchse	---	---	Manipulator	---	---	---

In Tabelle 5 ist ersichtlich, dass bei allen Varianten ein Hubportal erforderlich ist, das zur Übernahme des Gebindes Antriebseinrichtungen zum An- und Abschwenken der Traglaschen für das Andocken an das Gebinde sowie zur Höhenverstellung besitzen muss. Bei den Varianten 1, 2 und 4/1 sind die Hubportale zum Transport der Gebinde in den Einlagerungsstrecken zusätzlich mit Fahrwerken und Fahrantrieben ausgestattet, da auch das Ablegen der Gebinde an der Einlagerungsposition mit dem Hubportal vorgenommen wird. Bei den anderen Varianten wird das Gebinde auf der Einlagerungsmaschine (Variante 3), auf dem verlorenen Einlagerungswagen (Variante 4/2) oder auf der Einlagerungsvorrichtung (Variante 4/3) abgelegt und der Transport mit Hilfe einer Batterielok durchgeführt.

Bei der Variante 3 besitzt die Einlagerungsmaschine eine Horizontalschubeinrichtung, mit der das Gebinde in die Büchse geschoben wird. Bei Variante 4/2 ist mit dem Transport des Gebindes zur vorgesehenen Abstellposition der Einlagerungsvorgang abgeschlossen. Bei Variante 4/3 wird die Einlagerungsvorrichtung durch die Batterielok auf die Drehbühne geschoben. Nach Druckbeaufschlagung der Luftkissen wird die Drehbühne gedreht. Anschließend erfolgt mit der Horizontalschubeinrichtung der Einlagerungsvorrichtung der Einschub des Gebindes in das Bohrloch.

Bei den Varianten 1, 2 und 3 erfolgt zusätzlich noch die Komplettierung der technischen Barriere, wofür z. B. ein Fahrzeug mit Manipulatorarm oder ein Hubportal eingesetzt werden kann. Bei Variante 1 wird zusätzlich der heat spreader mit einem Manipulator eingebracht.

Im Hinblick auf die hier nur groben Konzepte für die maschinellen Betriebsmittel können für eine Bewertung der Varianten nicht die jeweiligen Ausfallwahrscheinlichkeiten einzelner An-

triebskomponenten und die Zeitaufwände zur Reparatur zugrunde gelegt werden. Stattdessen werden vereinfachend übergeordnete Arbeitsvorgänge bzw. Funktionen formuliert und diesen eine gleich hohe Ausfallwahrscheinlichkeit und gleiche Zeitaufwände für die Störungsbeseitigung zugeordnet.

In Tabelle 6 sind die variantenspezifischen Arbeitsvorgänge bzw. Funktionen zur Einlagerung der Gebinde aufgelistet und mit „x“ gekennzeichnet. Die im Hinblick auf eine zusätzliche Strahlungsexposition relevanten Arbeitsvorgänge sind mit „**X**“ hervorgehoben. In der unteren Zeile ist die Summe der relevanten Arbeitsvorgänge aufgeführt.

Tabelle 6: Zusammenstellung der im Hinblick auf eine zusätzliche Strahlungsexposition bei Störungsbeseitigung relevanten Arbeitsvorgänge bzw. Funktionen

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4/1	Variante 4/2	Variante 4/3
Andocken/Anheben/ Absenken Gebinde mit Hubportal	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Transport Gebinde mit Hubportal	**X**	**X**	entfällt	**X**	entfällt	entfällt
Transport Gebinde mit Batterielok	entfällt	entfällt	x	entfällt	x	x
Drehbühne	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	**X**
Einschub Gebinde mit Horizontalschubeinrichtung	entfällt	entfällt	**X**	entfällt	entfällt	**X**
Einbau obere Bentonitschalen/Stirnschalung mit Manipulator oder Hubportal	**X**	**X**	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
Einbringen heat spreader mit Manipulator	x	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
Einbau Deckel für Büchse mit Manipulator	entfällt	entfällt	x	entfällt	entfällt	entfällt
Summe relevante Arbeitsvorgänge/ Funktionen	3	3	2	2	1	3

Der in Tabelle 6 vorgenommenen Einstufung liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Hubportal: Ausfall Antriebe (Andocken, Anheben/Absenken, Transport) nach Übernahme des Gebindes durch das Hubportal (Gebinde kann nicht frei gegeben werden).
- Batterielok: Bei Ausfall Fahrantrieb kann die Lok zur Störungsbeseitigung abgekuppelt und zurück gezogen werden. Insofern wird dies als nicht relevant eingeschätzt.
- Drebühne: Ausfall Drehantrieb oder Luftkissen während Drehung der Bühne bzw. in einer Position, in der weder die Einlagerungsmaschine mit Gebinde zurück gezogen noch das Gebinde in das Bohrloch geschoben werden kann
- Horizontalschubeinrichtung: Ausfall Antrieb während des Einschubvorgangs

- Manipulator oder Hubportal für Bentonitschalung: Ausfall Antrieb während Einbau Bentonitschalungen oder auch zusätzlich dadurch bedingte Beschädigung bereits eingebauter Bentonitschalungen
- Manipulator für heat spreader: Einbringen des heat spreaders erfolgt erst im Anschluss an die komplette und dadurch zusätzliche abschirmende Ummantelung aus Bentonit und als nicht relevant eingeschätzt.
- Manipulator für Deckel: Ein Ausfall der Handhabungsvorrichtung für das Einsetzen von Innendeckel, Bentonitplatte und Außendeckel bei Variante 3 wird in radiologischer Sicht als nicht relevant eingeschätzt, da der Einschubvorgang für Innendeckel und Bentonitplatte bzw. das Aufsetzen des Deckels in streckenaxialer Richtung erfolgen und damit ein Zurückziehen der Handhabungseinrichtung zur Beseitigung der Störung möglich ist.

Vor dem Hintergrund, dass ein proportional zur Anzahl der relevanten Arbeitsvorgänge bzw. Funktionen steigender Zeitaufwand zur Beseitigung einer Störung durch höhere Abschirmfaktoren bei den Gebinden wieder kompensiert werden kann, lässt sich eine grobe Bewertung der Varianten durchführen, in dem die bei den verschiedenen Varianten als relevant eingestuften Arbeitsvorgänge durch die jeweiligen Abschirmfaktoren der Gebinde dividiert werden.

Dabei wird eingeschätzt, dass bezogen auf den POLLUX-Behälter allein mindestens folgende Abschirmfaktoren gelten:

- POLLUX-Behälter: Faktor: 1
- Container (POLLUX mit heat spreader): Faktor: 1,5
- Supercontainer (POLLUX mit heat spreader und Bentonit): Faktor: 4

In Tabelle 7 ist die sich daraus ergebende Einstufung der Varianten im Hinblick auf die Strahlenbelastung bei Beseitigung einer Störung dargestellt.

Tabelle 7: Einstufung der Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4/1	Variante 4/2	Variante 4/3
Summe relevante Arbeitsvorgänge	3	3	2	2	1	3
Abschirmfaktor	1	1,5	1	4	4	4
Einstufung der Varianten	3	2	2	0,5	0,25	0,75

Zusammenfassende Bewertung Strahlenbelastung bei Störungsbeseitigung:
Variante 1: 1 Punkt
Variante 2: 2 Punkte
Variante 3: 2 Punkte
Variante 4/1: 3,5 Punkte
Variante 4/2: 3,7 Punkte
Variante 4/3: 3,2 Punkte

Zusammenfassende Bewertung der Varianten für die Streckenlagerung von POLLUX-3

In Tabelle 8 sind die Erfüllungsgrade der Anforderungen für die Varianten zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 8: Erfüllungsgrade der Anforderungen für die Varianten der Streckenlagerung

	V1	V2	V3	V4/1	V4/2	V4/3
Abmessungen/Streckenqu.	1,9	1,9	1,9	2,1	2,7	1
Einlagerungsfortschritt	1	1,3	1,9	1,4	3,2	3,3
Offenstandszeiten	2,5	2,6	2,5	2,8	3,0	1
Gewichte der Einzelkomponenten	2,6	1,9	1,9	1	1,6	1,5
Zusätzlicher Stahlaufwand	3,7	2,6	2,3	2,1	1,3	1
Betriebssicherheit und Störanfälligkeit	1	1,5	1,5	2,5	3	2
Strahlenbelastung bei Störungsbeseitigung	1	2	2	3,5	3,7	3,2
Summe	**13,7**	**13,8**	**14,0**	**15,4**	**18,5**	**13**

Danach weist die Variante 4/2 die meisten Vorteile auf. Dies sind:

- Geringe Streckenquerschnitte
- Hoher Einlagerungsfortschritt
- Geringe Offenstandszeiten der Strecken
- Einfache Betriebsabläufe
- Geringe Störanfälligkeit

Anlage 4-5: Abschätzung Massen und Abmessungen für Supercontainer und Transferbehälter für Variante 1

Basierend auf den technischen Daten für die BSK3 und für den im Rahmen des Vorhabens ESDRED/DENKMAL entwickelten Transferbehälter werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des Supercontainers und des Transferbehälters für die Variante 1 ermittelt.

Technische Daten BSK3:

- Masse BSK3: m_{BSK3} = 5,3 t
- Außendurchmesser BSK3 : D_{BSK3} = 0,43 m
- Gesamtlänge BSK3: L_{BSK3} = 4,98 m

<u>Masse und Abmessungen Supercontainer (SC):</u>

- Annahmen
  - Dicke Sandschicht: d_S = 0,2 m
  - Einbaudichte Sand: ρ_S = 1,8 t/m³
  - Dicke Bentonit: d_B = 0,3 m
  - Einbaudichte Bentonit: ρ_B = 2 t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder: d_{St} = 0,02 m
  - Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
  - Außendurchmesser SC: D_{SC} = 1,47 m
  - Länge SC ohne Greifpilz: L_{SC} = 6,02 m
  - Gesamtlänge SC m. Greifpilz: L_{SCges} = 6,32 m

- Volumen Sandschicht: $V_S = \pi/4\ (0{,}83^2 - 0{,}43^2) \times 5{,}4 + 2 \times 0{,}2\ \pi/4 \times 0{,}43^2$
  V_S = 2,20 m³
- Masse Sandschicht: <u>m_S = 2,20 x 1,8 = 3,95 t</u>

- Volumen Bentonit: $V_B = \pi/4\ (1{,}43^2 - 0{,}83^2) \times 5{,}4 + 2 \times 0{,}3\ \pi/4 \times 1{,}43^2$
  V_B = 6,71 m³
- Masse Bentonit: <u>m_B = 6,71 x 2 = 13,4 t</u>
- Volumen Stahlblechzylinder: $V_{St} = 0{,}02\ (\pi\ 1{,}45 \times 5{,}98 + 2 \times \pi/4\ 1{,}47^2) = 0{,}61$ m³
- Masse Stahlblechzylinder: <u>m_{St} = 0,61 x 7,8 = 4,8 t</u>

<u>Gesamtmasse Supercontainer: m_G = 27,4 t</u>

Technische Daten Transferbehälter für den Transport von BSK3 in einer Salzformation [ESDRED/DENKMAL]:

- Masse Transferbehälter leer: ca. m_{TB} = 46 t
  - zylindrischer Teil ca. m_{Zyl} = 36 t
  - Behälterschleusen je ca. m_{BSchl} = 5 t
- Innendurchmesser: $D_{TBinnen}$ = 0,45 m
- Außendurchmesser: $D_{TBaußen}$ = 1,305 m
- Gesamtlänge: $L_{TBaußenges}$ = 5,568 m
- Länge zylindrischer Teil: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m
- Wandstärke Zylindrischer Teil: d_{Zyl} = 0,4275 m

- Breite Behälterschleusen: $B_{TBaußen}$ = 1,33 m
- Höhe Behälterschleusen: $H_{TBaußen}$ = 1,885 m
- Stärke Behälterschleusen: $S_{TBaußen1}$ = 0,350 m
  $S_{TBaußen2}$ = 0,348 m

Masse und Abmessungen Transferbehälter (TB) für SC:

- Annahmen
  - Innendurchmesser: $D_{TBinnen\ neu}$ = 1,49 m
  - Reduzierung Wandstärke um 30 % aufgrund Abschirmung durch Bentonit und Sand: d_{Zylneu} = 0,3 m
  - Außendurchmesser: $D_{TBaußen\ neu}$ = 2,09 m

- Behälterschleuse

  $D_{TBinnen\ neu}$ = 1,49 m

  $H_{TBaußen\ neu} = H_{TBaußen} + 2(D_{TBinnen\ neu} - D_{TBinnen}) = 1,885 + 2(1,49 – 0,45) = 3,965$ m

  $B_{TBaußen\ neu} = D_{TBaußen\ neu} + (B_{TBaußen} - D_{TBaußen})$

  $B_{TBaußen\ neu} = 2,09 + (1,33 – 1,305) = 2,115$ m

  $m_{BSchl\ neu} = m_{BSchl} \times H_{TBaußen\ neu} / H_{TBaußen} \times B_{TBaußen\ neu} / B_{TBaußen}$

  $\underline{m_{BSchl\ neu} = 5 \times 3,965/1,885 \times 2,115/1,33 = 16,7\ t}$

- Zylindrischer Teil

  Ringfläche Zylinder TB für BSK3: $A_{TBRing} = \pi/4\ (D_{TBaußen}^2 - D_{TBinnen}^2)$
  $A_{TBRing} = \pi/4\ (1,305^2 - 0,45^2) = 1,18\ m^2$

  Länge zylindrischer Teil für BSK3: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m

  Ringfläche Zylinder TB für SC: $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (D_{TBaußen\ neu}^2 - D_{TBinnen\ neu}^2)$
  $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (2,09^2 - 1,49^2) = 1,69\ m^2$

  Länge zylindrischer Teil für SC:

  $L_{TBaußen\ ges\ neu} = L_{TBaußenges} + (L_{SCges} - L_{BSK3}) = 5,568 + (6,32 – 4,98) = 6,908$ m

  $L_{TBaußenZyl\ neu} = L_{TBaußen\ ges\ neu} - S_{TBaußen1} - S_{TBaußen2} = 6,21$ m

  $m_{Zyl\ neu} = m_{Zyl} \times A_{TBRing\ neu}/A_{TBRing} \times L_{TBaußenZyl\ neu}/L_{TBaußenZyl}$

  $\underline{m_{Zyl\ neu} = 36 \times 1,69/1,18 \times 6,21/4,87 = 65,7\ t}$

  Gesamtmasse Transferbehälter: $m_{TB\ neu} = 2 \times 16,7 + 65,7 = 99,1$ t

Gesamtmasse Transferbehälter incl. SC: $m_{ges\ neu} = 99,1 + 27,4 = 126,5$ t

Abmessungen Transferbehälter (liegend – Kokille horizontal):

Länge: 6,908 m
Breite: 2,115 m
Höhe: 3,965 m

Anlage 4-6: Abschätzung Massen und Abmessungen für Container und Transferbehälter für Variante 2

Basierend auf den technischen Daten für die BSK3 und für den im Rahmen des Vorhabens ESDRED/DENKMAL entwickelten Transferbehälter werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des Containers und des Transferbehälters für die Variante 2 ermittelt.

Technische Daten BSK3:

- Masse BSK3: m_{BSK3} = 5,3 t
- Außendurchmesser BSK3: D_{BSK3} = 0,43 m
- Gesamtlänge BSK3: L_{BSK3} = 4,98 m

<u>Masse und Abmessungen Container (BSK3 und Sand):</u>

- Annahmen
  - Dicke Sandschicht: d_S = 0,2 m
  - Einbaudichte Sand: ρ_S = 1,8 t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder: d_{St} = 0,02 m
  - Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
  - Außendurchmesser Container: D_C = 0,87 m
  - Länge Container ohne Greifpilz: L_C = 5,42 m
  - Gesamtlänge Container m.Greifpilz: L_{Cges} = 5,72 m

- Volumen Sandschicht: $V_S = \pi/4\ (0{,}83^2 - 0{,}43^2) \times 5{,}4 + 2 \times 0{,}2\ \pi/4 \times 0{,}43^2$
  V_S = 2,20 m³
- Masse Sandschicht: <u>m_S = 2,20 x 1,8 = 3,95 t</u>

- Volumen Stahlblechzylinder: $V_{St} = 0{,}02\ (\pi\ 0{,}85 \times 5{,}38 + 2 \times \pi/4\ 0{,}87^2) = 0{,}36$ m³
- Masse Stahlblechzylinder: <u>m_{St} = 0,36 x 7,8 = 2,8 t</u>

<u>Gesamtmasse Container: m_G = 12,1 t</u>

Technische Daten Transferbehälter für den Transport von BSK3 in einer Salzformation [ESDRED/DENKMAL]:

- Masse Transferbehälter leer: ca. m_{TB} = 46 t
  - zylindrischer Teil ca. m_{Zyl} = 36 t
  - Behälterschleusen je ca. m_{BSchl} = 5 t
- Innendurchmesser: $D_{TBinnen}$ = 0,45 m
- Außendurchmesser: $D_{TBaußen}$ = 1,305 m
- Gesamtlänge: $L_{TBaußenges}$ = 5,568 m
- Länge zylindrischer Teil: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m
- Wandstärke Zylindrischer Teil: d_{Zyl} = 0,4275 m
- Breite Behälterschleusen: $B_{TBaußen}$ = 1,33 m
- Höhe Behälterschleusen: $H_{TBaußen}$ = 1,885 m
- Stärke Behälterschleusen: $S_{TBaußen1}$ = 0,350 m
  $S_{TBaußen2}$ = 0,348 m

Masse und Abmessungen Transferbehälter (TB) für Container:

- Annahmen
  - Innendurchmesser: $D_{TBinnen\ neu}$ = 0,89 m
  - Reduzierung Wandstärke um 15 % aufgrund Abschirmung durch Sand: d_{Zylneu} = 0,36 m
  - Außendurchmesser: $D_{TBaußen\ neu}$ = 1,61 m

- Behälterschleuse

  $D_{TBinnen\ neu}$ = 0,89 m

  $H_{TBaußen\ neu} = H_{TBaußen} + 2(D_{TBinnen\ neu} - D_{TBinnen}) = 1{,}885 + 2(0{,}89 – 0{,}45) = 2{,}765$ m

  $B_{TBaußen\ neu} = D_{TBaußen\ neu} + (B_{TBaußen} - D_{TBaußen})$

  $B_{TBaußen\ neu} = 1{,}61 + (1{,}33 – 1{,}305) = 1{,}635$ m

  $m_{BSchl\ neu} = m_{BSchl} \times H_{TBaußen\ neu} / H_{TBaußen} \times B_{TBaußen\ neu} / B_{TBaußen}$

  $m_{BSchl\ neu} = 5 \times 2{,}765/1{,}885 \times 1{,}635/1{,}33 = 9{,}0$ t

- Zylindrischer Teil

  Ringfläche Zylinder TB für BSK3: $A_{TBRing} = \pi/4\ (D_{TBaußen}^2 - D_{TBinnen}^2)$

  $A_{TBRing} = \pi/4\ (1{,}305^2 - 0{,}45^2) = 1{,}18$ m²

  Länge zylindrischer Teil für BSK3: $L_{TBaußenZyl} = 4{,}87$ m

  Ringfläche Zylinder TB für Container: $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (D_{TBaußen\ neu}^2 - D_{TBinnen\ neu}^2)$

  $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (1{,}61^2 - 0{,}89^2) = 1{,}41$ m²

  Länge zylindrischer Teil für Container:

  $L_{TBaußen\ ges\ neu} = L_{TBaußenges} + (L_{SCges} - L_{BSK3}) = 5{,}568 + (5{,}72 – 4{,}98) = 6{,}308$ m

  $L_{TBaußenZyl\ neu} = L_{TBaußen\ ges\ neu} - S_{TBaußen1} - S_{TBaußen2} = 5{,}61$ m

  $m_{Zyl\ neu} = m_{Zyl} \times A_{TBRing\ neu}/A_{TBRing} \times L_{TBaußenZyl\ neu}/L_{TBaußenZyl}$

  $m_{Zyl\ neu} = 36 \times 1{,}41/1{,}18 \times 5{,}61/4{,}87 = 49{,}5$ t

  Gesamtmasse Transferbehälter: $m_{TB\ neu} = 2 \times 9{,}0 + 49{,}5 = 67{,}5$ t

Gesamtmasse Transferbehälter incl. Container: $m_{ges\ neu} = 67{,}5 + 12{,}1 = 79{,}6$ t

Abmessungen Transferbehälter (liegend – Kokille horizontal):

Länge: 6,308 m
Breite: 1,635 m
Höhe: 2,765 m

Anlage 4-7: Bewertung der Varianten für die Bohrlochlagerung von BSK3

Die Bewertung der verschiedenen Varianten erfolgt unter Zugrundelegung des Erfüllungsgrades nachstehender Anforderungen.

- Geringe Abmessungen (Streckenquerschnitte) ermöglichen
- Geringe Offenstandszeiten der Einlagerungsstrecken ermöglichen
- Geringe Gewichte der Einzelkomponenten ermöglichen
- Geringer zusätzlicher Stahlaufwand in Bohrlöchern
- Geringe Spurweite und Kurvenradien ermöglichen
- Hohe Betriebssicherheit bzw. geringe Störanfälligkeit

Dabei wird ein Punktesystem verwendet, bei dem 4 Punkte einem praktisch nicht erreichbarem Ideal (z. B. Streckenquerschnitt 0 m²) und 1 Punkt der jeweils schlechtesten Variante zugeordnet werden. Bei Anforderungen, bei denen sich der Erfüllungsgrad rechnerisch nicht ermitteln lässt, wird eine Abschätzung vorgenommen.
Bewertung: Punkte = $4 - 3 \times m_x/m_{max}$

Geringe Abmessungen/Streckenquerschnitte ermöglichen

Die Größe des erforderlichen Streckenquerschnittes bestimmt den für die Auffahrung, den Ausbau sowie später für das Versatzeinbringen zu treibenden Aufwand, was insbesondere für die Einlagerungsstrecken mit einer großen Gesamtlänge von Bedeutung ist. Bei den Einlagerungsstrecken resultiert der Streckenquerschnitt aus den Abmessungen der Einlagerungsvorrichtung bzw. des Transferbehälters. Bewertet werden hier die variantenspezifischen Streckenquerschnitte in den Einlagerungsstrecken.

Für die Varianten werden im Bereich der Bohrlochkeller (ohne Berücksichtigung Bohrlochkeller) folgende lichten Querschnitte (A_L) in den Einlagerungsstrecken benötigt:
Variante 1: A_L = 80 m²
Variante 2: A_L = 65 m²
Variante 3: A_L = 50 m²
Variante 4: A_L = 50 m²

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Streckenquerschnitte für die Varianten 1 und 2 ca. 60 % bzw. 30 % über denen der Varianten 3 und 4 liegen. Für die zwischen den Bohrlochkellern liegenden Streckenabschnitte kann aufgrund der niedrigeren Transportstellung der Einlagerungsvorrichtung bei sämtlichen Varianten von einem um jeweils ca. 20 % geringeren Streckenquerschnitt ausgegangen werden. Aufgrund der Proportionalität hat dies jedoch keinen Einfluss auf die Bewertung.

Im Hinblick auf einen gebirgsschonenden maschinellen Vortrieb im Vollausbruch mit einer Teilschnittmaschine stellen Querschnitte in der Größenordnung von 50 m² bis 60 m² etwa den Grenzbereich dar. Darüber hinaus werden Strecken im aufwändigeren Teilausbruchverfahren, z. B. durch Vortrieb einer vorlaufenden Kalotte mit nachträglichem Hereingewinnen der Strosse, hergestellt.

Zusammenfassende Bewertung Abmessungen/Streckenquerschnitte:

Variante 1:	1 Punkt
Variante 2:	1,6 Punkte
Variante 3:	2,1 Punkte
Variante 4:	2,1 Punkte

Geringe Offenstandszeiten der Einlagerungsstrecken ermöglichen

Im Hinblick auf die im Vergleich zu anderen Wirtsgesteinsformationen (Salz, Granit) schwierigen gebirgsmechanischen Verhältnisse sind die Strecken auszubauen. Die Bemessung des Ausbaus richtet sich nach der erforderlichen Standzeit der Strecke sowie nach der zulässigen Konvergenz. Bei Ausbau ohne Sohlenschluss ist bei geringeren Offenstandszeiten eine geringere Sohlenhebung zu erwarten, was im Hinblick auf den gleisgebundenen Transport im Kontrollbereich von Vorteil ist. Bewertet wird hier der Zeitraum zwischen dem Beginn der Auffahrung bis einschließlich Versetzen der Einlagerungsstrecke.

Die Offenstandszeiten werden für den Streckenanfang (Streckenabzweig) einer 400 m langen Einlagerungsstrecke ermittelt, d. h., sie umfassen den Zeitraum zwischen Beginn der Streckenauffahrung und dem Ende der Versatzmaßnahmen. Aufgrund der zeitlich parallel zur Herstellung von Erkundungs- und Erweiterungsbohrungen betriebenen Einlagerung, die zeitmäßig darüber hinaus auch nicht ins Gewicht fällt, werden nur die Auffahrung, die Herstellung der Bohrlochkeller und Bohrungen, das Verlegen und Rauben des Gleises und das Versetzen berücksichtigt. Für die Abschätzung werden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

• Anzahl Schichten pro Tag im ÜB (außer Vortrieb) (Vortrieb: 4/3 Belegung mit Vorortablösung, davon 1 Wartungsschicht)	3 Sch/Tag
• Anzahl Schichten pro Tag im KB	2 Sch/Tag
• Anzahl Arbeitstage pro Woche	5 AT/Wo
• Anzahl Arbeitstage pro Jahr	250 AT/a
• Vortriebsschichten pro Arbeitstag	3 Sch/AT
• Wartungsschichten TSM pro Arbeitstag	1 Sch/AT
• Zeitaufwand Umzug TSM	20 AT
• Länge Einlagerungsstrecke	400 m
• Anzahl Bohrlöcher pro Einlagerungsstrecke	8 Stück/Str.
• Arbeitszeit vor Ort	6 h/Sch
• Bohrlochabstand, streckenaxial	46 m
• Anzahl Bohrlochkeller	8 Stück/Str.
• Zeitaufwand Herstellung Bohrlochkeller	10 AT/Stück
• Zeitaufwand Herst. Erkundungs-/Erweiterungsbohrloch (parallel)	20 AT/Stück
• Zeitaufwand Vorb. Bohrloch ÜB Variante 1 (Außenliner)	4 Sch/Bl
• Zeitaufwand Vorb. Bohrloch ÜB Variante 2 (Außenliner, Bentonitringe)	15 Sch/Bl
• Zeitaufwand Vorb. Bohrloch ÜB Variante 3 (Außenliner, Büchse)	15 Sch/Bl
• Zeitaufwand Vorb. Bohrloch ÜB Variante 4 (Außenliner, Bentonitringe)	15 Sch/Bl
• Leistung Gleisverlegung	5 m/AT

- Leistung Rauben Gleise 20 m/AT
- Leistung Versetzen 200 m³/AT
- Mittlere lichte Streckenquerschnitte (A_L), vereinfachende Annahme:
  [8 Bl*10m* A_L +(400m - 8 Bl*10m)*0,8* A_L)/400m]:
  - Variante 1: Bereich Bohrloch A_L = 80 m², sonst A_L = 0,8*80 = 64 m² 67 m²
  - Variante 2: Bereich Bohrloch A_L = 65 m², sonst A_L = 0,8*65 = 52 m² 55 m²
  - Variante 3: Bereich Bohrloch A_L = 50 m², sonst A_L = 0,8*50 = 40 m² 42 m²
  - Variante 4: Bereich Bohrloch A_L = 50 m², sonst A_L = 0,8*50 = 40 m² 42 m²
- Zeitaufwand Einlagerung u. Versetzen Gebinde 1 AT/G
- Anzahl Gebinde pro Bohrloch 5 Stück/Bl
- Zeitaufwand Bohrlochwechsel in Einl.-Str. (Umbau BlSchl, Erw. KB) 3 AT/Bl
- Zeitaufwand Verschließen Bohrloch nach beendeter Einlagerung 2 AT/Bl

Bei der Ermittlung der Vortriebsleistung in Abhängigkeit vom lichten Streckenquerschnitt wird von schneidendem Lösen des Gesteins mit einer TSM und Anker-Spritzbeton-Verbundausbau ausgegangen. Die in Abhängigkeit des lichten Streckenquerschnittes erzielbaren Vortriebsgeschwindigkeiten sind in Abbildung 1 dargestellt.

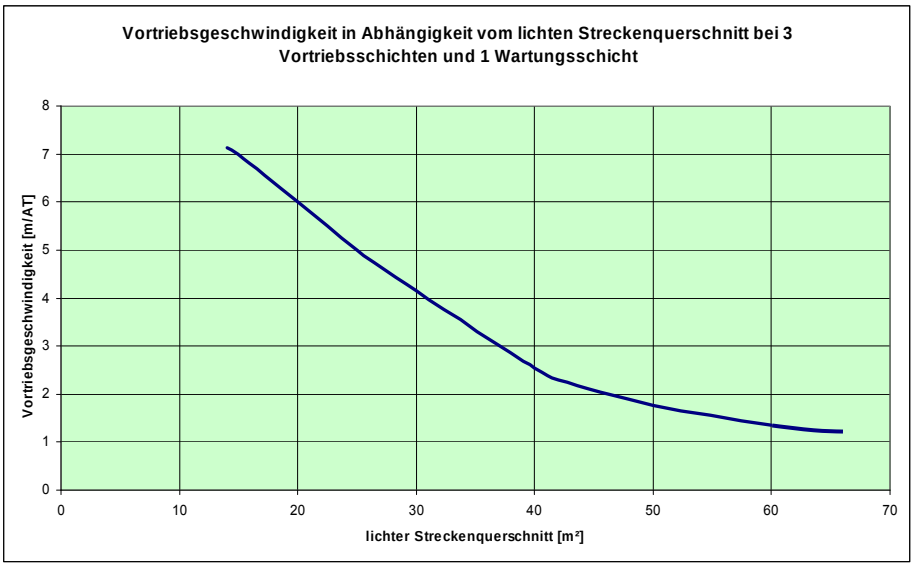


Abbildung 1: Vortriebsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom lichten Streckenquerschnitt

Damit ergeben sich die minimalen Offenstandszeiten für die Einlagerungsstrecken wie folgt – Tabelle 1.

Tabelle 1: Minimale Offenstandszeiten für die Einlagerungsstrecken

	minimale Offenstandszeit Einlagerungsstrecke
	a
Variante 1	3,0
Variante 2	2,7
Variante 3	2,3
Variante 4	2,3

Zusammenfassende Bewertung Offenstandszeiten:
Variante 1: 1 Punkt
Variante 2: 1,3 Punkte
Variante 3: 1,7 Punkte
Variante 4: 1,7 Punkte

Geringe Gewichte der Einzelkomponenten ermöglichen

Die Gewichte der Einzelkomponenten bestimmen die Handhabbarkeit und die Anforderungen an Transporteinrichtungen wie Schachtförderanlage und an gleisbebundene Transporteinrichtungen sowie an die Einlagerungsvorrichtung. Dabei sind nicht nur die Transferbehälter zu betrachten, die bei sämtlichen Varianten über Tage beladen, mit der Schachtförderanlage nach unter Tage und von dort gleisbebunden zu den Einlagerungsorten transportiert und dort mit Hilfe der Einlagerungsvorrichtung entladen werden, sondern auch die erforderlichen regelmäßigen Umsetzvorgänge der Einlagerungsvorrichtungen – Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4.

Im Hinblick auf den gleisbebundenen Transport ist zusätzlich die Masse des zum Transport des Transferbehälters erforderlichen Plateauwagens zu berücksichtigen, dessen Masse pauschal mit 10 t angesetzt wird. Dieser Wert wird auch für den Plateauwagen für das Umsetzen der Einlagerungsvorrichtungen angenommen.

Die in Tabelle 3 angegebenen Massen der Einlagerungsvorrichtungen für die Varianten 1 und 2 werden basierend auf der Masse der Einlagerungsvorrichtung für die Einlagerung von BSK3 in einer Salzformation von ca. 65 t abgeschätzt, wobei die in Tabelle 2 aufgeführten Massen für Transferbehälter und Gebinde angesetzt werden. Für die lasttragenden Bauteile, die sich in ihrer Masse proportional zu den zu handhabenden Massen verhalten, wird von einem Faktor von 0,7 ausgegangen:

Masse ELV = $0{,}7*65\ t*(m_{TB}+m_{Gebinde})/(46\ t+5{,}3\ t) + 0{,}3*65\ t$

Tabelle 2: Schachttransport sowie Transporte in Richtstrecken, Querschlägen und Einlagerungsstrecken

	Transporteinheit	Einzelmassen	Gesamtmasse	Bewertung
Variante 1	PW + TB + Super-container	10 t + 99,1 t + 27,4 t	136,5 t	1 Punkt
Variante 2	PW + TB + Container	10 t + 67,5 t + 12,1 t	89,6 t	2 Punkte
Variante 3	PW + TB + BSK3	10 t + 46 t + 5,3 t	61,3 t	2,7 Punkte
Variante 4	PW + TB + BSK3	10 t + 46 t + 5,3 t	61,3 t	2,7 Punkte

Tabelle 3: Umsetzen Einlagerungsvorrichtungen (Transporte in Richtstrecken, Querschlägen und Einlagerungsstrecken)

	Transporteinheit	Einzelmassen	Gesamtmasse	Bewertung
Variante 1	PW + ELV	10 t + 130 t	140 t (Breitspur)	1 Punkt
Variante 2	PW + ELV	10 t + 90 t	100 t (Breitspur)	1,9 Punkte
Variante 3	PW + ELV	10 t + 65 t	75 t (Breitspur)	2,4 Punkte
Variante 4	PW + ELV	10 t + 65 t	75 t (Breitspur)	2,4 Punkte

Zusammenfassende Bewertung Gewichte:
Variante 1: (1 + 1)/2 = 1 Punkt
Variante 2: (2 + 1,9)/2 = 1,9 Punkte
Variante 3: (2,7 + 2,4)/2 = 2,5 Punkte
Variante 4: (2,7 + 2,4)/2 = 2,5 Punkte

Geringer zusätzlicher Stahlaufwand in Bohrlöchern

Infolge möglicher Wasserstofffreisetzung infolge Korrosion soll der Stahlaufwand im Bohrloch gering gehalten werden. Vorbehaltlich einer genauen Bewertung der Relevanz im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse wird hier der variantenspezifische zusätzliche Stahlaufwand neben dem eigentlichen Gebinde (BSK3) bewertet.

<u>Variante 1</u>

Bei Variante 1 ergibt sich der zusätzliche Stahlaufwand nur aus dem Stahlaufwand für die Supercontainer (SC) und für den Außenliner, der zum Schutz vor Nachfall aus der Bohrlochwandung erforderlich ist.

Stahlaufwand für Supercontainer

- Dicke Stahlblech: d_{St} = 0,02 m
- Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
- Außendurchmesser SC: D_{SC} = 1,47 m
- Länge SC ohne Greifpilz: L_{SC} = 6,02 m

- Volumen Stahlblech: V_{St} = 0,02 (π 1,45 x 5,98 + 2 x π/4 1,47²) = 0,61 m³
- Masse Stahlblech: m_{St} = 0,61 x 7,8 = 4,8 t
  Gesamtmasse Stahlblech/Bohrloch (5 SC/Bohrloch): m_{Stges} = 5 x 4,8 = 24 t

Stahlaufwand für Außenliner

- Dicke Außenliner: d_{AL} = 0,01 m
- Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
- Durchmesser Außenliner: D_{AL} = 1,5 m
- Gesamtlänge Bohrloch: L_{Bl} = 50 m

- Volumen Außenliner: V_{AL} = 0,01x 50 x π 1,5 = 2,35 m³
- Masse Außenliner: m_{AL} = 2,35 x 7,8 = 18,4 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: m_{V1} = 24 + 18,4 = 42,4 t

Variante 2

Bei Variante 2 ergibt sich der zusätzliche Stahlaufwand aus dem Stahlaufwand für die Container und für den Außenliner, der zum Schutz vor Nachfall aus der Bohrlochwandung für die Phase des Einbaus der Bentonitringe erforderlich ist.

Stahlaufwand für Container

- Dicke Stahlblech: d_C = 0,02 m
- Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
- Außendurchmesser Container: D_C = 0,87 m
- Länge Container ohne Greifpilz: L_C = 5,42 m

- Volumen Stahlblech: V_{St} = 0,02 (π 0,85 x 5,38 + 2 x π/4 0,87²) = 0,36 m³
- Masse Stahlblech: m_{St} = 0,36 x 7,8 = 2,8 t
  Gesamtmasse Stahlblech/Bohrloch (5 Container/Bohrloch): m_{Stges} = 5 x 2,8 = 14 t

Stahlaufwand für Außenliner

- Dicke Außenliner: d_{AL} = 0,01 m
- Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
- Durchmesser Außenliner: D_{AL} = 1,5 m
- Gesamtlänge Bohrloch: L_{Bl} = 50 m

- Volumen Außenliner: V_{AL} = 0,01x 50 x π 1,5 = 2,35 m³
- Masse Außenliner: m_{AL} = 2,35 x 7,8 = 18,4 t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: m_{V2} = 14 + 18,4 = 32,4 t

Variante 3

Bei Variante 3 ergibt sich der zusätzliche Stahlaufwand aus dem Stahlaufwand für die doppelwandigen, zylindrischen Büchsen und für den Außenliner, der zum Schutz vor Nachfall aus der Bohrlochwandung für die Phase des Einbaus der Büchsen erforderlich ist.

Stahlaufwand für Büchsen

- Dicke Stahlblech: $d_B = 0{,}01$ m
- Dichte Stahl: $\rho_{St} = 7{,}8$ t/m³
- Außendurchmesser Büchse: $D_{Ba} = 1{,}5$ m
- Innendurchmesser Büchse: $D_{Bi} = 0{,}45$ m
- Länge Büchse: $L_B = 2{,}0$ m
- Gesamtlänge Bohrloch: $L_{Bl} = 50$ m

- Volumen Büchse: $V_B = 2 \times 0{,}01 \times \pi /4(1{,}5^2 - 0{,}45^2) + 2{,}0 \times 0{,}01\ \pi\ (1{,}5 + 0{,}45) = 0{,}15$ m³
- Masse Büchse: $m_B = 0{,}15 \times 7{,}8 = 1{,}2$ t
  Gesamtmasse Büchsen aus Stahlblech/Bohrloch: $m_{Bges} = 25 \times 1{,}2 = 30$ t

Stahlaufwand für Außenliner

- Dicke Außenliner: $d_{AL} = 0{,}01$ m
- Dichte Stahl: $\rho_{St} = 7{,}8$ t/m³
- Durchmesser Außenliner: $D_{AL} = 1{,}5$ m
- Gesamtlänge Bohrloch: $L_{Bl} = 50$ m

- Volumen Außenliner: $V_{AL} = 0{,}01 \times 50 \times \pi\ 1{,}5 = 2{,}35$ m³
- Masse Außenliner: $m_{AL} = 2{,}35 \times 7{,}8 = 18{,}4$ t

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: $m_{V3} = 30 + 18{,}4 = 48{,}4$ t

Variante 4

Bei Variante 4 ergibt sich der zusätzliche Stahlaufwand aus dem Stahlaufwand für den Außenliner und für die Zentriervorrichtungen.

Stahlaufwand für Außenliner

- Dicke Außenliner: $d_{AL} = 0{,}01$ m
- Dichte Stahl: $\rho_{St} = 7{,}8$ t/m³
- Durchmesser Außenliner: $D_{AL} = 1{,}5$ m
- Gesamtlänge Bohrloch: $L_{Bl} = 50$ m

- Volumen Außenliner: $V_{AL} = 0{,}01 \times 50 \times \pi\ 1{,}5 = 2{,}35$ m³
- Masse Außenliner: $m_{AL} = 2{,}35 \times 7{,}8 = 18{,}4$ t

Stahlaufwand für Zentriervorrichtungen
Die Zentriervorrichtungen bestehen aus zylindrischen Stahlblechhülsen mit umlaufendem Rand und innenliegenden Centralizern, die an den vorgesehenen Absetzpositionen in die jeweiligen Bentonitringe eingesetzt werden. Sie werden pauschal mit einer Masse von 1 t (5 Stück) berücksichtigt.

Zusätzlicher Stahlaufwand gesamt: m_{V4} = 18,4 + 1 = 19,4 t

Zusammenfassende Bewertung Stahlaufwand pro Bohrloch:
Variante 1: 1,4 Punkte
Variante 2: 2,0 Punkte
Variante 3: 1 Punkt
Variante 4: 2,8 Punkte

Geringe Spurweite und Kurvenradien ermöglichen
Die erforderliche Spurweite resultiert aus den variantenspezifischen Abmessungen des Transferbehälters und dem Platzbedarf für das Schwenkwerk der Einlagerungsvorrichtung, welches zwischen den Schienen in den Bohrlochkeller eintaucht, um den Transferbehälter in die vertikale Position zu schwenken und auf der Bohrlochschleuse aufsetzen zu können. Geringe Spurweiten für das schienengebundene Transportsystem sind bei Kurvenfahrt mit geringeren Fahrwiderständen im System Rad/Schiene verbunden bzw. ermöglichen kleinere Kurvenradien als große. Im Hinblick auf die von Hauptstrecken abzweigenden Einlagerungsstrecken führt dies zu einer höheren Ausnutzung des Einlagerungshorizontes, da sich der Kurvensektor zugunsten der für die Einlagerung nutzbaren Länge einer Einlagerungsstrecke verringert. Größere Spurweiten erfordern hingegen bei sonst gleichen Randbedingungen entsprechend größere Kurvenradien und mehr Auffahraufwand. Um dies zu umgehen bieten sich verschiedene Lösungen an:

- Schienenverstelleinrichtung am Bohrlochkeller, die die Anlieferung der Transferbehälter z. B. auf normalspurigen Gleisen bis unter die Einlagerungsvorrichtung ermöglicht. Nach Freihub des Transferbehälters und Zurückziehen des Plateauwagens werden die Schienen mit Hilfe der Verstelleinrichtung beidseitig entweder nach außen verschoben oder seitlich weg geklappt.
- Einrichtung einer Umschlagstelle am Anfang der Einlagerungsstrecke, an der der auf einem z. B. normalspurigen Plateauwagen angelieferte Transferbehälter auf einen breitspurigen umgeladen oder direkt von einer eigenverfahrbaren Einlagerungsvorrichtung übernommen und zum Bohrloch transportiert wird.

Diese Lösungen erfordern jedoch höheren technischen Aufwand und/oder können sich infolge notwendiger Umsetz- und Umschlagvorgänge hemmend auf den Einlagerungsbetrieb auswirken. Schienenverstelleinrichtungen wären an jedem Bohrloch vorzusehen bzw. müssten ständig umgesetzt werden. Der dafür erforderliche Aufwand wird als sehr hoch eingeschätzt. Weniger aufwändig sind Umschlagstellen in den Zugängen der Einlagerungs-

strecken, jedoch wäre damit ebenso ein Längenverlust der Einlagerungsstrecken verbunden. Da hinsichtlich der zulässigen Spurweite auch kein Grenzwertkriterium vorliegt, welches die Umsetzung einer dieser Lösungen ab einer bestimmten Spurweite zwangsweise erfordert, ist eine einfache Bewertung der sich aus den Spurweiten ergebenden Konsequenzen so nicht ohne weiteres möglich. Insofern werden für eine Bewertung der Varianten nur die sich aus den Abmessungen der Transferbehälter abgeleiteten Spurweiten unterstellt und die damit verbundenen Bogenradien bzw. Längen der Kurvensektoren ermittelt. Als Vergleichsbasis dient der Fahrwiderstand bei Kurvendurchfahrt des im Rahmen des Vorhabens DENKMAL entwickelten Plateauwagens mit Transferbehälter für eine Einlagerung von BSK3 in einer Salzformation.

Als zu berücksichtigende Größe beim Fahrwiderstand, der sich aus dem Laufwiderstand, dem Bogenwiderstand, dem Steigungswiderstand und dem Beschleunigungswiderstand zusammensetzt, ist in dieser Hinsicht nur der spezifische Bogenwiderstand [N/kN] maßgeblich, der die Reibungsverluste durch Anlaufen der Spurkränze bei Kurvendurchfahrt (Quergleiten) sowie bei starren Radsätzen den Ausgleich der Laufwege der Räder durch Längsgleiten berücksichtigt.

Der Bogenwiderstand hängt ab von dem Kurvenradius, der Spurweite, dem Spurspiel, dem Spurkranzflankenwinkel, dem Achsabstand und dem Reibwert Rad/Schiene.

Zur Abschätzung des spezifischen Bogenwiderstandes w_b existieren verschiedene Formeln, die sämtlich die Bogenkrümmung berücksichtigen. Hier wird die Formel nach Protopapadakis zugrunde gelegt, die ausgehend von starren Radsätzen auch den Einfluss des Achsabstandes sowie die Spurweite als Variable berücksichtigt:

$w_b = \mu_G/(2R) \times [e + (a^2 + e^2)^{1/2}]$ [N/kN]

mit μ_G: Reibungskoeffizient; Sommer μ_{GS}= 220 N/kN; Winter μ_{GW}= 165 N/kN
R: Kurvenradius
e: Spurweite
a: Radstand

Multipliziert mit der Gewichtskraft G des Fahrzeugs ergibt sich die erforderliche Zugkraft für die Kurvendurchfahrt W_b.

$W_b = G\, w_b$ [kN]

Als Vergleichsbasis zur Ermittlung der variantenspezifischen Kurvenradien wird die erforderliche Zugkraft bei Kurvendurchfahrt herangezogen, die bei allen Varianten gleich hoch sein soll. Dafür werden die entsprechenden Gewichtskräfte und Abmessungen des im Rahmen des Projektes DENKMAL entwickelten Transferbehälters und des Plateauwagens für die Einlagerung von BSK3 in einer Salzformation zugrunde gelegt.

$W_b = G_{Salz}\mu_G/2R_{Salz} *(e_{Salz} + (a_{Salz}^2 + e_{Salz}^2)^{1/2}) = G_V\, \mu_G/2R_V *(e_V + (a_V^2 + e_V^2)^{1/2})$ [kN]
Damit ergibt sich der variantenspezifische Kurvenradius wie folgt:

$R_V = G_V\, \mu_G/2 *(e_V + (a_V^2 + e_V^2)^{1/2})\, [G_{Salz}\mu_G/2R_{Salz} *(e_{Salz} + (a_{Salz}^2 + e_{Salz}^2)^{1/2})]^{-1}$ [m]
$R_V = G_V *(e_V + (a_V^2 + e_V^2)^{1/2})\, [G_{Salz}/R_{Salz} *(e_{Salz} + (a_{Salz}^2 + e_{Salz}^2)^{1/2})]^{-1}$ [m]

Die Gewichtskraft G ergibt sich unter pauschaler Berücksichtigung von 100 kN für den Plateauwagen (PW) wie folgt:

Salz:	Masse TB beladen 51,3 t	==> Gewicht incl. PW 613 kN
Variante 1:	Masse TB beladen 126,5 t	==> Gewicht incl. PW 1365 kN
Variante 2:	Masse TB beladen 79,6 t	==> Gewicht incl. PW 896 kN
Variante 3:	Masse TB beladen 51,3 t	==> Gewicht incl. PW 613 kN
Variante 4:	Masse TB beladen 51,3 t	==> Gewicht incl. PW 613 kN

Die Spurweite e ergibt sich aus dem erforderlichen Freiraum zum Schwenken des Transferbehälters zwischen den Schwenkarmen der Einlagerungsvorrichtung und den Schienen. Die Breite der Schwenkarme wird trotz höherer Gewichte der Transferbehälter bei den Varianten 1 und 2 für alle gleich angenommen:

Salz:	Breite TB 1,33 m	==> Spurweite 2 m
Variante 1:	Breite TB 2,1 m	==> Spurweite 2,8 m
Variante 2:	Breite TB 1,6 m	==> Spurweite 2,3 m
Variante 3:	Breite TB 1,33 m	==> Spurweite 2 m
Variante 4:	Breite TB 1,33 m	==> Spurweite 2 m

Der Radstand a ist der Achsabstand zwischen der paarweise in einem Drehgestell angeordneten Laufräder und wird für alle Varianten mit 1200 mm angenommen.

Danach ergeben sich folgende Radien-Verhältnisse und unter Zugrundelegung eines Kurvenradius R_{Salz} von 25 m für die Salzformation folgende absoluten Kurvenradien:

Variante 1:	$R_{V1} = 3\ R_{Salz} = 75$ m
Variante 2:	$R_{V2} = 1{,}7\ R_{Salz} = 41{,}5$ m
Variante 3:	$R_{V3} = 1\ R_{Salz} = 25$ m
Variante 4:	$R_{V4} = 1\ R_{Salz} = 25$ m

Unter Zugrundelegung eines Abzweigwinkels von 60°/120° ergeben sich folgende Bogenlängen $l_V = \pi/3\ R_V$ und die nicht nutzbaren Abschnitte bzw. zusätzlich aufzufahrenden Längen je Einlagerungsstrecke $l_{VZ} = R_V \tan 30°$ - Abbildung 2:

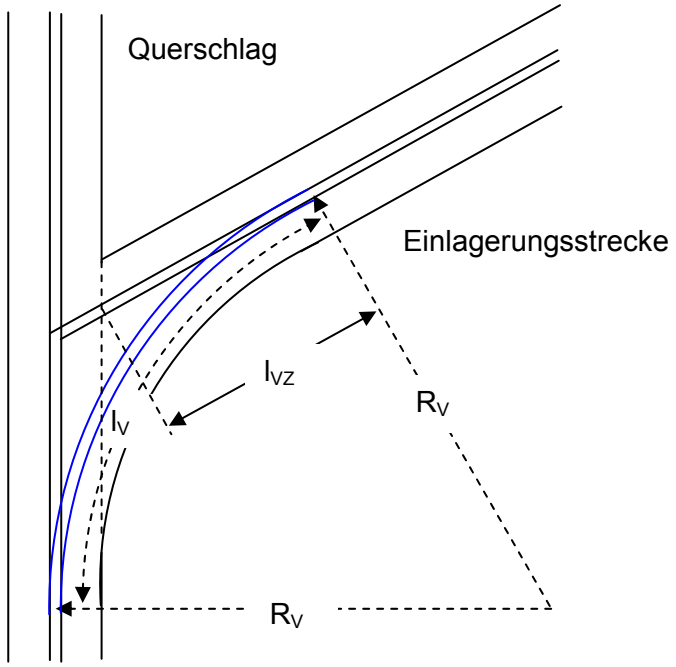


Abbildung 2: Schematische Darstellung der in Abhängigkeit vom Bogenradius nicht nutzbaren Streckenlänge

Variante 1:	l_{V1} = 78,5 m	l_{VZ1} = 43,3 m
Variante 2:	l_{V2} = 43,4 m	l_{VZ2} = 24 m
Variante 3:	l_{V2} = 26,2 m	l_{VZ2} = 14,4 m
Variante 4:	l_{V2} = 26,2 m	l_{VZ2} = 14,4 m

Zusammenfassende Bewertung Spurweite:

Variante 1:	1 Punkt
Variante 2:	2,3 Punkte
Variante 3:	3 Punkte
Variante 4:	3 Punkte

Hohe Betriebssicherheit bzw. geringe Störanfälligkeit

Ein einfacher, aus wenigen Teilarbeitsvorgängen bestehender Betriebsablauf vorort ist im Hinblick auf Störanfälligkeit und daraus resultierenden Unterbrechungen der Einlagerung günstiger zu beurteilen als ein komplexer. Bei sonst identischen Einlagerungsverfahren ergeben sich Unterschiede nur bei der Herrichtung der Bohrlöcher.

Variante 1 ist durch einen einfachen Betriebsablauf gekennzeichnet. Nach Fertigstellung der Erweiterungsbohrung und Einbau des Außenliners besteht der Betriebsablauf im Wesentlichen aus der Montage der Bohrlochschleuse, dem Versetzen und der Positionierung der Einlagerungsvorrichtung über dem Bohrloch und dem wechselweisen Einlagern von Supercontainern und Versetzen des Bohrlochs bis zur darauffolgenden Absetzposition.

Variante 2 erfordert zusätzlich das vorherige Einbringen der technischen Barriere aus Bentonitringen. Letzteres ist mit hohen Anforderungen an die Steuerung und Überwachung des Absenkvorgangs verbunden, um die Säule aus Bentonitringen ohne Beschädigungen aufbauen zu können.

Die Varianten 3 und 4 sind im Prinzip identisch mit Variante 2.

Zusammenfassende Bewertung:
Variante 1: 3 Punkte
Variante 2: 1 Punkt
Variante 3: 1 Punkt
Variante 4: 1 Punkt

Zusammenfassende Bewertung der Varianten für die Bohrlochlagerung von BSK3

In Tabelle 4 sind die Erfüllungsgrade der Anforderungen für die Varianten zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4: Erfüllungsgrade der Anforderungen für die Varianten der Bohrlochlagerung

	V1	V2	V3	V4
Abmessungen/Streckenqu.	1	1,6	2,1	2,1
Offenstandszeiten	1	1,3	1,7	1,7
Gewichte der Einzelkomponenten	1	1,9	2,5	2,5
Zusätzlicher Stahlaufwand	1,4	2,0	1	2,8
Spurweite	1	2,3	3	3
Betriebssicherheit und Störanfälligkeit	3	1	1	1
Summe	**8,4**	**10,1**	**11,3**	**13,1**

Danach weist die Variante 4 die meisten Vorteile auf. Dies sind:
- Relativ geringe Streckenquerschnitte
- Geringe Offenstandszeiten der Strecken
- Geringe Gewichte
- Geringer zusätzlicher Stahlaufwand in Bohrlöchern
- Geringe Spurweite und Kurvenradien

Anlage 4-8: Grubengebäudezuschnitte für Streckenlagerung und Bohrlochlagerung Vergleich und Bewertung

1	Zielsetzung	3
1.1	Hauptvariante 1 – Anbindung der Einlagerungsfelder über 2 Richtstrecken	3
1.2	Hauptvariante 2 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 4 Richtstrecken	4
1.3	Hauptvariante 3 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 3 Richtstrecken	6
2	Untersuchung der Hauptvarianten	6
2.1	Hauptvariante 1	7
2.1.1	Streckenlagerung	7
2.1.1.1	Variante 1/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Richtstrecke KB ausgehend	7
2.1.1.2	Variante 1/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Richtstrecke ÜB ausgehend	8
2.1.1.3	Variante 1/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend	9
2.1.1.4	Variante 1/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend	10
2.1.2	Bohrlochlagerung	10
2.1.2.1	Variante 1/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig	11
2.1.2.2	Variante 1/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend	11
2.1.3	Fazit Hauptvariante 1	14
2.2	Hauptvariante 2	14
2.2.1	Streckenlagerung	14
2.2.1.1	Variante 2/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von oberer Richtstrecke ausgehend	15
2.2.1.2	Variante 2/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von unterer Richtstrecke ausgehend	16
2.2.1.3	Variante 2/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend	20
2.2.1.4	Variante 2/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend	23
2.2.2	Bohrlochlagerung	26
2.2.2.1	Variante 2/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig	26
2.2.2.2	Variante 2/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend	28
2.2.3	Fazit Hauptvariante 2	32

2.3 Hauptvariante 3 33

2.3.1 Streckenlagerung 33

2.3.1.1 Variante 3/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Doppelstreckensystem ausgehend 34

2.3.1.2 Variante 3/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von separater Strecke ausgehend 36

2.3.1.3 Variante 3/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend 39

2.3.1.4 Variante 3/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend 42

2.3.2 Bohrlochlagerung 45

2.3.2.1 Variante 3/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig 45

2.3.2.2 Variante 3/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend 47

2.3.3 Fazit Hauptvariante 3 52

3 Festlegung der Vorzugsvarianten 53

1 Zielsetzung

Für die Anordnung der Einlagerungsstrecken in Einlagerungsfeldern und Anbindung der Einlagerungsfelder an die Schächte gibt es eine Vielzahl von denkbaren Möglichkeiten. Zielsetzung der nachfolgenden Betrachtung ist es, basierend auf einer systematischen Untersuchung und Bewertung der Varianten Vorzugsvarianten für die Strecken- und Bohrlochlagerung zu ermitteln.

Der nachfolgenden Betrachtung von denkbaren Grubengebäudezuschnitten werden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Einsöhlige Ausrichtung des Endlagers
- Trennung Grubengebäude in Überwachungs- (ÜB) und Kontrollbereich (KB)
- Auffahraktivitäten im ÜB und Einlagerung im KB
- 2 Schächte
    - Frischwetterschacht (ÜB): Förderschacht Haufwerk sowie Personal- und Materialtransport
    - Abwetterschacht (KB): Gebindetransportschacht sowie Personal- und Materialtransport
- Zentrale Schachtanlage mit 2 Schächten
- Ermöglichung einer rückbauartigen Einlagerung von den Grubenfeldgrenzen zu den Schächten hin mit Abwurf bereits belegter Einlagerungsfelder
- Anordnung Einlagerungsfelder zwischen Richtstrecken (Erkundung)

Basierend auf den vorstehenden Randbedingungen werden verschiedene Hauptvarianten für die Anbindung der Einlagerungsfelder an die Schächte betrachtet und darauf aufbauend im Detail die Anordnung der Einlagerungsstrecken in den Einlagerungsfeldern untersucht.

1.1 Hauptvariante 1 – Anbindung der Einlagerungsfelder über 2 Richtstrecken

Hauptvariante 1 ist dadurch gekennzeichnet, dass die über den Förderschacht einziehenden Frischwetter durch die Richtstrecke für Haufwerkstransport bis zum in Betrieb befindlichen Einlagerungsfeld geführt werden, dort z. B. über 2 Querschläge zur Richtstrecke für den Gebindetransport und weiter zum ausziehenden Gebindetransportschacht strömen – Abbildung 1.

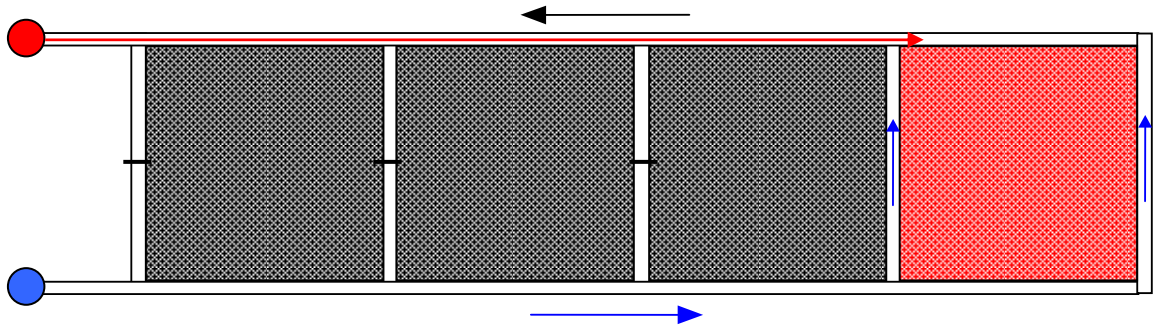


Abbildung 1: Hauptvariante 1 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 2 Richtstrecken

Dem Vorteil eines vergleichsweise geringen Auffahraufwandes stehen zumindest die Nachnutzung der Wetter aus dem Auffahrbereich (ÜB) im KB entgegen. Die Abwetter aus dem Einlagerungsbereich könnten luttengeführt zum ausziehenden Gebindetransportschacht geleitet werden.

1.2 Hauptvariante 2 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 4 Richtstrecken

Basierend auf dem in Abbildung 2 (oben) dargestellten Konzept mit dezentralen Schachtanlagen mit jeweils 1 Schacht, bei dem eine Aufteilung des einziehenden Frischwetterstroms auf beide Richtstrecken zur Frischwetterversorgung der Betriebspunkte im KB und ÜB möglich ist, ergibt sich das in Abbildung 2 (mitte) dargestellte Konzept mit zentral gelegenen Schächten, das jedoch durch lange Transportwege gekennzeichnet ist und auch einen Abwurf belegter Einlagerungsfelder einschließlich der Richtstreckenabschnitte nicht zulässt. Der gleisgebundene Transport der Gebinde führt immer an den mit wärmeentwickelnden Abfällen belegten Einlagerungsfeldern vorbei, woraus sich infolge wärmeinduzierter Konvergenz in der Gebindetransportstrecke vergleichsweise hohe Aufwände für die Streckenunterhaltung ergeben können. Zur Vermeidung dieser Nachteile können die innen liegenden Strecken über Durchhiebe miteinander verbunden sein, so dass die Gebindetransporte nicht an bereits belegten Einlagerungsfeldern vorbei führen und sich die Transportentfernungen sukzessive verringern – Abbildung 2 (unten).

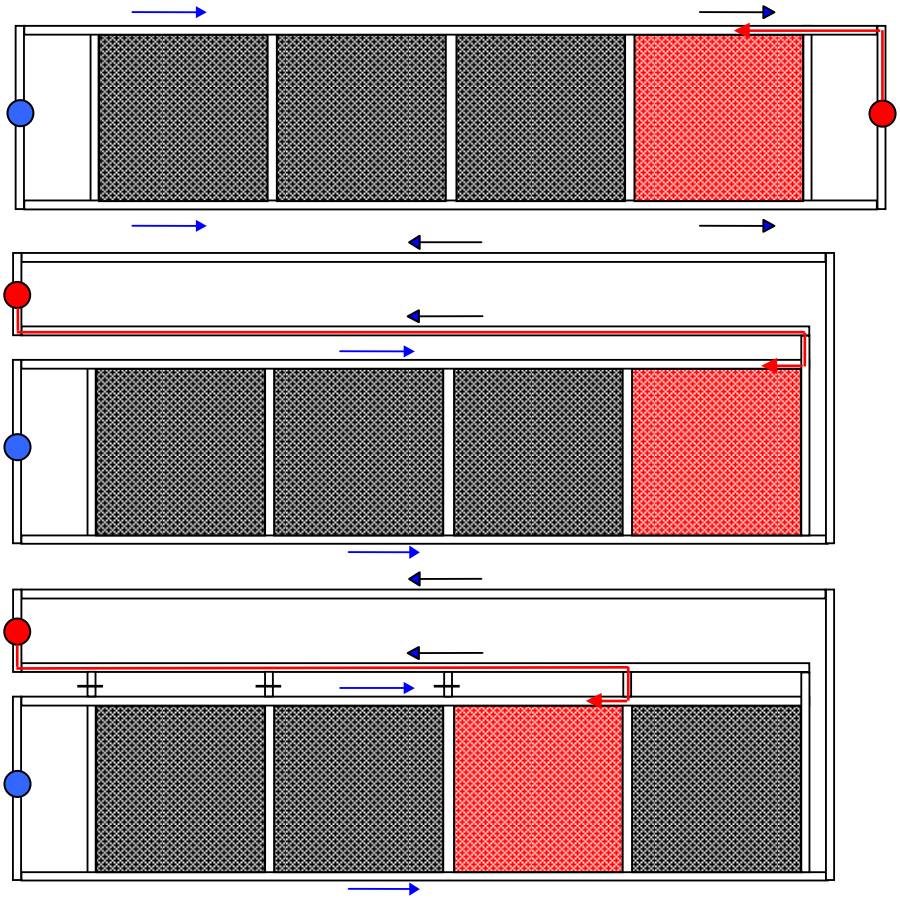


Abbildung 2: Konzepte mit Aufteilung des Frischwetterstroms für ÜB und KB

Die symmetrische Anordnung der Abwetterstrecken in Abbildung 3 ermöglicht den Abwurf kompletter Feldesteile in Richtung auf die Schächte zu und hat darüber hinaus den Vorteil, dass die Frischwetter auch durch die Gebindetransportstrecke strömen. Dazu ist die Gebindetransportstrecke vom Gebindetransportschacht durch eine Wetterschleuse getrennt. Die durch den Förderschacht einziehenden Frischwetter gelangen durch eine wetterdurchlässige Absperrung zwischen ÜB und KB in die Gebindetransportstrecke und weiter bis zum in Betrieb befindlichen Einlagerungsfeld. Die Abwetter aus ÜB und KB werden jeweiligen Durchhiebe den Abwetterstrecken zugeführt, in denen sie zum ausziehenden Gebindetransportschacht gelangen.

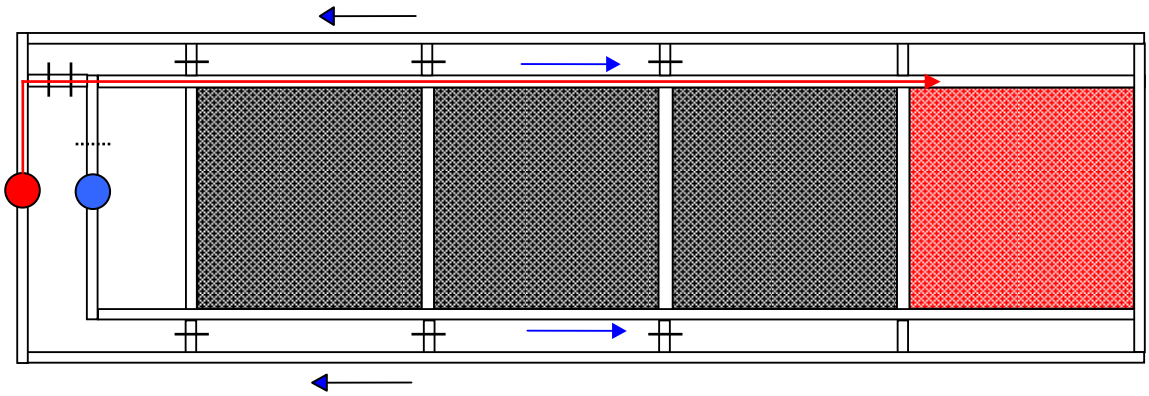


Abbildung 3: Hauptvariante 2 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 4 Richtstrecken

1.3 Hauptvariante 3 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 3 Richtstrecken

Im Hinblick auf eine mögliche Reduzierung des Auffahraufwandes bei Hauptvariante 2 geht die Hauptvariante 3 geht von nur einer Abwetterstrecke aus. Für die Anordnung der insgesamt 3 Richtstrecken gibt es theoretisch 6 Möglichkeiten, von denen jedoch 2 entfallen, da die Richtstrecke für den Haufwerkstransport immer eine der an die Einlagerungsfelder angrenzenden Richtstrecken sein muss. In Abbildung 4 ist beispielhaft die Variante mit nebeneinanderliegender Gebindetransport- und Abwetterstrecke dargestellt, wobei die Abwetterstrecke innen liegt.

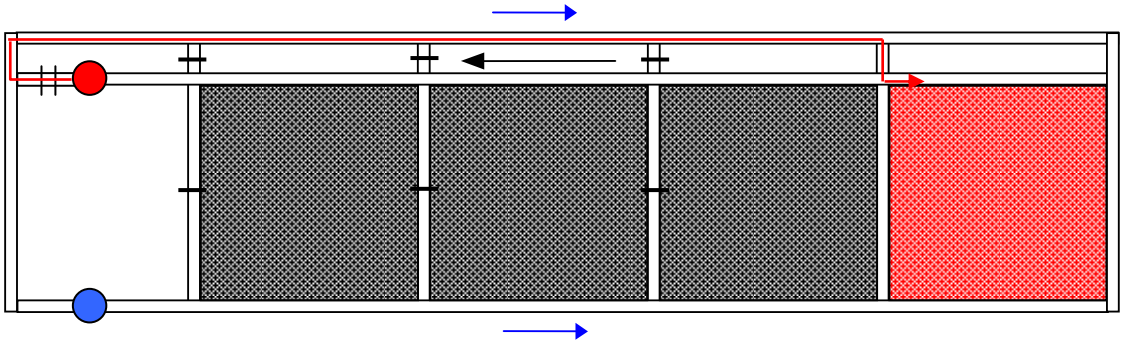


Abbildung 4: Hauptvariante 3 - Anbindung der Einlagerungsfelder über 3 Richtstrecken

2 Untersuchung der Hauptvarianten

Basierend auf den Hauptvarianten werden die verschiedenen Anordnungen der Einlagerungsstrecken in den Einlagerungsfeldern untersucht und bewertet.

Die Einlagerungsstrecken können grundsätzlich durchschlägig oder nicht durchschlägig sein.

- Einlagerungsstrecken durchschlägig
  Durchschlägige Einlagerungsstrecken ermöglichen die Aufteilung einer Einlagerungsstrecke in einen KB und ÜB zum Zwecke möglicher zeitlicher Parallelisierung von Arbeitsvorgängen. Durchschlägige Einlagerungsstrecken sind nur für Bohrlochlagerung mit möglicher vorbauartiger Einlagerung (Befüllung der Bohrlöcher) geeignet.

- Einlagerungsstrecken nicht durchschlägig
  Nicht durchschlägige Einlagerungsstrecken vereinfachen das Verschließen der Einlagerungsstrecken, da nur 1 Streckenverschluss benötigt wird, lassen jedoch keine zeitliche Parallelisierung von Arbeitsvorgängen in dem oben genannten Sinne zu. Sie sind geeignet für die rückbauartig betriebene Streckenlagerung.

Die Untersuchung und Bewertung der Varianten erfolgt anhand von folgenden Fest- und Wunschforderungen. Die Festforderungen sind von den Varianten in vollem Umfang zu erfüllen. Die Wunschforderungen müssen nicht unbedingt erfüllt werden.

Festforderungen:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) im Auffahrbereich (ÜB)
- keine gegenseitige Behinderung von Auffahraktivitäten und Einlagerungsbetrieb (keine Auffahraktivitäten im KB)
- keine Auffahrungen von ÜB in KB (Vermeidung Behinderung von Betriebsabläufen und von Wetterteilkreisläufen) (diese Forderung bezieht sich auf die durchschlägigen Einlagerungsstrecken bei der Bohrlochlagerung)
- spätestmögliche Auffahrung Einlagerungsstrecken in Bezug zur Einlagerung (zeitliche Flexibilität, Konvergenz)
- spätestmögliche Herstellung Bohrlöcher in Bezug zur Einlagerung (zeitliche Flexibilität, Konvergenz) (nur Bohrlochlagerung)

Wunschforderungen:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- geringer Auffahrungsaufwand (Anzahl Querschläge) (nur Bohrlochlagerung)
- möglichst kurze Wege für Gebindetransport
- möglichst kurze Wege für Haufwerkstransport
- geringe Sonderbewetterungslängen

Bei der nachfolgenden Untersuchung der Varianten erfolgt eine Bewertung im Hinblick auf die Erfüllung der Wunschforderungen nur dann, wenn die Festforderungen erfüllt sind.

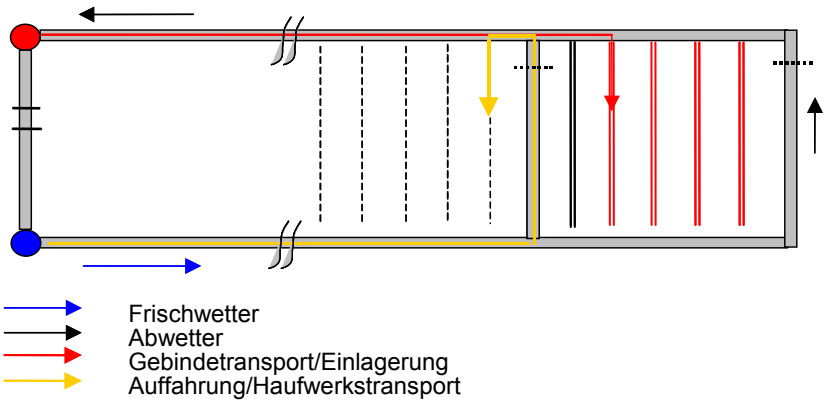
2.1 Hauptvariante 1

2.1.1 Streckenlagerung

Für die Streckenlagerung (Einlagerungsstrecken sind nicht durchschlägig) sind 4 Varianten denkbar.

2.1.1.1 Variante 1/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Richtstrecke KB ausgehend

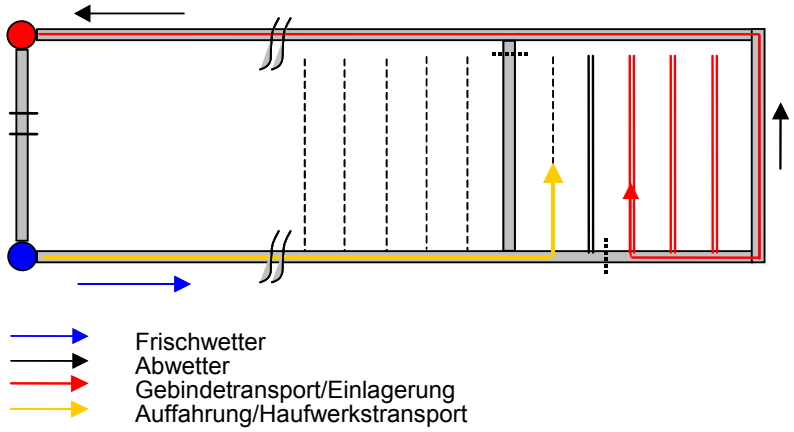
Zur Ermöglichung einer rückbauartigen Belegung der Einlagerungsfelder in Richtung auf die Schächte zu bei gleichzeitig spätestmöglicher Auffahrung der Einlagerungsstrecken müssten die Auffahrungen von der Gebindetransportstrecke (KB) ausgehen. Dies führt zu Behinderungen der Betriebsabläufe für die Einlagerung. Alternative wäre eine vorbauartige Belegung der Einlagerungsfelder (von den Schächten zur Grubenfeldgrenze) oder die vorherige Herstellung sämtlicher Einlagerungsstrecken erforderlich.



Bewertung: nicht möglich - entfällt; Auffahrung im KB und Behinderung von Betriebsabläufen

2.1.1.2 Variante 1/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Richtstrecke ÜB ausgehend

Bei dieser Anordnung gehen die Einlagerungsstrecken von der Richtstrecke für den Haufwerkstransport aus. Eine rückbauartige Belegung der Einlagerungsfelder bei gleichzeitiger Herstellung der Einlagerungsstrecken in Spätestlage ist möglich. Nachteilig sind die sehr langen Transportwege für die Gebinde, die hier immer über den jeweils schachtabgewandten Querschlag eines Einlagerungsfeldes erfolgen.



Bewertung: möglich

Vorteile:

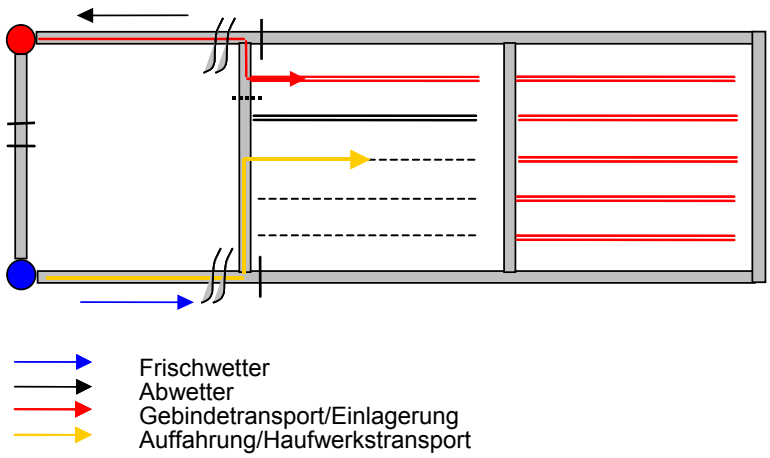
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke (bei Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB))
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke (bei Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im KB), alternativ Lutte aus Auffahrbereich bis schachtzugewandter Querschlag

Nachteile:

- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und schachtabgewandter Querschlag)
- Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke) (alternative große Sonderbewetterungslängen)

2.1.1.3 Variante 1/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend

Die Anordnung der Einlagerungsstrecken an dem schachtzugewandten Querschlag ermöglicht kurze Transportwege bei gleichzeitig rückbauartiger Belegung der Einlagerungsfelder in Richtung auf die Schächte zu und spätestmöglicher Auffahrung der Einlagerungsstrecken.



Bewertung: möglich (beste Variante)

Vorteile:

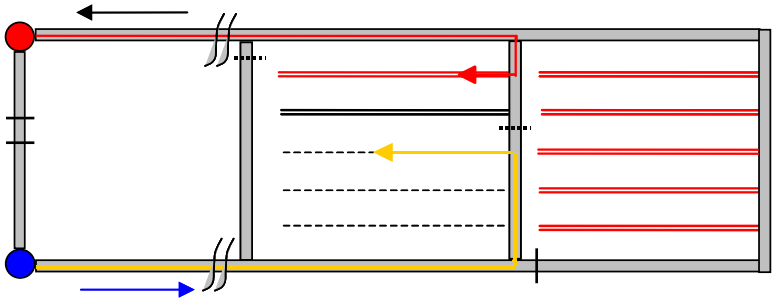
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke (bei Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB))
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke

Nachteile:

- Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke) (alternative große Sonderbewetterungslängen)

2.1.1.4 Variante 1/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend

Die rückbauartige Belegung der Einlagerungsfelder bei gleichzeitiger Herstellung der Einlagerungsstrecken in Spätestlage ist auch bei Anschluss der Einlagerungsstrecken an den schachtabgewandten Querschlag gegeben. Die Transportwege für die Gebinde verlängern sich jedoch um den Richtstreckenabschnitt zwischen den Querschlägen.



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke (bei Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB))
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke

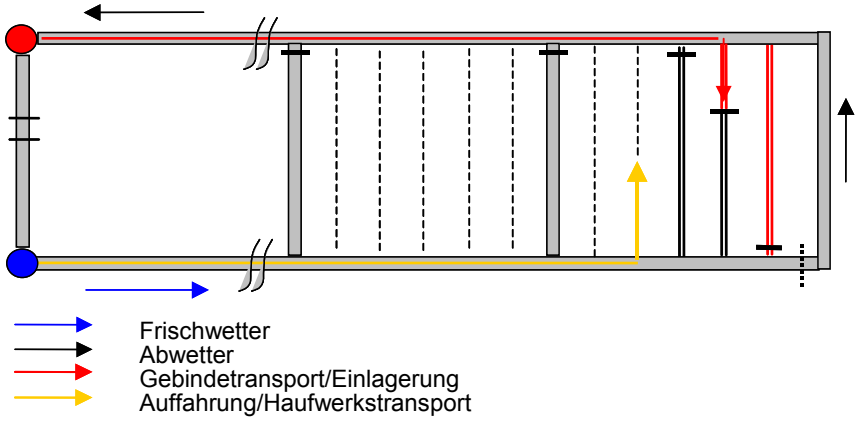
Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke) (alternative große Sonderbewetterungslängen)

2.1.2 Bohrlochlagerung

Für die Bohrlochlagerung (Einlagerungsstrecken sind durchschlägig) sind 2 Varianten mit Untervarianten denkbar.

2.1.2.1 Variante 1/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig

Eine querschlägige Anordnung der Einlagerungsstrecken würde bei rückbauartiger Belegung der Einlagerungsfelder zu Behinderungen von Betriebsabläufen bei der Einlagerung und ggf. zu Wetterteilkreisläufen beim Durchschlag in die Gebindetransportstrecke führen. Alternativ wäre eine vorbauartige Belegung der Einlagerungsfelder (von den Schächten zur Grubenfeldgrenze) oder die vorherige Herstellung sämtlicher Einlagerungsstrecken erforderlich.



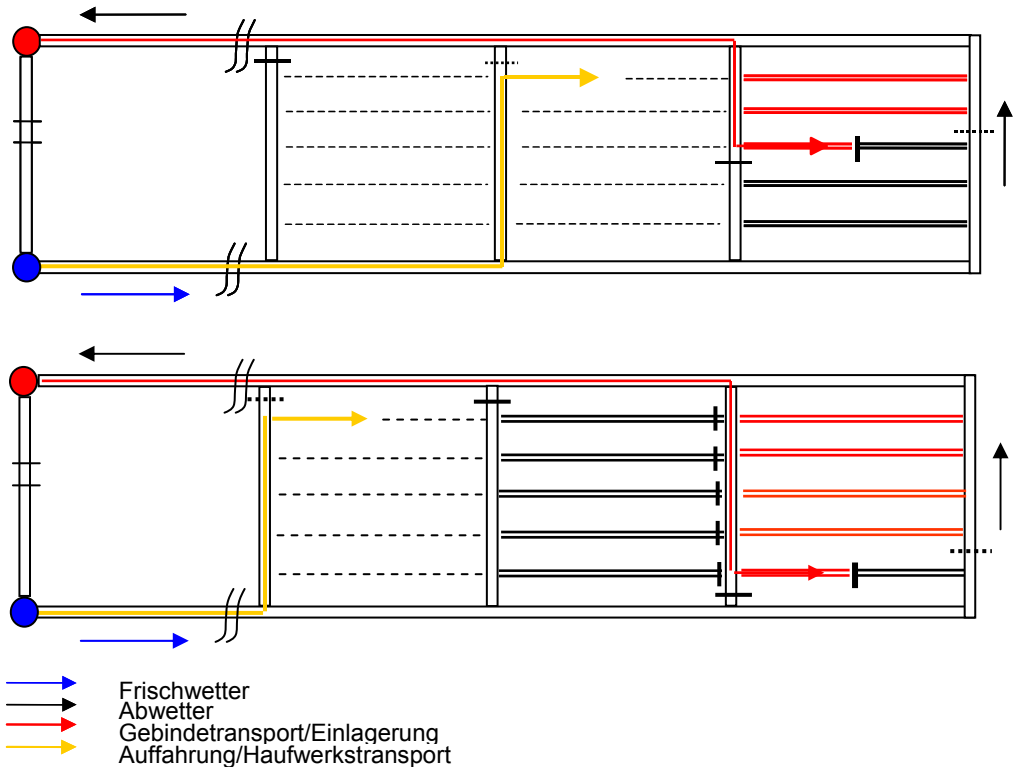
Bewertung: nicht möglich - entfällt; Auffahrung in KB und Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB

2.1.2.2 Variante 1/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend

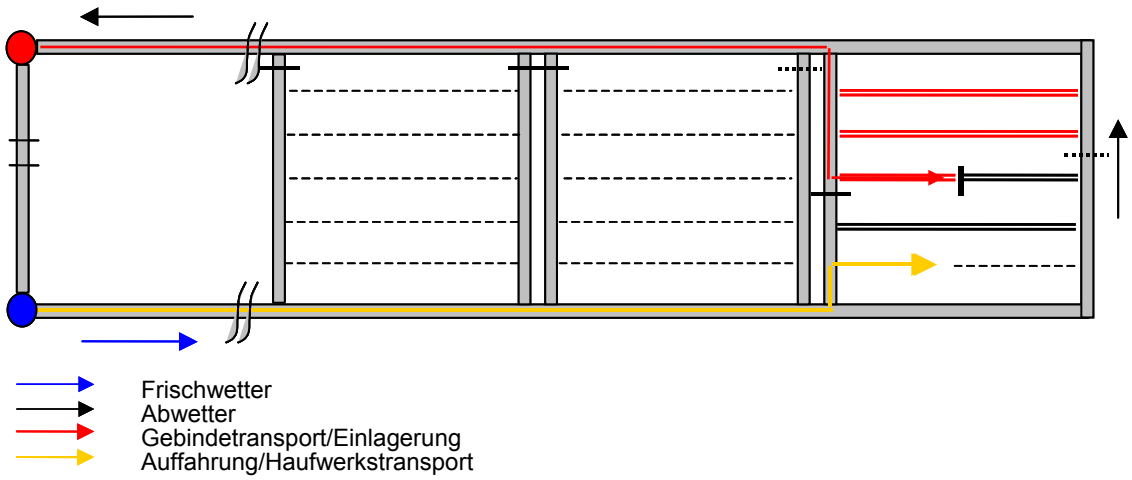
Bei der Variante 1/2BL ergeben sich hinsichtlich des Weges für den Gebindetransport zwei denkbare Untervarianten. Der Gebindetransport kann entweder über den schachtzugewandten oder den schachtabgewandten Querschlag erfolgen.

Variante 1/2.1BL - Gebindetransport über schachtzugewandten Querschlag

Ein Transport über den schachtzugewandten Querschlag ist mit dem Vorteil vergleichsweise kurzer Transportwege verbunden. Dem steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass die Auffahrung der Einlagerungsstrecken und die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage nur beim 1. Einlagerungsfeld möglich wären, da der Querschlag sukzessive der Kontrollbereich zugeordnet wird, wie das hier beispielhaft für zwei Situationen dargestellt ist. Um zumindest die Bohrlöcher in Spätestlage herstellen zu können, wäre beim Wechsel des Einlagerungsbetriebs zum 2. Einlagerungsfeld ein Umwidmung des Querschlags von KB in ÜB denkbar. Die Auffahrung der Einlagerungsstrecken müsste jedoch nach wie vor der Einlagerung soweit voraus eilen, dass der Durchschlag nicht in einen bereits dem KB zugeordneten und für den Gebindetransport genutzten Abschnitt eine Querschlags erfolgt.



Um dies zu umgehen, besteht die Möglichkeit, zwischen den Einlagerungsfeldern jeweils zwei Querschläge vorzusehen. Dadurch können sowohl die Auffahrungen der Einlagerungsstrecken als auch die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage erfolgen, ohne dass es zu gegenseitigen Behinderungen von Betriebsabläufen kommt.



Bewertung: möglich

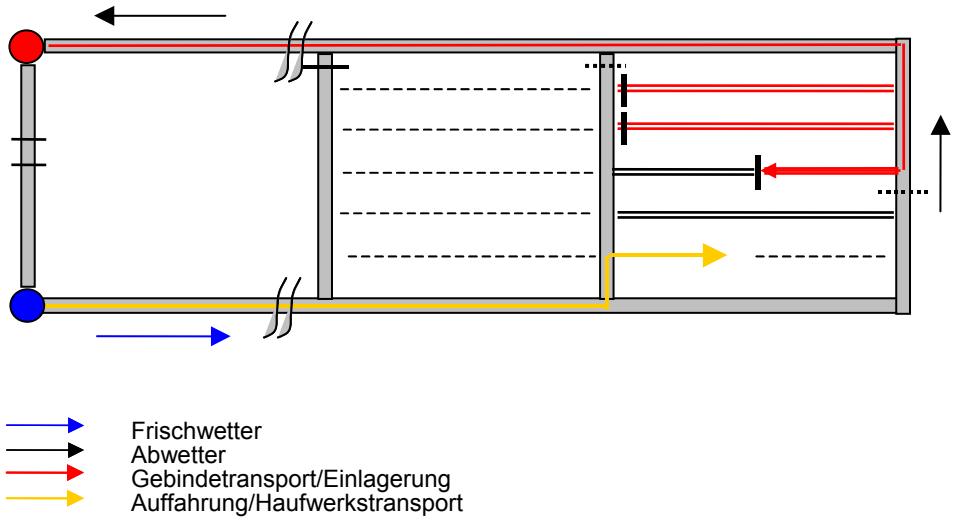
Vorteile:

- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:
- Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- Nachnutzung Abwetter aus Einlagerungsbereich an anderen Betriebspunkten im KB, alternative große Sonderbewetterungslängen
- hoher Auffahrungsaufwand (2 Querschläge je Einlagerungsfeld erforderlich)

Variante 1/2.2BL - Gebindetransport über schachtabgewandten Querschlag

Eine weitere Möglichkeit ist, den Gebindetransport über den jeweils schachtabgewandten Querschlag zu führen. Dadurch können auch ohne einen zusätzlichen Querschlag wie bei Variante 1/2.1BL die Auffahrungen der Einlagerungsstrecken und die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage erfolgen, ohne dass es zu gegenseitigen Behinderungen von Betriebsabläufen kommt. Dies ist zwar mit einer Verlängerung des Transportweges für die Gebinde und mit zusätzlicher Gleisverlegung im Richtstreckenabschnitt des 1. Feldes verbunden, wird jedoch im Vergleich mit der Auffahrung von zusätzlichen Querschlägen als deutlich vorteilhafter erachtet.



Bewertung: möglich (beste Variante)

Vorteile:
- im Vergleich zu Variante 1/2.1BL nur 1 Querschlag je Einlagerungsfeld
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke

Nachteile:
- Nachnutzung Abwetter aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- Nachnutzung Abwetter aus Einlagerungsbereich an anderen Betriebspunkten im KB, alternative große Sonderbewetterungslängen
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)

2.1.3 Fazit Hauptvariante 1

Bei Hauptvariante 1 können prinzipiell die Wunschforderungen

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)

nicht oder nur zum Teil erfüllt werden. Während eine Nachnutzung der aus dem ÜB stammenden Wetter im KB nicht vermieden werden kann, könnten die Abwetter aus dem Einlagerungsbereich in einer Lutte (saugende Sonderbewetterung) zum ausziehenden Gebindetransportschacht geführt werden, so dass in der Gebindetranstportstrecke nur die Nachnutzung der Wetter aus dem Auffahrbereich (ÜB) erfolgt. Dies wäre aber im Hinblick auf die große Ausdehnung des Grubengebäudes mit hohem Aufwand verbunden. Demgegenüber steht der Vorteil insgesamt geringer Auffahrungslänge.

Von den vorstehenden Varianten für die Strecken- und die Bohrlochlagerung weisen folgende Varianten die meisten Vorteile auf:

- Streckenlagerung: V1/3SL (keine Nachteile)
- Bohrlochlagerung: 1/2.2BL (Nachteil: durch Gebindetransport über schachtabgewandten Querschlag längere Transportwege (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen))

Beide Varianten sind im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Einlagerungsstrecken von den Querschlägen ausgehen.

2.2 Hauptvariante 2

Im Gegensatz zur Hauptvariante 1 ergeben sich für die Anordnung der Richtstrecken in Bezug zu den Einlagerungsfeldern insgesamt sechs Möglichkeiten, von denen die Anordnung mit außen liegender Haufwerkstransportstrecke und daneben und innen liegender Gebindetransportstrecke von vorn herein ausscheidet, weil der Zugang zu den Einlagerungsfeldern für die Auffahrung der Einlagerungsstrecken die Gebindetransportstrecke kreuzen würde. Im Hinblick auf eine mögliche parallele Zusammenschaltung der Einlagerungsabteilungen können die jeweils außen liegenden Strecken von jeweils 2 Abteilungen genutzt werden. Dies ist bei den Haufwerkstransport- und Gebindetransportstrecken mit erheblichen Vorteilen verbunden, da dann eine gemeinsame Nutzung der Gurtförderanlage und den Gleisen für den Gebindetransport erfolgen kann.

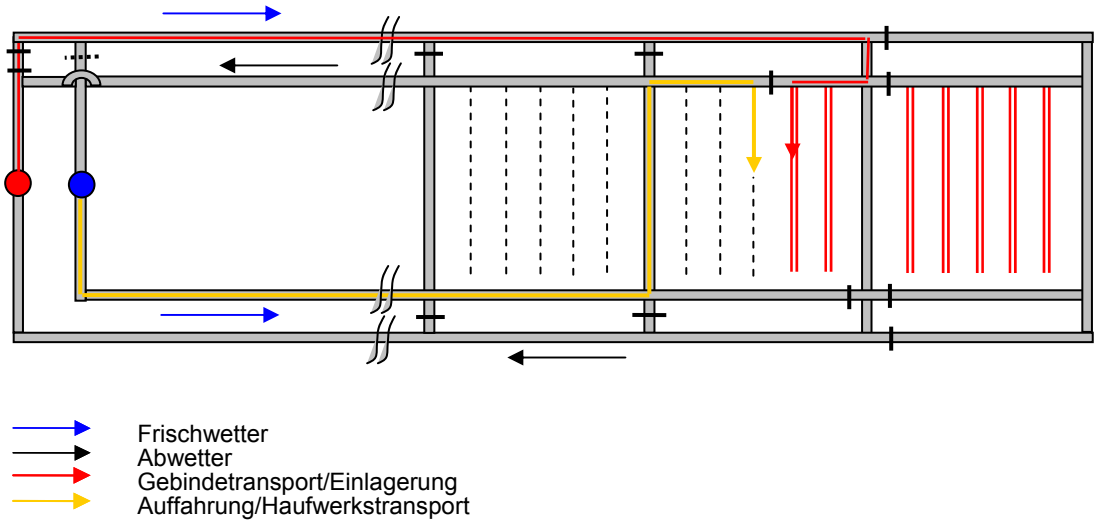
2.2.1 Streckenlagerung

Für die Streckenlagerung (Einlagerungsstrecken sind nicht durchschlägig) sind hinsichtlich der Anordnung der Einlagerungsstrecken in Bezug zu den Richtstrecken bzw. Querschlägen 4 Varianten denkbar.

2.2.1.1 Variante 2/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von oberer Richtstrecke ausgehend

Dieses Konzept ist nur möglich, wenn der Gebindetransport über eine Außenstrecke erfolgt und die Haufwerkstransportstrecke innen liegt, damit die durch den schachtabgewandten Querschlag ziehenden Abwetter aus dem Einlagerungsbetrieb sich mit dem Frischwetterzubringer im Überwachungsbereich nicht kreuzen. Insgesamt sind 2 Untervarianten zu betrachten.

Variante 2/1.1SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke gegenüber liegend

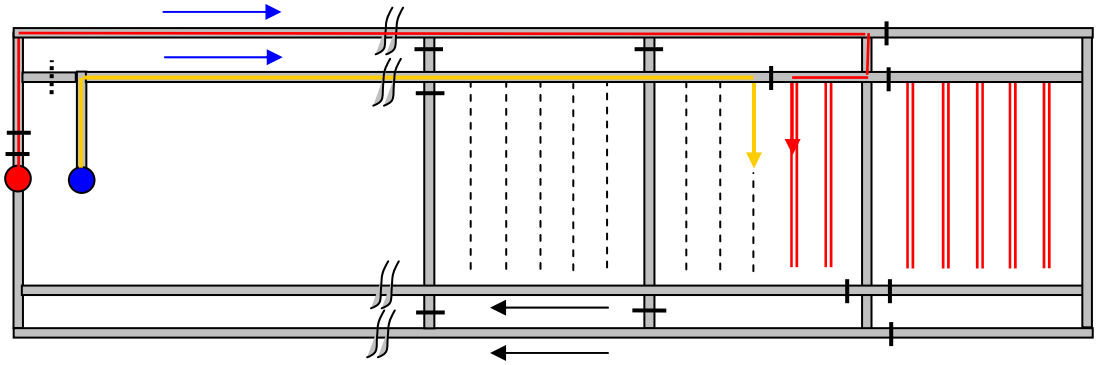


Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Querschlag)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/1.2SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke nebeneinander



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

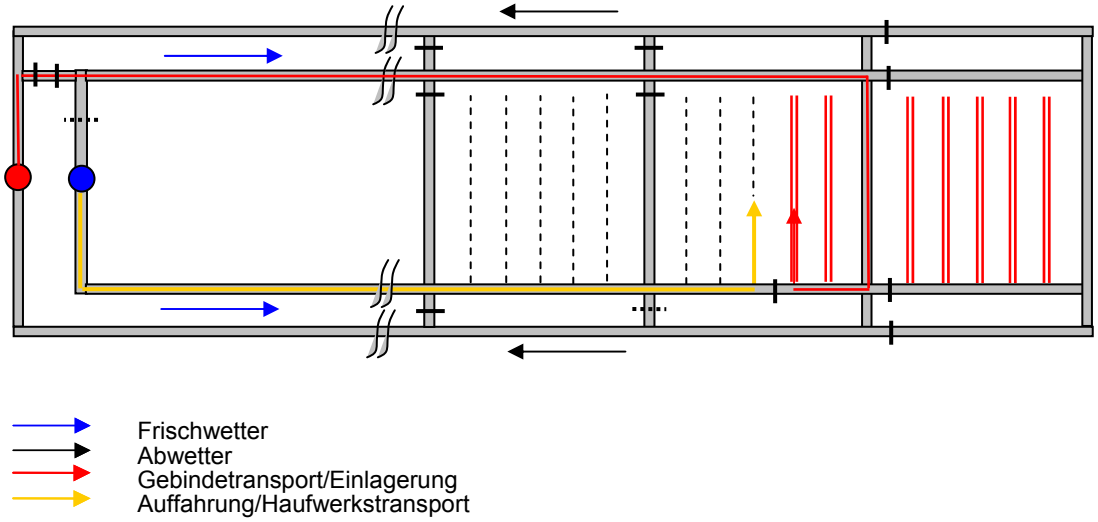
Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.1.2 Variante 2/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von unterer Richtstrecke ausgehend

Bei diesem Konzept kann der Gebindetransport nur über den schachtabgewandten Querschlag erfolgen. Insgesamt sind vier Untervarianten denkbar.

Variante 2/2.1SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Bewertung: möglich

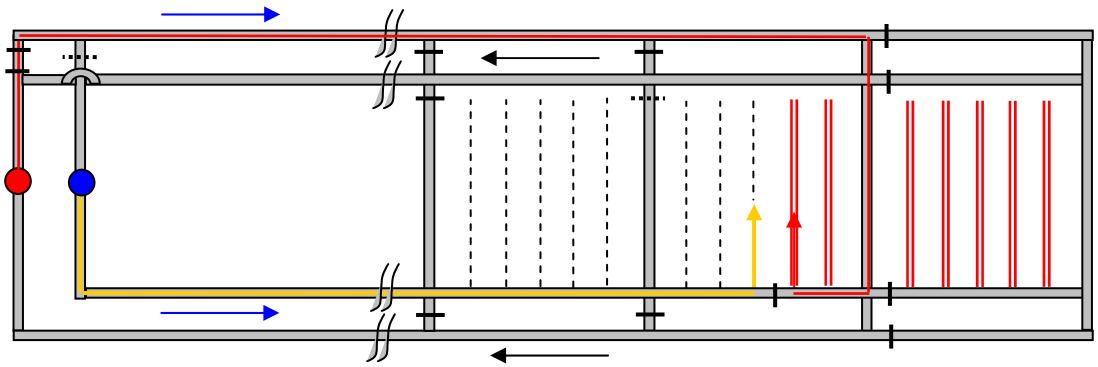
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt (obere Abwetterstrecke kann entfallen)
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:

- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- Kombinationsfähigkeit nur Abwetterstrecken
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Abwetterstrecken möglich

Variante 2/2.2SL Gebindetransportstrecke außen und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

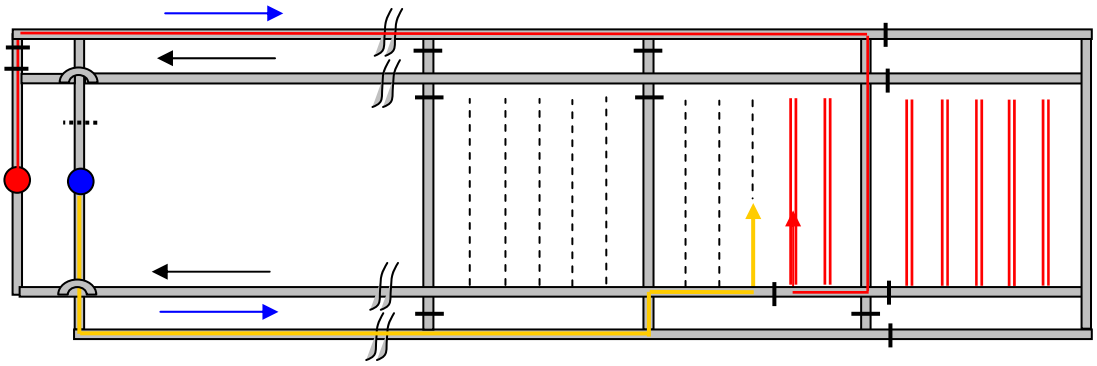
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:

- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/2.3SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



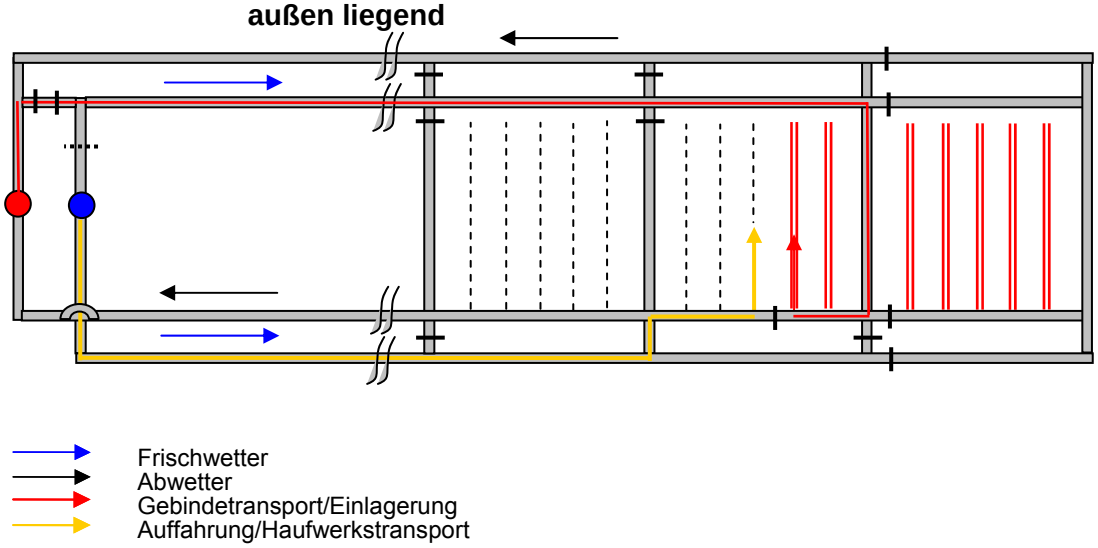
Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich

Nachteile:
- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- lange Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke, Richtstreckenabschnitt und Querschlag

Variante 2/2.4SL Gebindetransportstrecke innen und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

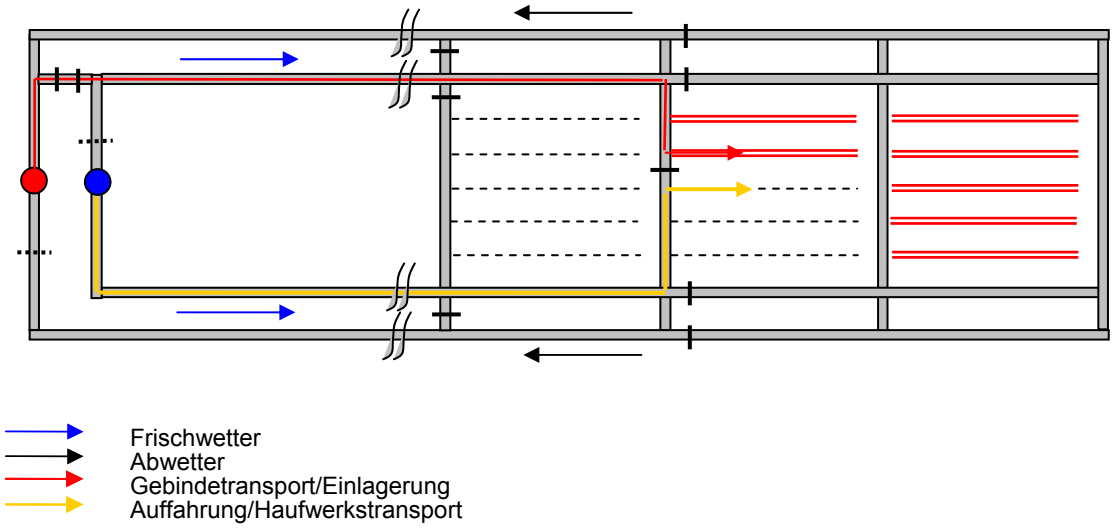
Nachteile:
- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)

- lange Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke, Richtstreckenabschnitt und Querschlag
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.1.3 Variante 2/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend

Diese Variante ermöglicht kurze Wege für Gebinde- und Haufwerkstransport. Insgesamt erben sich vier Untervarianten.

Variante 2/3.1SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke innen liegend

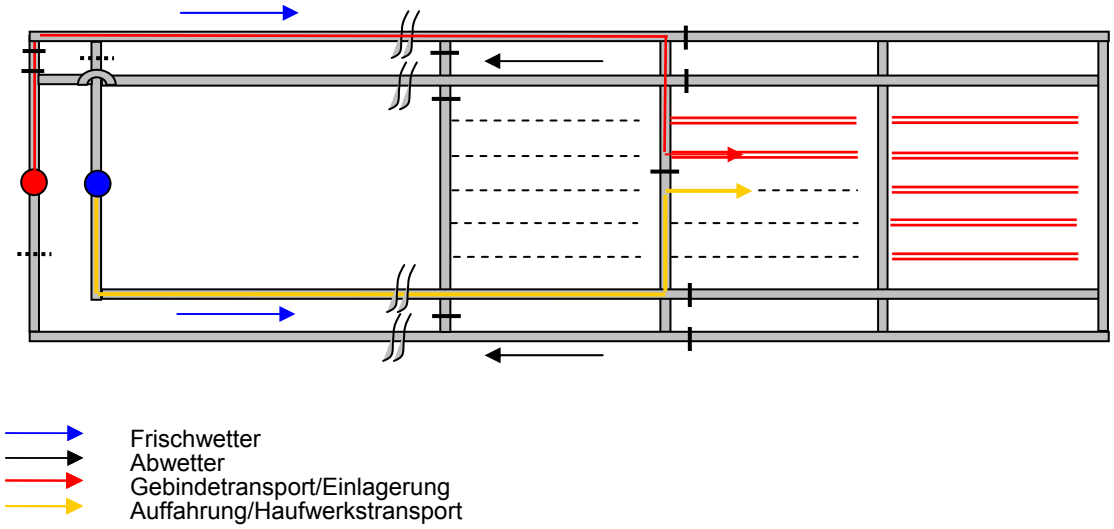


Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Abwetterstrecken möglich

Variante 2/3.2SL Gebindetransportstrecke außen und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Bewertung: möglich

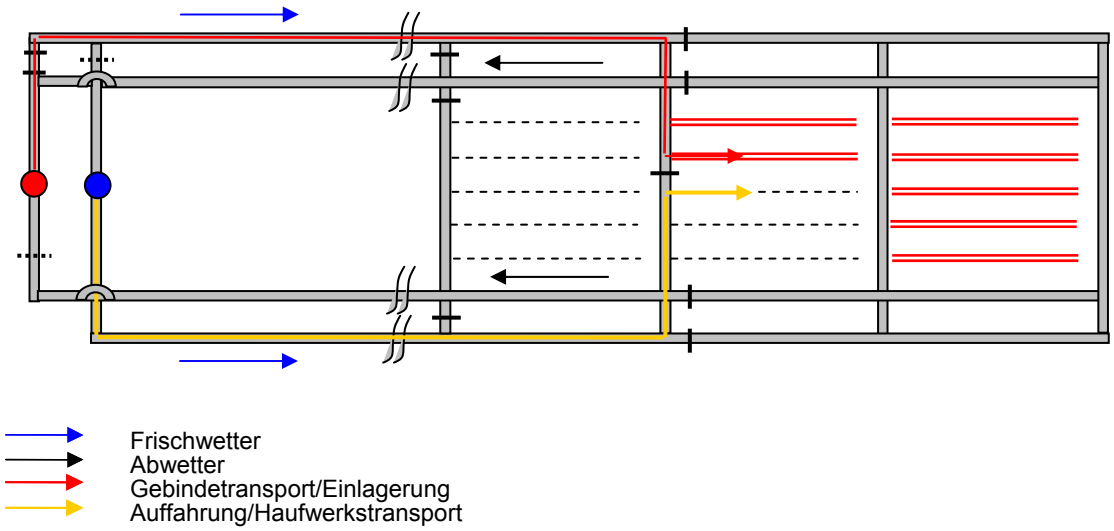
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/3.3SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke außen liegend

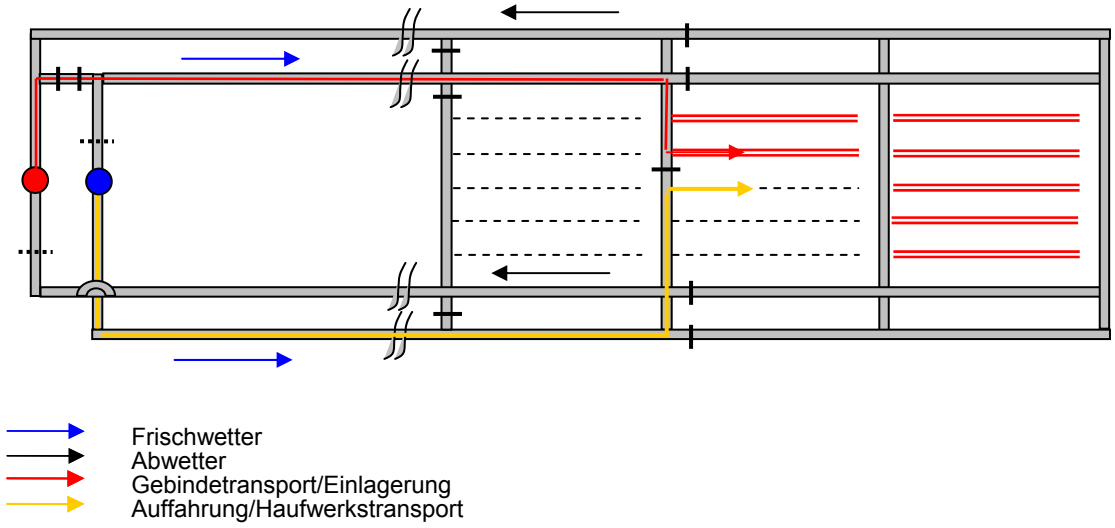


Bewertung: möglich (beste Variante)

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich

Nachteile:
- keine

Variante 2/3.4SL Gebindetransportstrecke innen und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



Bewertung: möglich

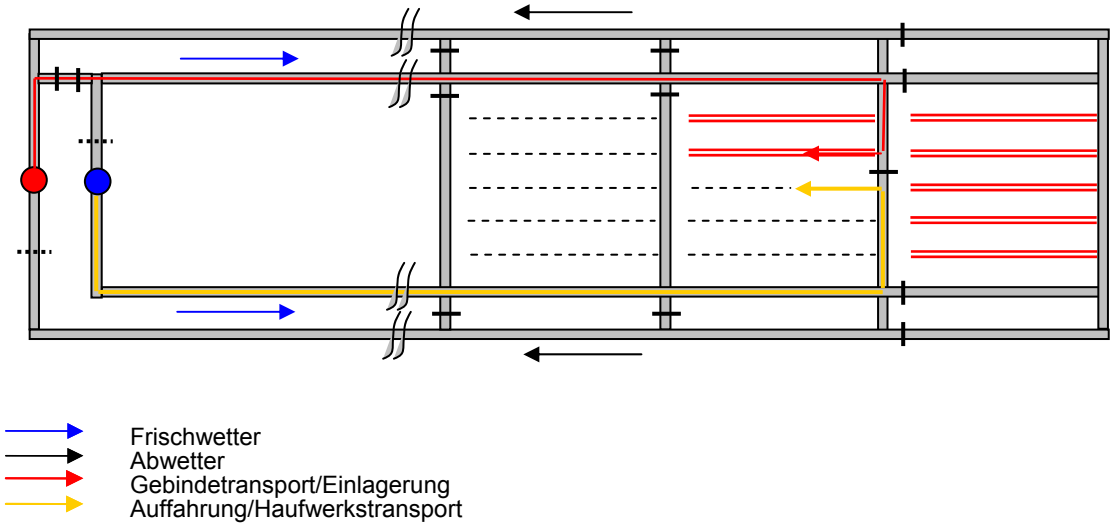
Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.1.4 Variante 2/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend

Variante 2/4.1SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Bewertung: möglich

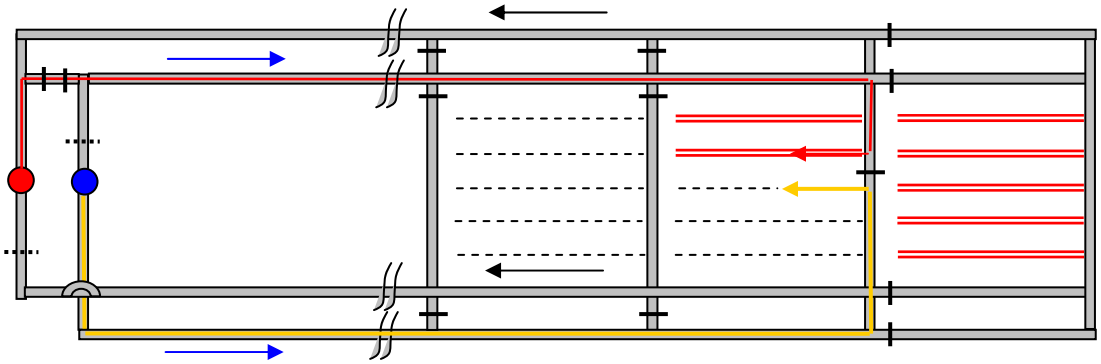
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Abwetterstrecken möglich

Variante 2/4.2SL Gebindetransportstrecke innen und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

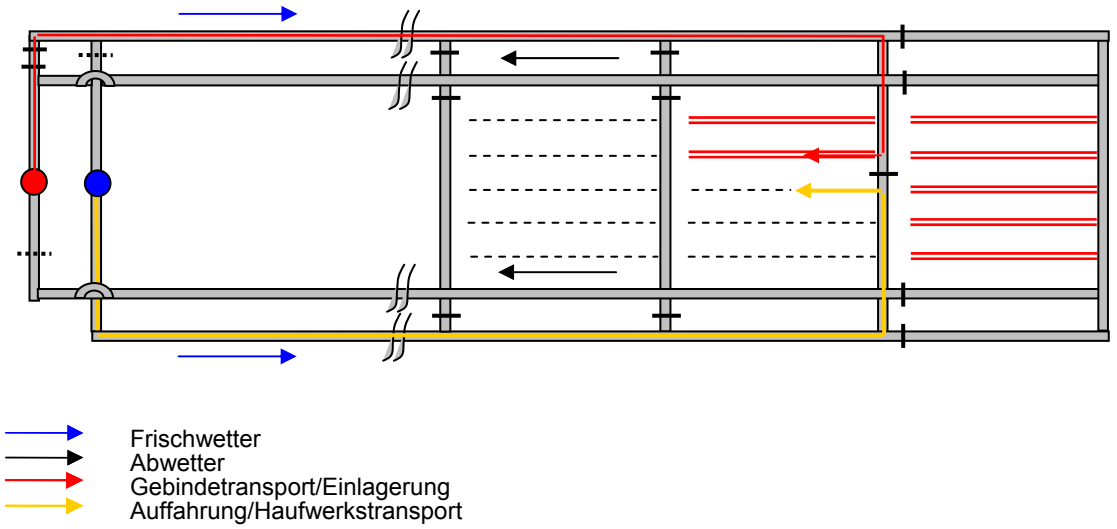
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/4.3SL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



Bewertung: möglich

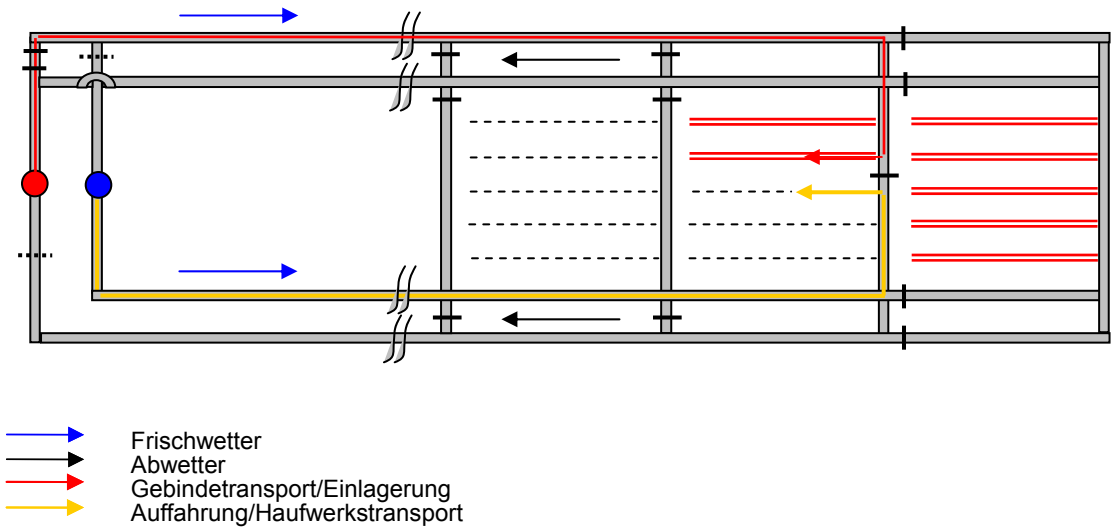
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)

Variante 2/4.4SL Gebindetransportstrecke außen und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.2 Bohrlochlagerung

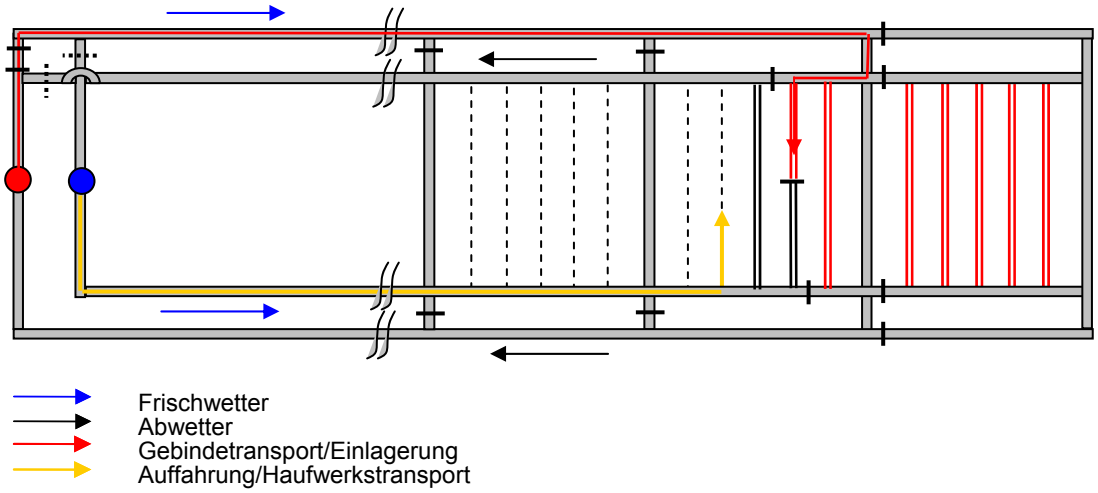
Für die Bohrlochlagerung (Einlagerungsstrecken sind durchschlägig) sind hinsichtlich der Anordnung der Einlagerungsstrecken in Bezug zu den Richtstrecken bzw. Querschlägen 2 Varianten denkbar.

2.2.2.1 Variante 2/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig

Eine querschlägige Anordnung der Einlagerungsstrecken bei gleichzeitiger Ermöglichung einer Herstellung der Einlagerungsstrecken und Bohrlöcher in Spätestlage ist nur realisier-

bar, wenn der Gebindetransport über eine äußere Richtstrecke erfolgt, um Auffahrungen in die Gebindetransportstrecke zu vermeiden. Dagegen kann die Haufwerkstransportstrecke nur innen liegen, um die Abwetter aus dem Kontrollbereich abführen zu können. Daraus ergeben sich nur zwei zu betrachtende Untervarianten.

Variante 2/1.1BL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke gegenüber liegend



Bewertung: möglich

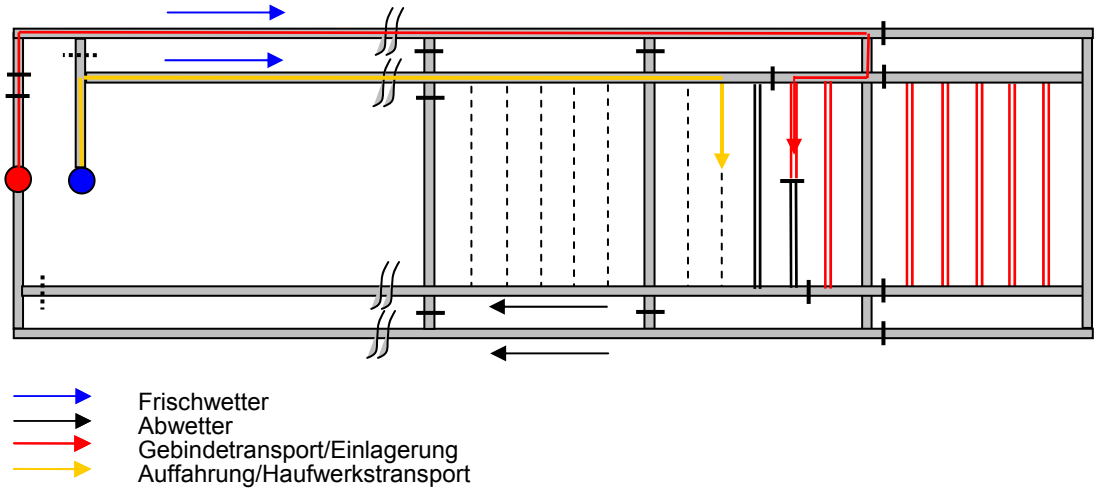
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/1.2BL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke nebeneinander liegend



Bewertung: möglich

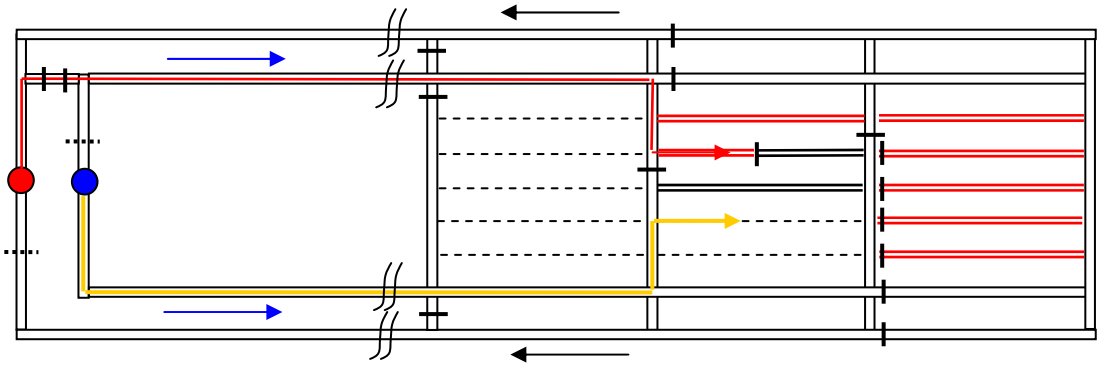
Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.2.2 Variante 2/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend

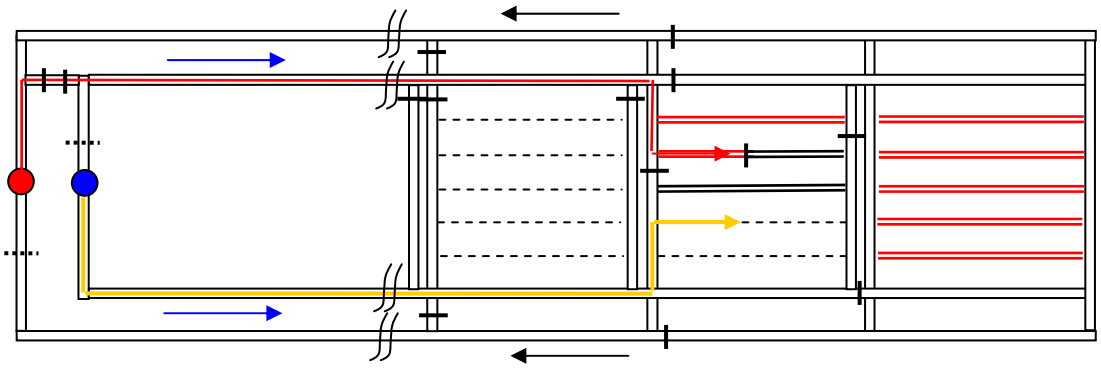
Bei der Variante 2/2BL ergeben sich hinsichtlich der Anordnung der Richtstrecken vier Untervarianten. Zusätzlich kann noch jeweils unterschieden werden, ob der Gebindetransport über den schachtzugewandten oder den schachtabgewandten Querschlag erfolgt. Ein Transport über den schachtzugewandten Querschlag ist mit dem Vorteil vergleichsweise kurzer Transportwege verbunden. Dem steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass die Auffahrung der Einlagerungsstrecken und die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage nur beim 1. Einlagerungsfeld möglich wären, da der Querschlag sukzessive der Kontrollbereich zugeordnet wird, wie das hier beispielhaft für die Richtstreckenanordnung „Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke innen liegend„ dargestellt ist. Um zumindest die Bohrlöcher in Spätestlage herstellen zu können, wäre beim Wechsel des Einlagerungsbetriebs zum 2. Einlagerungsfeld ein Umwidmung des Querschlags von KB in ÜB denkbar. Die Auffahrung der Einlagerungsstrecken müsste jedoch nach wie vor der Einlagerung soweit voraus eilen,

dass der Durchschlag nicht in einen bereits dem KB zugeordneten und für den Gebindetransport genutzten Abschnitt eine Querschlags erfolgt.



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

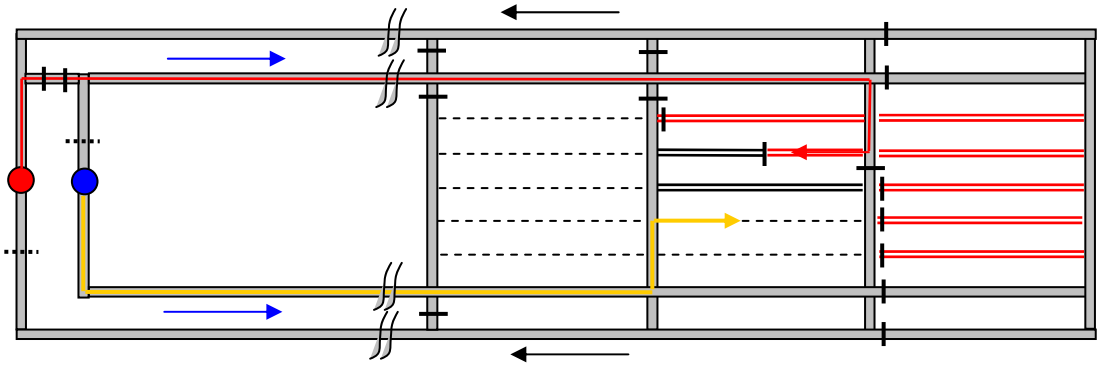
Um dies zu umgehen, besteht die Möglichkeit, zwischen den Einlagerungsfeldern jeweils zwei Querschläge vorzusehen. Dadurch können sowohl die Auffahrungen der Einlagerungsstrecken als auch die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage erfolgen, ohne dass es zu gegenseitigen Behinderungen von Betriebsabläufen kommt.



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Eine weitere Möglichkeit ist, den Gebindetransport über den jeweils schachtabgewandten Querschlag zu führen. Dies ist zwar mit einer Verlängerung des Transportweges für die Gebinde und mit zusätzlicher Gleisverlegung im Richtstreckenabschnitt des 1. Feldes verbunden, wird jedoch im Vergleich mit der Auffahrung von zusätzlichen Querschlägen als deutlich vorteilhafter erachtet. Insofern wird bei den vier Untervarianten nur ein Gebindetransport über den schachtabgewandten Querschlag unterstellt.

Variante 2/2.1BL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke innen liegend



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

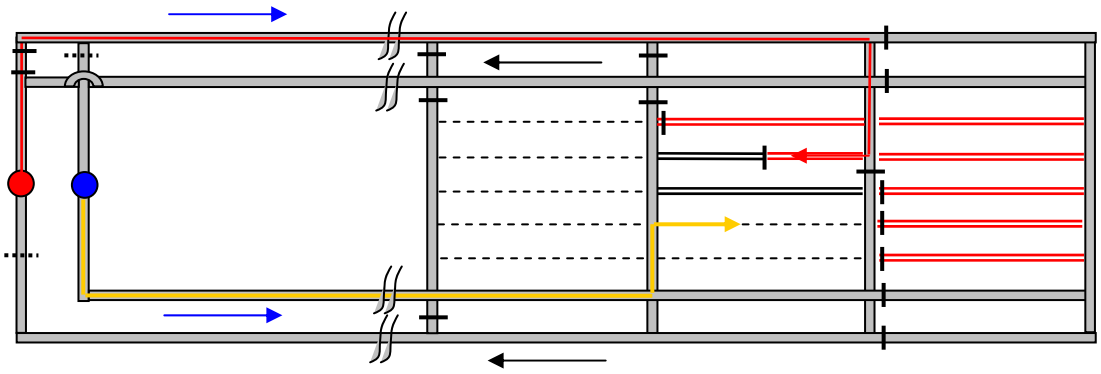
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Abwetterstrecken möglich

Variante 2/2.2BL Gebindetransportstrecke außen und Haufwerkstransportstrecke auf gegenüber liegender Seite innen



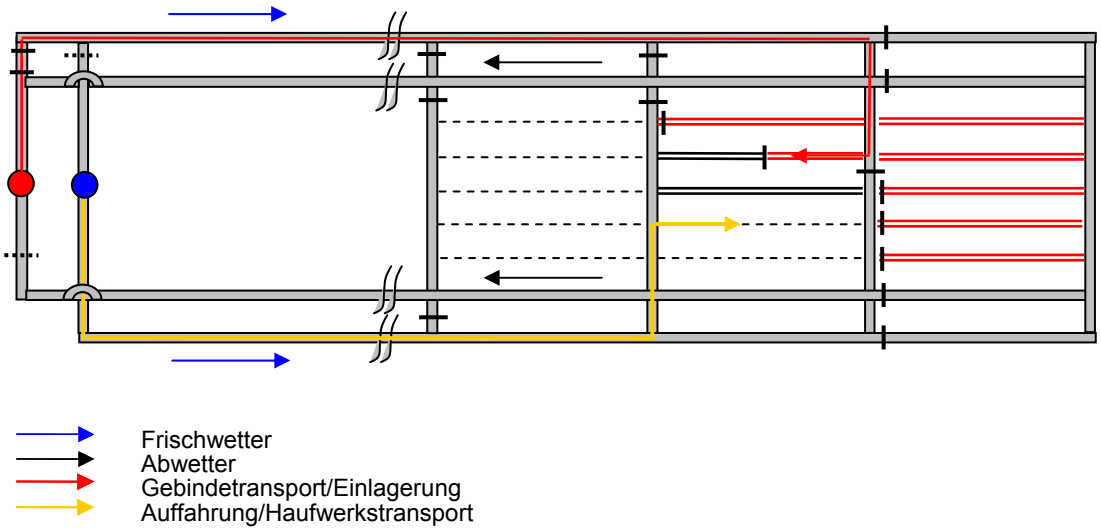
Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 2/2.3BL Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



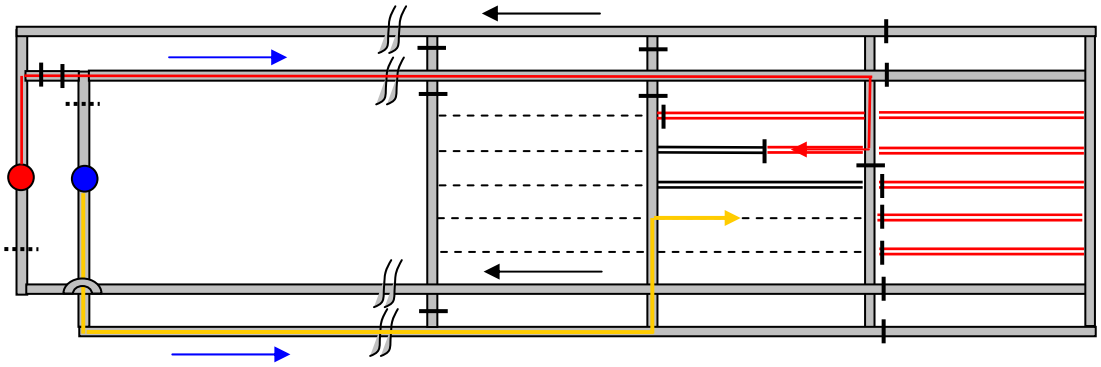
Bewertung: möglich (beste Variante)

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)

Variante 2/2.4BL Gebindetransportstrecke innen und Haufwerkstransportstrecke außen liegend



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

2.2.3 Fazit Hauptvariante 2

Von den vorstehenden Varianten für die Strecken- und die Bohrlochlagerung weisen folgende Varianten die meisten Vorteile auf:

- Streckenlagerung: V2/3.3SL (keine Nachteile)
- Bohrlochlagerung: V2/2.3BL (Nachteil: durch Gebindetransport über schachtabgewandten Querschlag längere Transportwege (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)

Beide Varianten sind im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Einlagerungsstrecken von den Querschlägen ausgehen und die Abwetterstrecken an die Einlagerungsfelder grenzen.

2.3 Hauptvariante 3

Bei einem 3-Streckensystem gibt es für die Anordnung der Strecken in Bezug zu den Einlagerungsfeldern theoretisch 6 Möglichkeiten, von denen aber nur 4 die notwendige Lage der Haufwerkstransportstrecke (ÜB) direkt am Einlagerungsfeld beinhalten. Dies sind:

- Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, wobei Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegt (Haufwerkstransportstrecke auf gegenüber liegender Seite)
- Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, wobei Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegt (Haufwerkstransportstrecke auf gegenüber liegender Seite)
- Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, wobei Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegt (Gebindetransportstrecke auf gegenüber liegender Seite)
- Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, wobei Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegt (Abwetterstrecke auf gegenüber liegender Seite)

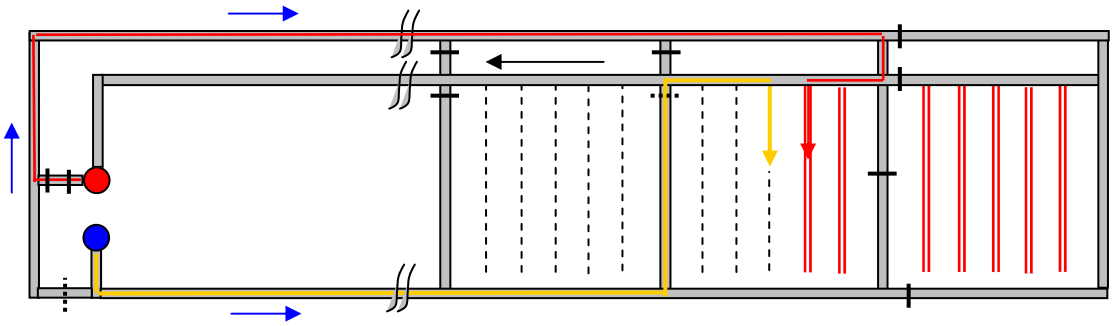
Im Hinblick auf eine mögliche parallele Zusammenschaltung der Einlagerungsabteilungen können die jeweils außen liegenden Strecken von jeweils 2 Abteilungen genutzt werden. Dies ist bei den Haufwerkstransport- und Gebindetransportstrecken mit erheblichen Vorteilen verbunden, da dann eine gemeinsame Nutzung der Gurtförderanlage und den Gleisen für den Gebindetransport erfolgen kann.

2.3.1 Streckenlagerung

Für die Streckenlagerung (Einlagerungsstrecken sind nicht durchschlägig) sind hinsichtlich der Anordnung der Einlagerungsstrecken in Bezug zu den Richtstrecken bzw. Querschlägen 4 Varianten denkbar.

2.3.1.1 Variante 3/1SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von Doppelstreckensystem ausgehend

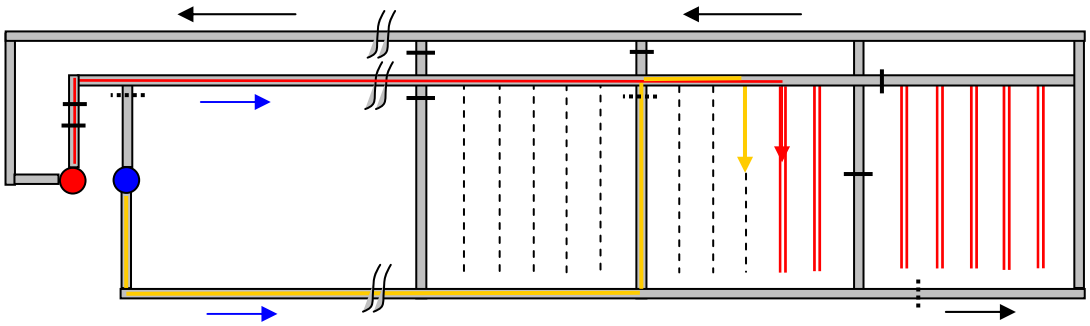
Variante 3/1.1SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB, Auffahrung von Abwetterstrecke (KB) ausgehend

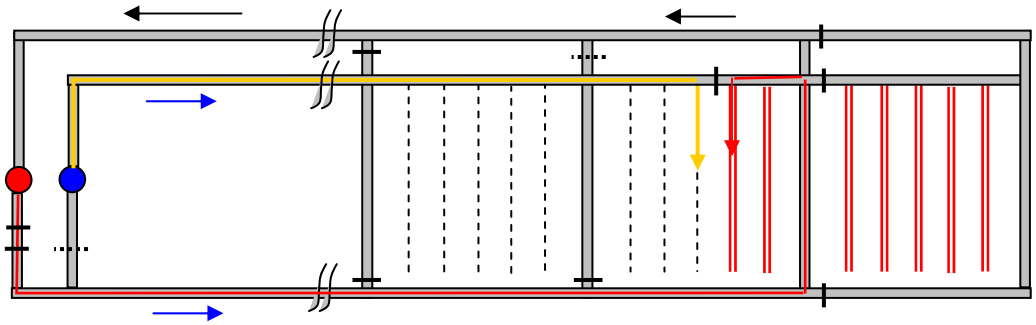
Variante 3/1.2SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB, Auffahrung von Gebindetransportstrecke (KB) ausgehend

Variante 3/1.3SL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

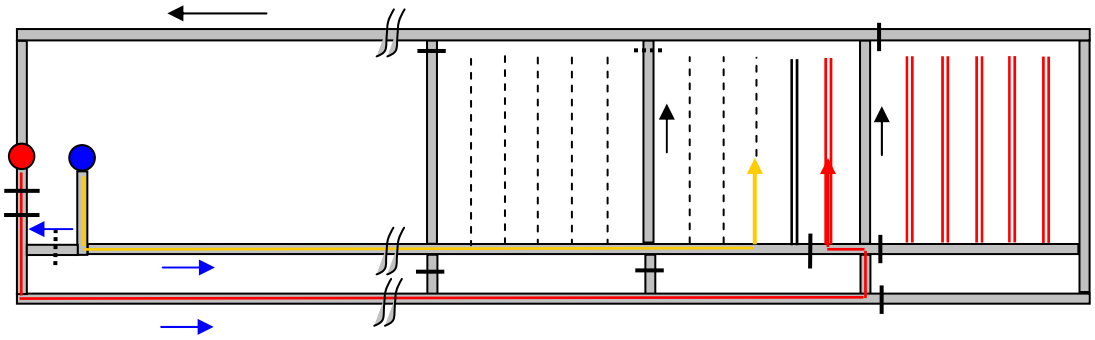
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:

- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/1.4SL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

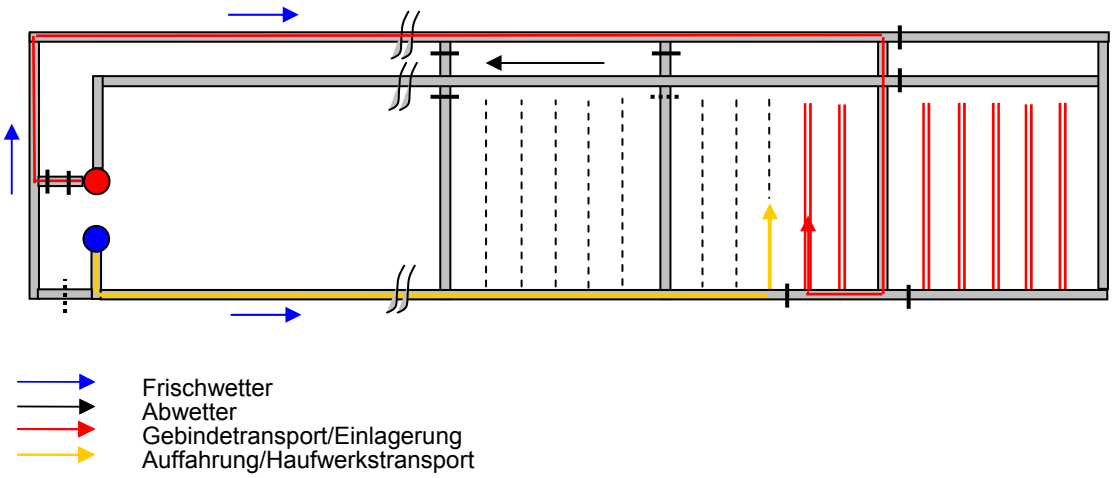
Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.3.1.2 Variante 3/2SL - Einlagerungsstrecken querschlägig, von separater Strecke ausgehend

Variante 3/2.1SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend**



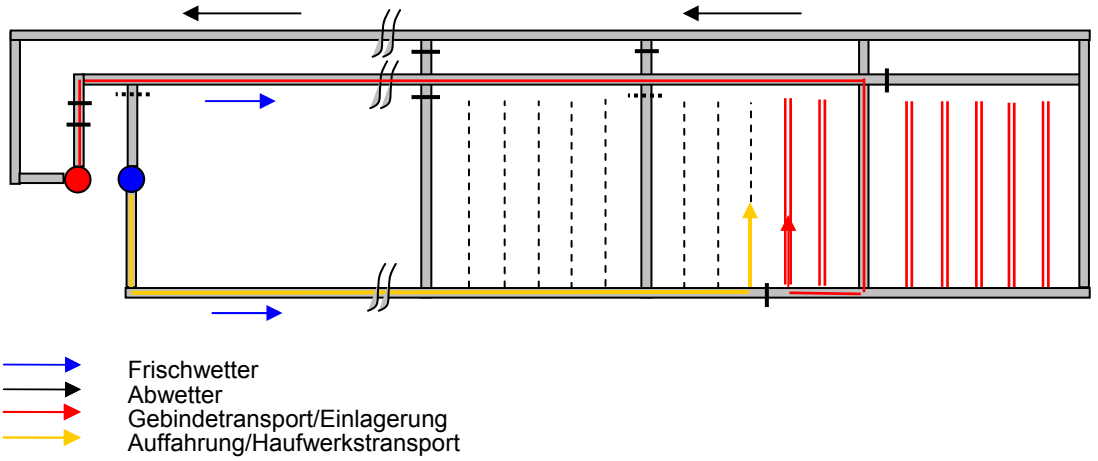
Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport

- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

Nachteile:
- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- lange Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke, Richtstreckenabschnitt und Querschlag

Variante 3/2.2SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**

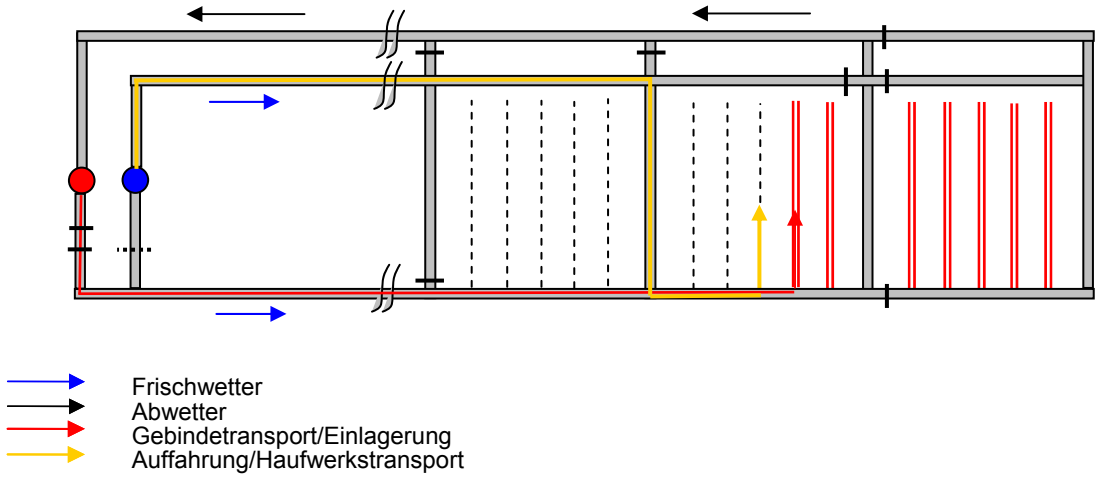


Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung) oder Einlagerungsstrecke, Richtstreckenabschnitt und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Richtstreckenabschnitt

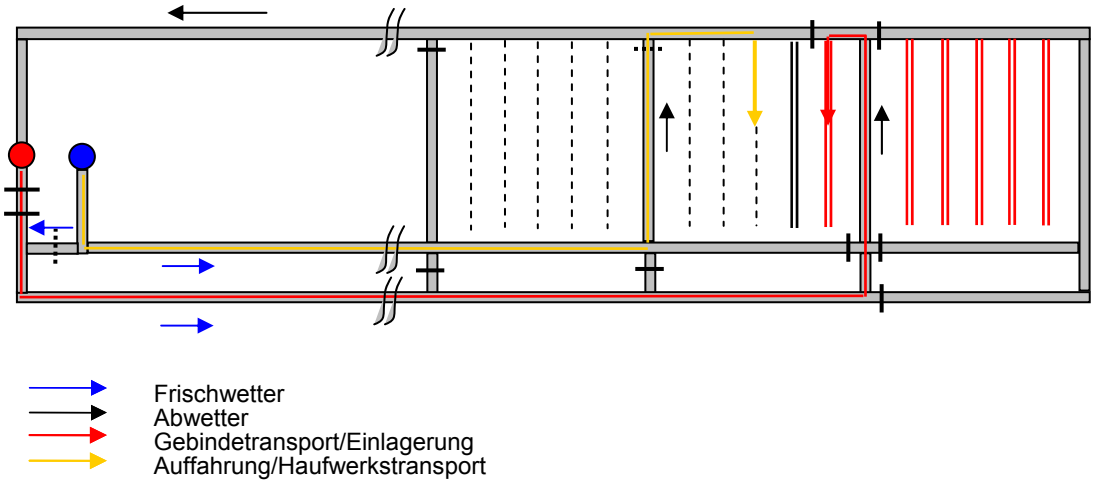
Nachteile:
- Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- sehr lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen und Querschlag)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/2.3SL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB, Auffahrung von Gebindetransportstrecke (KB) ausgehend

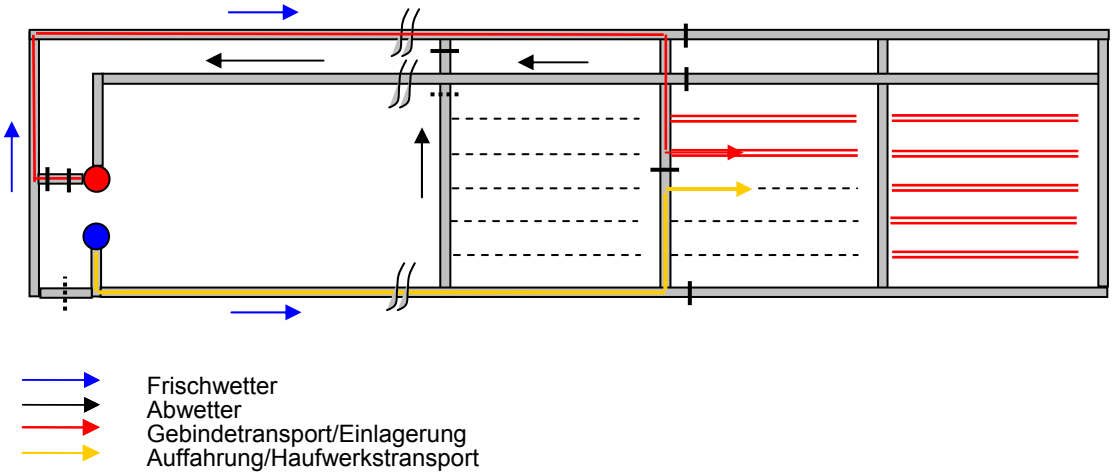
Variante 3/2.4SL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Bewertung: nicht möglich - entfällt; Auffahrung von Abwetterstrecke (KB) ausgehend und fehlender Abwetterweg KB

2.3.1.3 Variante 3/3SL - Einlagerungsstrecken vom schachtzugewandten Querschlag ausgehend

Variante 3/3.1SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend**



Bewertung: möglich (beste Variante)

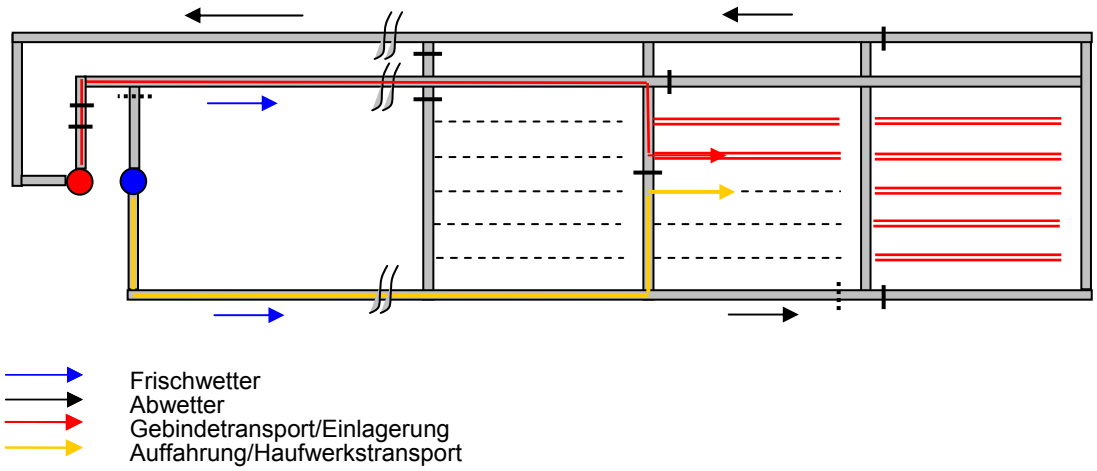
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke, Querschlag und Richtstreckenabschnitt

Variante 3/3.2SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Bewertung: möglich

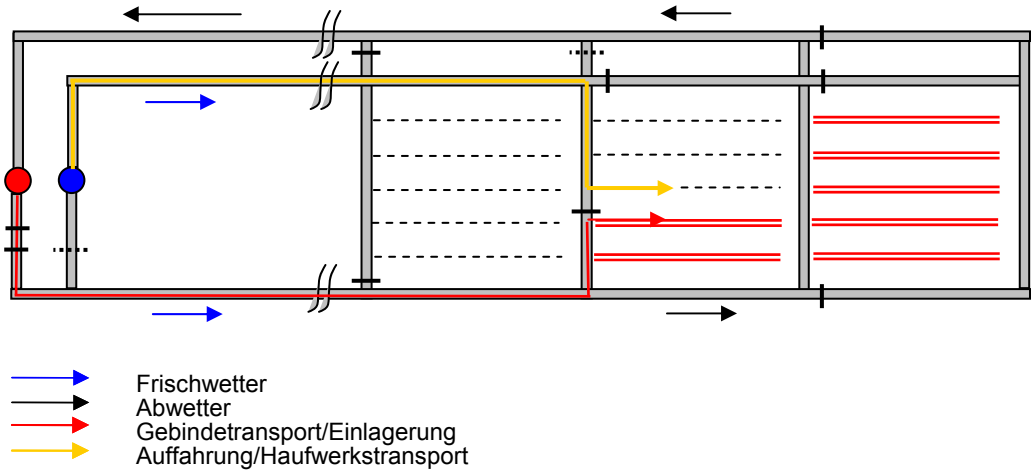
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung)

Nachteile:

- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/3.3SL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Bewertung: möglich

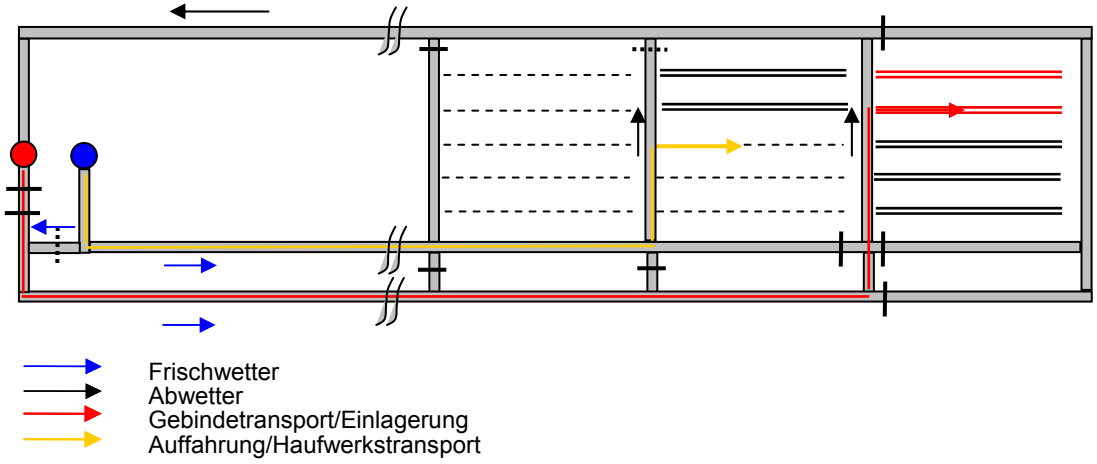
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Gebindetransport
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung)
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

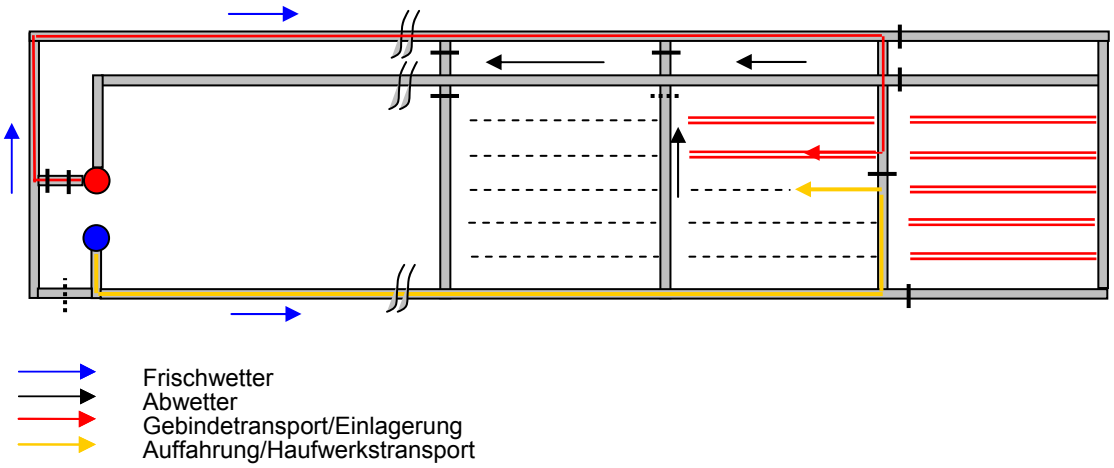
Variante 3/3.4SL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Bewertung: nicht möglich - entfällt; keine Auffahrung in Spätestlage möglich bzw. Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB

2.3.1.4 Variante 3/4SL - Einlagerungsstrecken vom schachtabgewandten Querschlag ausgehend

Variante 3/4.1SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend**



Bewertung: möglich

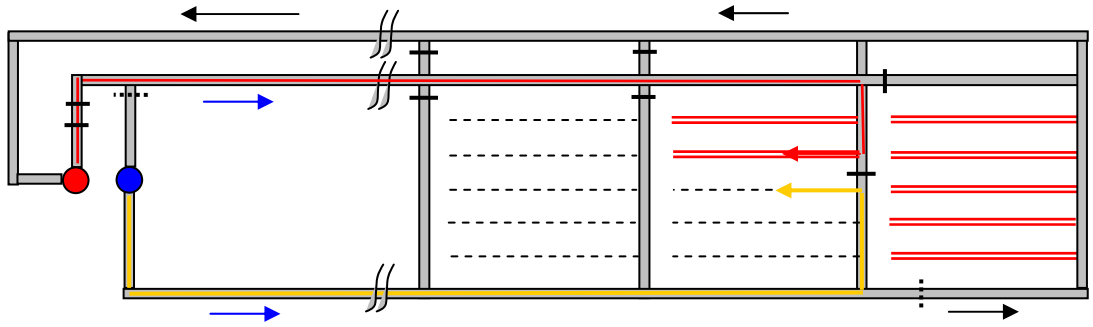
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke, Querschlag und Richtstreckenabschnitt

Variante 3/4.2SL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

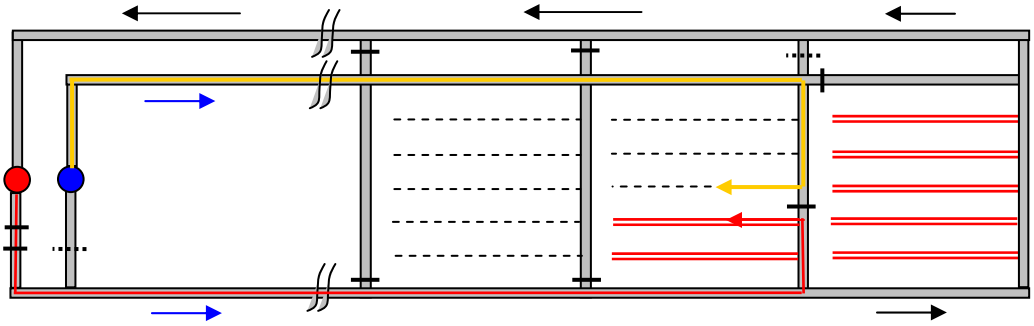
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung; 1. Feld: Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB))

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/4.3SL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

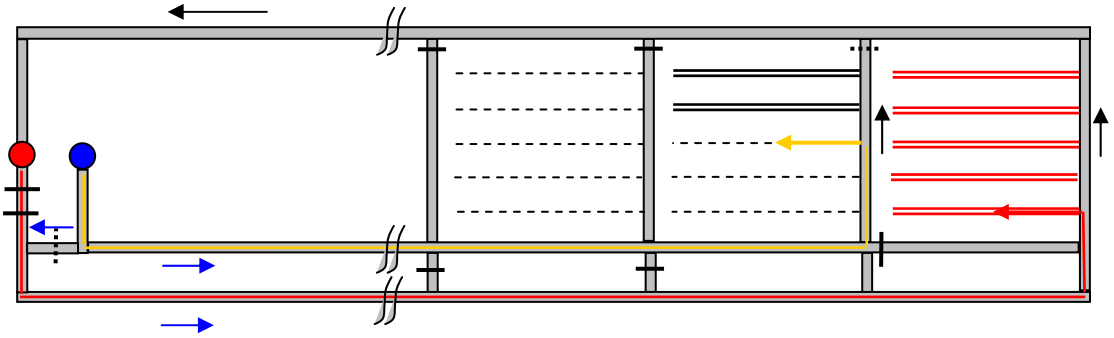
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung; 1. Feld: zusätzliche Lutte für Abwetter KB durch ÜB bis Abwetterstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- lange Wege für Haufwerkstransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/4.4SL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

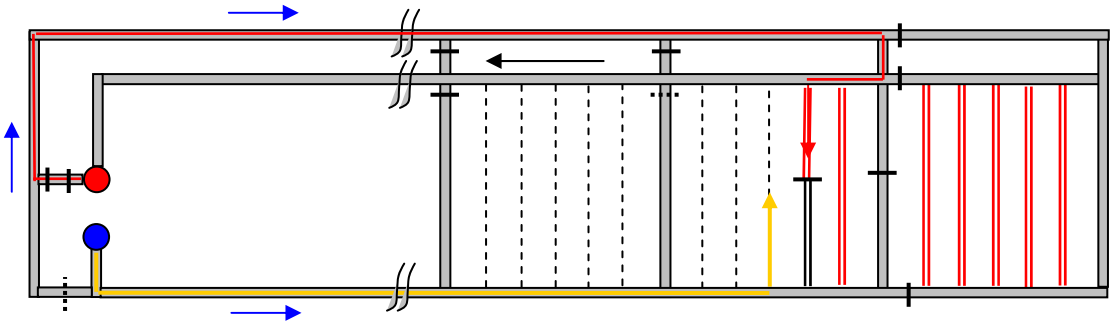
Bewertung: nicht möglich - entfällt; keine Auffahrung in Spätestlage möglich bzw. Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB

2.3.2 Bohrlochlagerung

Für die Bohrlochlagerung (Einlagerungsstrecken sind durchschlägig) sind hinsichtlich der Anordnung der Einlagerungsstrecken in Bezug zu den Richtstrecken bzw. Querschlägen 2 Varianten denkbar.

2.3.2.1 Variante 3/1BL - Einlagerungsstrecken querschlägig

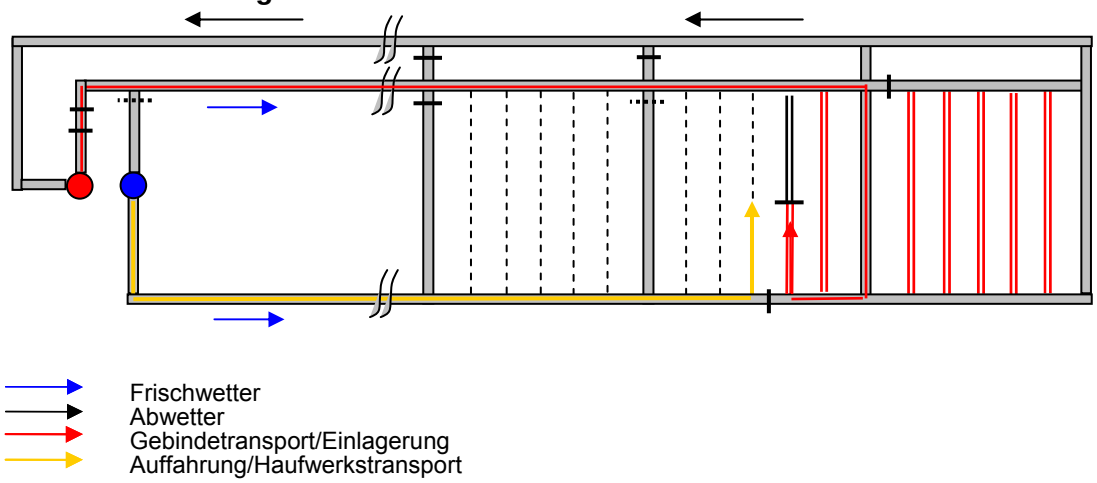
Variante 3/1BL **Einlagerungsstrecken querschlägig**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

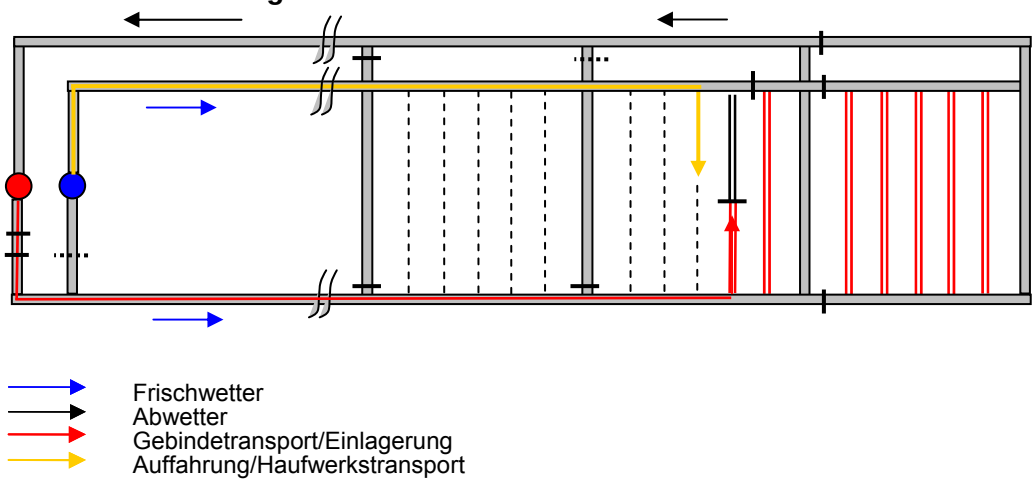
Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB, Auffahrung in KB

Variante 3/1.2BL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



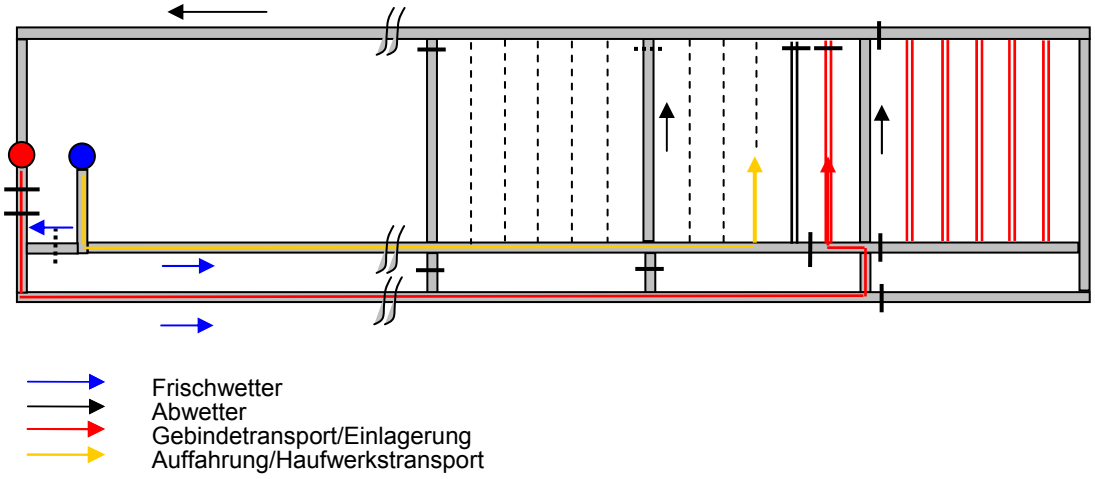
Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen, Auffahrung in Gebindetransportstrecke, Herstellung Bohrlöcher nicht in Spätestlage

Variante 3/1.3BL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Bewertung: nicht möglich - entfällt; Behinderung von Betriebsabläufen ÜB/KB, Auffahrung in Gebindetransportstrecke (KB)

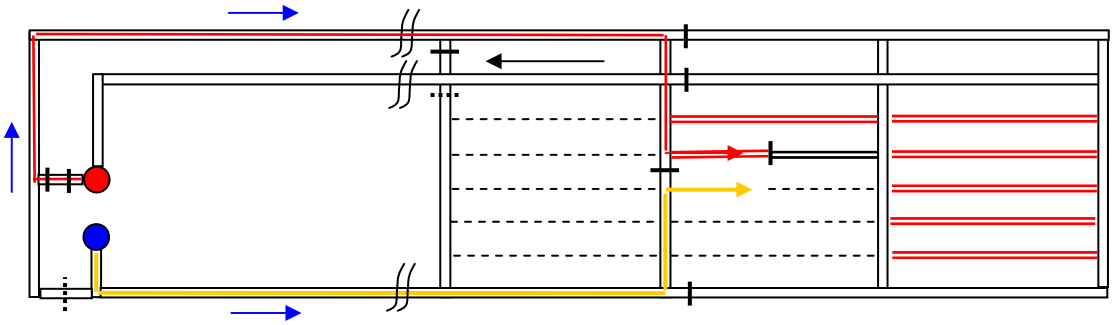
Variante 3/1.4BL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Bewertung: nicht möglich - entfällt; Auffahrung in KB, Herstellung Bohrlöcher nicht in Spätestlage

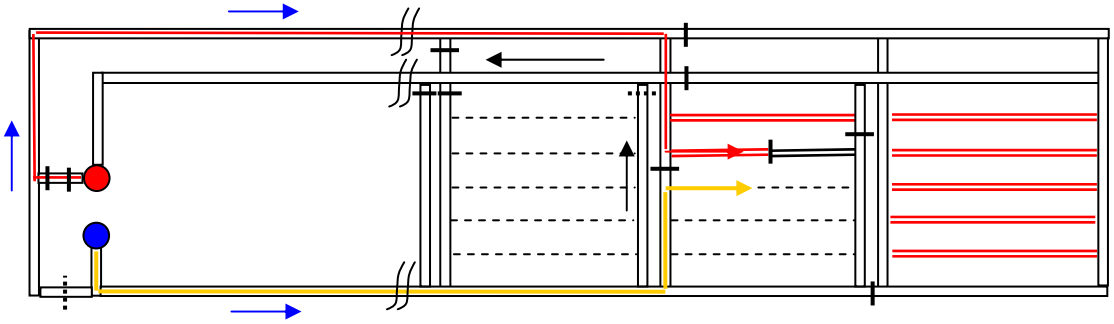
2.3.2.2 Variante 3/2BL - Einlagerungsstrecken von Querschlägen ausgehend

Bei der Variante 3/2BL ergeben sich hinsichtlich der Nutzung der Richtstrecken vier Untervarianten. Zusätzlich kann noch jeweils unterschieden werden, ob der Gebindetransport über den schachtzugewandten oder den schachtabgewandten Querschlag erfolgt. Ein Transport über den schachtzugewandten Querschlag ist mit dem Vorteil vergleichsweise kurzer Transportwege verbunden. Dem steht jedoch analog zur Hauptvariante 2 (Variante 2/2BL) der Nachteil gegenüber, dass die Auffahrung der Einlagerungsstrecken und die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage nur beim 1. Einlagerungsfeld möglich wären, da der Querschlag sukzessive der Kontrollbereich zugeordnet wird, wie das hier beispielhaft für die Richtstreckenanordnung „Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend„ dargestellt ist. Um zumindest die Bohrlöcher in Spätestlage herstellen zu können, wäre beim Wechsel des Einlagerungsbetriebs zum 2. Einlagerungsfeld ein Umwidmung des Querschlags von KB in ÜB denkbar. Die Auffahrung der Einlagerungsstrecken müsste jedoch nach wie vor der Einlagerung soweit voraus eilen, dass der Durchschlag nicht in einen bereits dem KB zugeordneten und für den Gebindetransport genutzten Abschnitt eine Querschlags erfolgt.



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

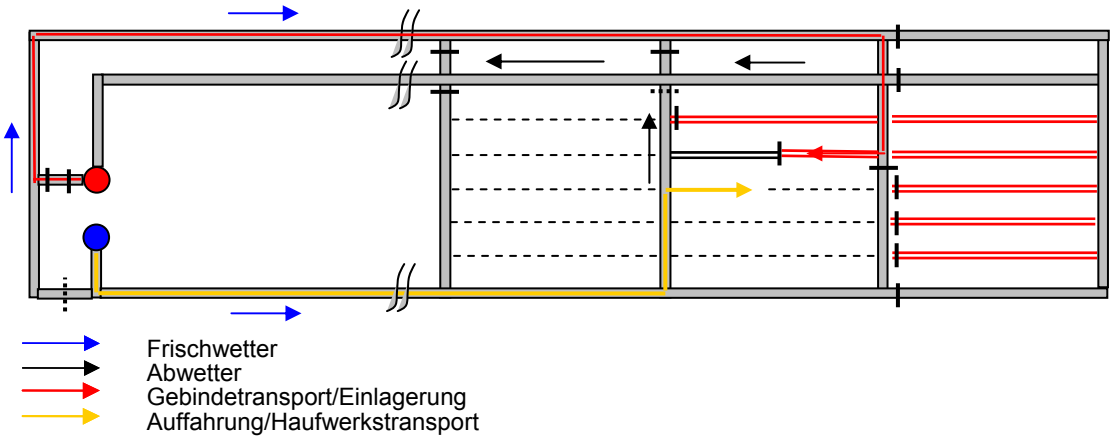
Um dies zu umgehen, besteht die Möglichkeit, zwischen den Einlagerungsfeldern jeweils zwei Querschläge vorzusehen. Dadurch können sowohl die Auffahrungen der Einlagerungsstrecken als auch die Herstellung der Bohrlöcher in Spätestlage erfolgen, ohne dass es zu gegenseitigen Behinderungen von Betriebsabläufen kommt.



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Eine weitere Möglichkeit ist, den Gebindetransport über den jeweils schachtabgewandten Querschlag zu führen. Dies ist zwar mit einer Verlängerung des Transportweges für die Gebinde und mit zusätzlicher Gleisverlegung im Richtstreckenabschnitt des 1. Feldes verbunden, wird jedoch im Vergleich mit der Auffahrung von zusätzlichen Querschlägen als deutlich vorteilhafter erachtet. Insofern wird bei den vier Untervarianten nur ein Gebindetransport über den schachtabgewandten Querschlag unterstellt.

Variante 3/2.1BL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke außen und Abwetterstrecke innen liegend**



Bewertung: möglich (beste Variante)

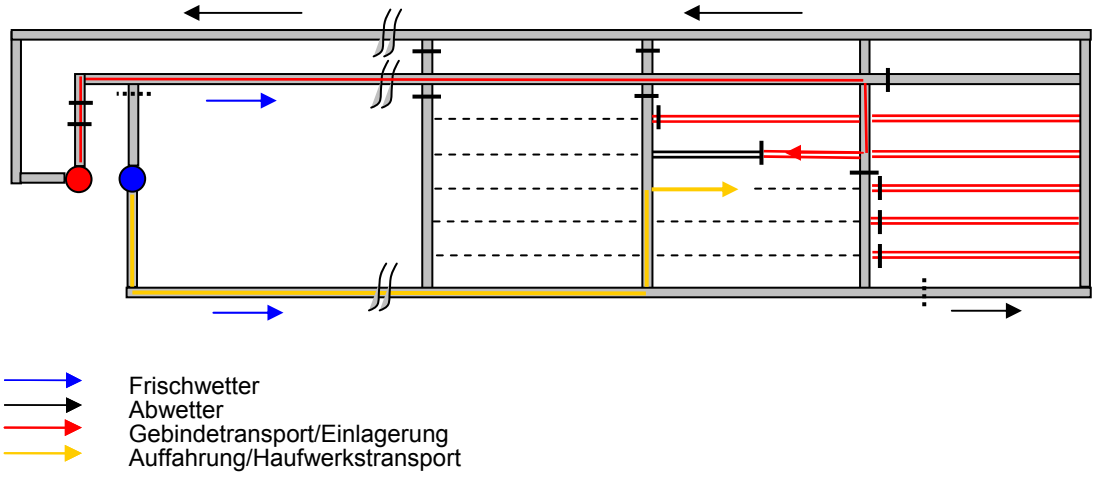
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Haufwerkstransportstrecke möglich
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- sehr kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)

Variante 3/2.2BL **Gebindetransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Gebindetransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Bewertung: möglich

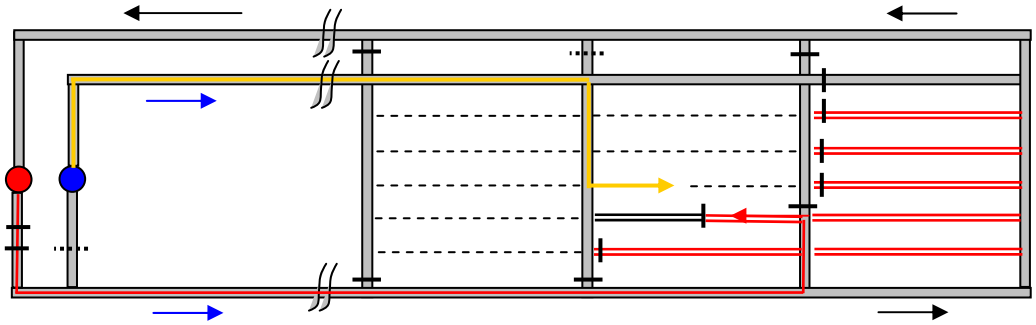
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung; 1. Feld: Nachnutzung Abwetter ÜB im KB)

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Haufwerkstransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/2.3BL **Haufwerkstransportstrecke und Abwetterstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Abwetterstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

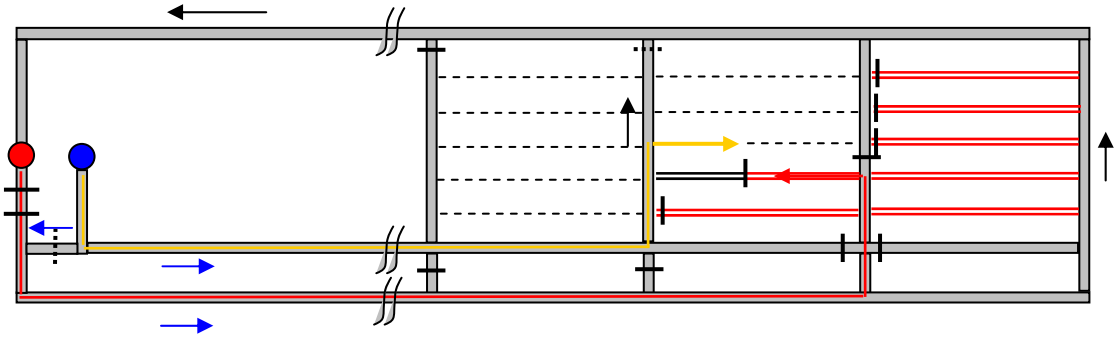
Vorteile:

- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung; 1. Feld: zusätzliche Lutte für Abwetter KB durch ÜB bis Abwetterstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:

- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

Variante 3/2.4BL **Haufwerkstransportstrecke und Gebindetransportstrecke nebeneinander, Haufwerkstransportstrecke innen und Gebindetransportstrecke außen liegend**



Frischwetter
Abwetter
Gebindetransport/Einlagerung
Auffahrung/Haufwerkstransport

Bewertung: möglich

Vorteile:
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Auffahrbereich (ÜB) im Kontrollbereich (KB)
- keine Nachnutzung von Abwettern aus Einlagerungsbereich (KB) an ständig belegten Betriebspunkten im Kontrollbereich (hier Betrachtung Gebindetransportstrecke)
- kurze Wege für Haufwerkstransport
- kurze Sonderbewetterungslängen KB: Einlagerungsstrecke und Querschlag (unter Nutzung eines nicht mehr für Gebindetransport genutzten Querschlags für durchgehende Bewetterung; 1. Feld: zusätzliche Lutte für Abwetter KB durch ÜB bis Abwetterstrecke)
- kurze Sonderbewetterungslängen ÜB: Einlagerungsstrecke und Querschlag

Nachteile:
- lange Wege für Gebindetransport (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen)
- bei Zusammenschaltung von Einlagerungsabteilungen nur gemeinsame Nutzung von Gebindetransport- und Abwetterstrecke möglich

2.3.3 Fazit Hauptvariante 3

Von den vorstehenden Varianten für die Strecken- und die Bohrlochlagerung weisen folgende Varianten die meisten Vorteile auf:
- Streckenlagerung: V3/3.1SL (Nachteil: lange Sonderbewetterungslängen ÜB)
- Bohrlochlagerung: V3/2.1BL (Nachteil: durch Gebindetransport über schachtabgewandten Querschlag längere Transportwege (zusätzlich: Richtstreckenabschnitt zwischen Querschlägen))

Beide Varianten sind im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Einlagerungsstrecken von den Querschlägen ausgehen und die neben der Gebindetransportstrecke befindliche Abwetterstrecke an die Einlagerungsfelder grenzt.

3 Festlegung der Vorzugsvarianten

Im Vergleich der Hauptvarianten 1, 2 und 3 zeigt sich, dass sowohl bei der Streckenlagerung als auch bei der Bohrlochlagerung diejenigen Varianten die meisten Vorteile aufweisen, bei denen die Einlagerungsstrecken von den Querschlägen ausgehen. Dies sind:

- Hauptvariante 1 (2-Streckensystem) — Streckenlagerung Variante 1/3SL; Bohrlochlagerung Variante 1/2.2BL
- Hauptvariante 2 (4-Streckensystem) — Streckenlagerung Variante 2/3.3SL; Bohrlochlagerung Variante 2/2.3BL
- Hauptvariante 3 (3-Streckensystem) — Streckenlagerung Variante 3/3.1SL; Bohrlochlagerung Variante 3/2.1BL

Das 2-Streckensystem bei Hauptvariante 1 hat den Vorteil eines insgesamt geringen Auffahrungsaufwandes für die Richtstrecken. Es erfüllt aufgrund der wettertechnischen Hintereinanderschaltung der im ÜB und KB gelegenen Betriebspunkt jedoch nicht die Anforderungen im Hinblick auf eine Frischwetterversorgung auch der im Kontrollbereich liegenden Betriebspunkte. Bei nur geringen Entfernungen ließen sich die Abwetter aus dem Einlagerungsbereich durch Einsatz einer Sonderbewetterungsanlagen direkt zum ausziehenden Gebindetransportschacht leiten. Im Hinblick auf die große Ausdehnung des Grubengebäudes bzw. großen Streckenlängen ist diese Prinzip nicht anwendbar. Eine Nachnutzung der Wetter aus dem Auffahrbereich im KB lässt sich prinzipiell nicht vermeiden.

Diese Nachteile können durch Anbindung der Einlagerungsfelder an zusätzliche Richtstrecken vermieden werden.

Die Gegenüberstellung der jeweils günstigsten Varianten der Hauptvarianten 2 und 3 hinsichtlich der Erfüllung der Wunschforderungen zeigt:

- Streckenlagerung:
  - Hauptvariante 2 (4-Streckensystem): V2/3.3SL (sämtliche Wunschforderungen erfüllt; keine Nachteile)
  - Hauptvariante 3 (3-Streckensystem): V3/3.1SL (Nachteil: lange Sonderbewetterungslängen ÜB)

  Im direkten Vergleich weist V3/3.1SL größere Sonderbewetterungslängen für den ÜB auf (zusätzlicher Richtstreckenabschnitt), die unter Zugrundelegung eines etwa quadratischen Zuschnittes der Einlagerungsfelder (Länge Querschläge entspricht Länge Einlagerungsstrecken) etwa 50 % über denen von V2/3.3SL liegen. Im Vergleich zu einer sonst zusätzlichen Richtstrecke ist dieser Nachteil nur von geringer Bedeutung. Insofern wird **Variante 3/3.1SL als Vorzugsvariante für die Streckenlagerung** festgelegt.

- Bohrlochlagerung:
  - Hauptvariante 2 (4-Streckensystem): V2/2.3BL (Nachteil: lange Gebindetransportwege)
  - Hauptvariante 3 (3-Streckensystem): V3/2.1BL (Nachteil: lange Gebindetransportwege)

  Bei der Bohrlochlagerung ergeben sich hinsichtlich der Erfüllung der Wunschforderungen keine Unterschiede. Der lange Transportweg resultiert daraus, dass die Gebinde über den jeweils schachtabgewandten Querschlag eines Einlagerungsfeldes transportiert werden müssen, um die Festforderungen „Auffahrung und Herstellung Bohrlöcher in Spätestlage“ erfüllen zu können. Durch Einsparung einer Richtstrecke bei der Hauptvariante wird insofern **Variante 3/2.1BL als Vorzugsvariante für die Bohrlochlagerung** festgelegt.

Anlage 4-9: Ermittlung der mittleren Transportentfernungen für den Gebindetransport

Streckenlagerung:
Der Ermittlung der mittleren Transportentfernung für die Streckenlagerung liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Anzahl der Einlagerungsfelder pro Einlagerungsabteilung: 7 Stück
- Gebindetransport erfolgt über schachtzugewandten Querschlag
- Entfernung Schacht bis Beginn Einlagerungsfelder der
  - Außenabteilungen (2 Richtstrecken): jeweils 1000 m
  - Innenabteilungen (1 Richtstrecke): 250 m
- Anzahl der Gebinde in den
  - Außenabteilungen (2 Richtstrecken): jeweils 2234 Gebinde
  - Innenabteilungen (1 Richtstrecke): 2350 Gebinde
- Länge der Richtstreckenabschnitte zwischen den Querschlägen: 418 m
- Länge Einlagerungsstrecke: 385 m
- Länge Querschlag
  - bei 9 Einlagerungsstrecken pro Einlagerungsfeld: 395 m
  - bei 10 Einlagerungsstrecken pro Einlagerungsfeld: 434 m

Daraus ergeben sich die mittleren Transportentfernungen (MTE):
- Schacht bis Abzweig Richtstrecke/Querschlag:
  $MTE_{Außenabteilung}$ = [7*1000 m + 0,5*((7-1)²+7-1)*418 m]/7 = 2254 m
  $MTE_{Innenabteilung}$ = [7*250 m + 0,5*((7-1)²+7-1)*418 m]/7 = 1504 m
- Abzweig Richtstrecke/Querschlag bis in Einlagerungsstrecke:
  $MTE_{9\ Einl.-Str./Feld}$ = 0,5*(395 m + 385 m) = 390 m
  $MTE_{10\ Einl-Str./Feld}$ = 0,5*(434 m + 385 m) = 409,5 m

Unter Berücksichtigung der in den einzelnen Abteilungen einzulagernden Gebindeanzahlen ergibt sich insgesamt folgender Mittelwert für den Gebindetransportweg vom Schacht bis in die Einlagerungsstrecke:
MTE_{gesamt} = (2*2234 Geb*2254 m +2350 Geb*1504 m)/6818 Geb +1/6*(2*390 m +4*409,5 m)
MTE_{gesamt} = 2398 m => ca. 2,4 km

Bohrlochlagerung:
Der Ermittlung der mittleren Transportentfernung für die Bohrlochlagerung liegen folgende Annahmen zugrunde:
- Anzahl der Einlagerungsfelder pro Einlagerungsabteilung: 5 Stück
- Gebindetransport erfolgt über schachtabgewandten Querschlag
- Entfernung Schacht bis Beginn Einlagerungsfelder/-abteilungen: 850 m
- Anzahl der Gebinde in den Einlagerungsabteilungen: 6818/4 Gebinde
- Länge der Richtstreckenabschnitte zwischen den Querschlägen: 411 m
- Länge Einlagerungsstrecke: 402 m
- Länge Querschlag: 473 m

Daraus ergeben sich die mittleren Transportentfernungen (MTE):

- Schacht bis Abzweig Richtstrecke/Querschlag:
  $MTE_{Abteilung}$ = [5*850 m + 0,5*(5²+5)*411 m]/5 = 2083 m
- Abzweig Richtstrecke/Querschlag bis in Einlagerungsstrecke:
  $MTE_{Einl..-Feld}$ = 0,5*(473 m + 402 m) = 437,5 m

Damit ergibt sich insgesamt folgender Mittelwert für den Gebindetransportweg vom Schacht bis in die Einlagerungsstrecke:

MTE_{gesamt} = 2083 m + 437,5 m = 2520 m => ca. 2,5 km

Anlage 4-10: Abschätzung der Zeitaufwände für die Einlagerung

Streckenlagerung Variante 4 - Untervariante 4/2

- Rauben Gleise zwischen letzter und aktueller Absetzposition (20 m/AT; 2 Sch/AT)
  Zeitaufwand: 2 Schichten
- Einlagern Supercontainer auf verlorenem Einlagerungswagen mit Lok
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Zusätzlicher Transport und Rangieraufwand aufgrund nicht vorhandener Kurvengängigkeit des Einlagerungswagen und daher notwendigem Antransport des Einlagerungswagens auf einem Plateauwagen und Abstellen auf das Gleis in der Einlagerungsstrecke
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Versetzen (Versatzeinbauleistung 100 m³/Sch, Versatzabschnitt 20,5 m, Streckenquerschnitt 14 m²)
  Zeitaufwand: ca. 3 Schichten

  Gesamtzeitaufwand: 7 Schichten (3,5 AT)

Bohrlochlagerung Variante 4

Einlagern und Versetzen BSK3:

- Einlagern BSK3
  Zeitaufwand: 1 Schicht
- Versetzen BSK3
  Zeitaufwand: 1 Schicht

  Gesamtzeitaufwand: 2 Schichten (1 AT)

Umsetzen Bohrlochschleuse, Einlagerungsvorrichtung u. Längenanpassung bei Bohrlochwechsel und Verschließen:

• Rückbau Lutte ÜB	3 Mann/Sch	2 Sch	1./2. Sch
• Rückbau E-Versorgung ÜB	2 Mann/Sch	1 Sch	1. Sch
• Umsetzen temp. Absperrung Teil 1 ÜB	4 Mann/Sch	1 Sch	3. Sch
• Umsetzen temp. Absperrung Teil 2 KB	4 Mann/Sch	1 Sch	4. Sch
• Vorbau Lutte KB	4 Mann/Sch	3 Sch	4.-6. Sch
• Vorbau E-Versorgung KB	2 Mann/Sch	1 Sch	5. Sch
• Umsetzen Einlagerungsvorrichtung hinter neues Bohrloch	3 Mann/Sch	0,5 Sch	5. Sch
• Demontage Bohrlochschleuse	3 Mann/Sch	1 Sch	5. Sch
• Montage Bohrlochschleuse	3 Mann/Sch	1 Sch	6. Sch
• Positionierung Einlagerungsvorrichtung über neuem Bohrloch	3 Mann/Sch	1 Sch	7. Sch
• Verschließen Bohrloch	4 Mann/Sch	4 Sch	7.-10.Sch

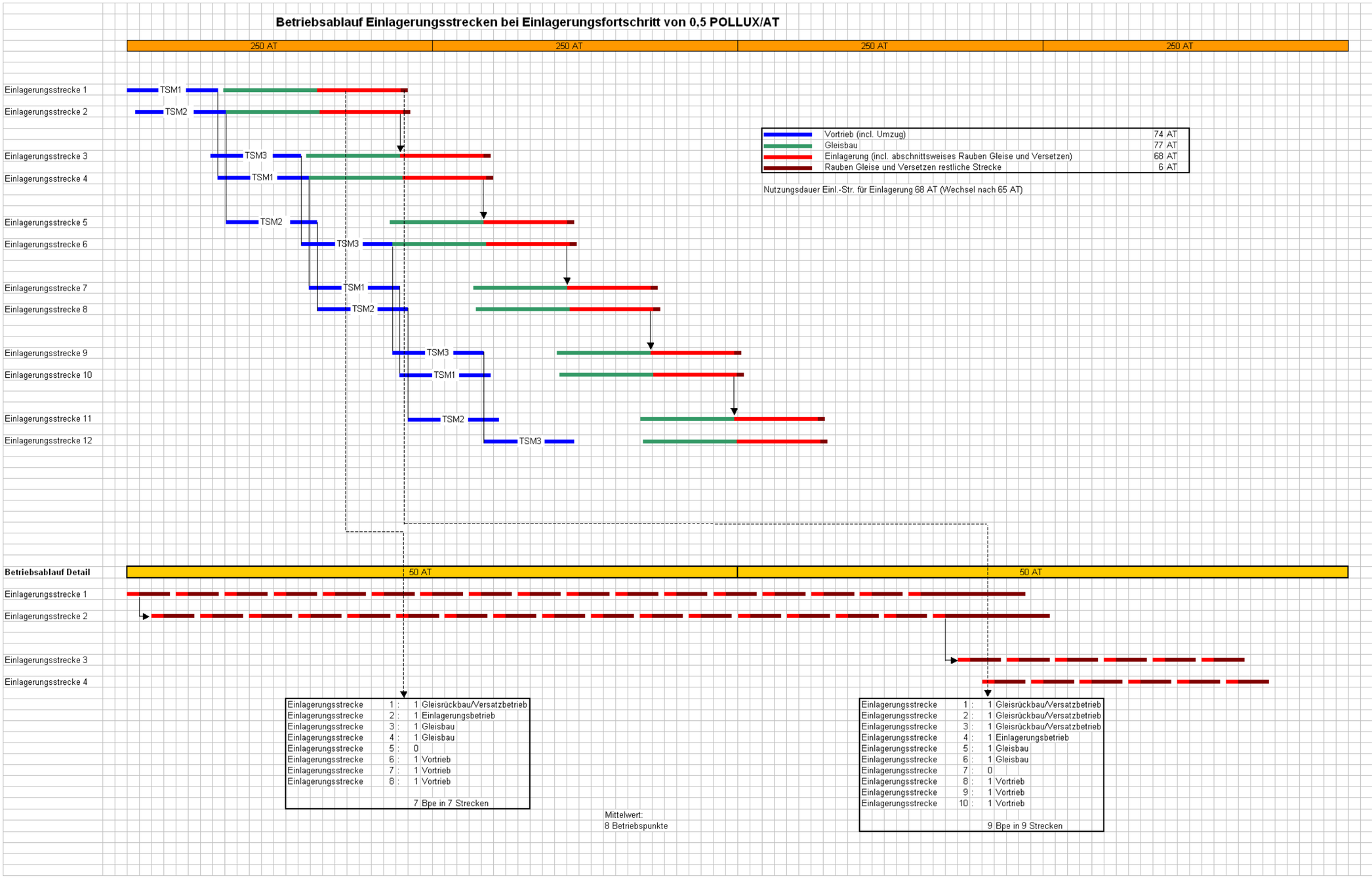
Gesamtzeitaufwand: 10 Schichten (5 AT)

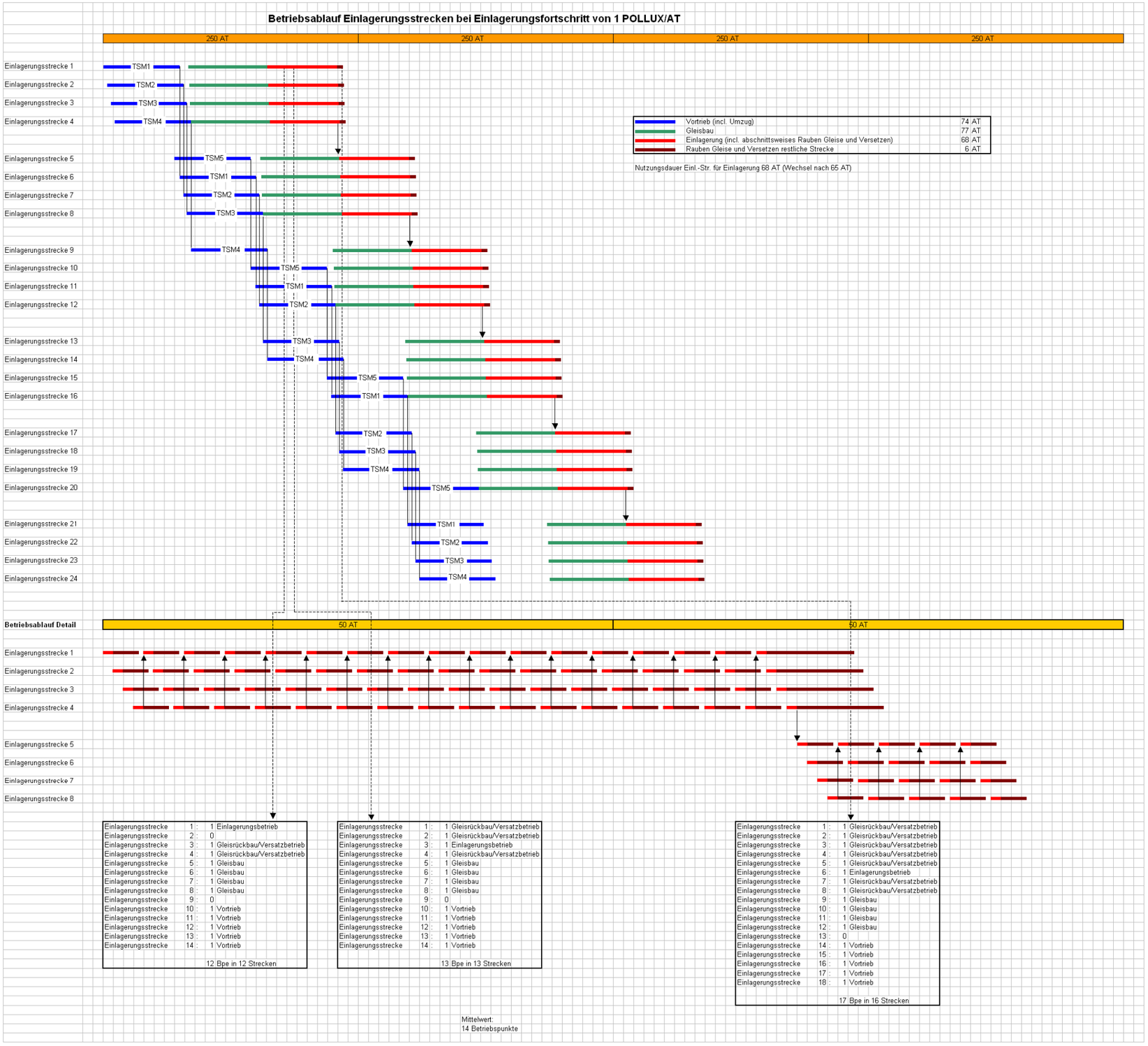
Anlage 4-11: Betriebsabläufe für die Einlagerung

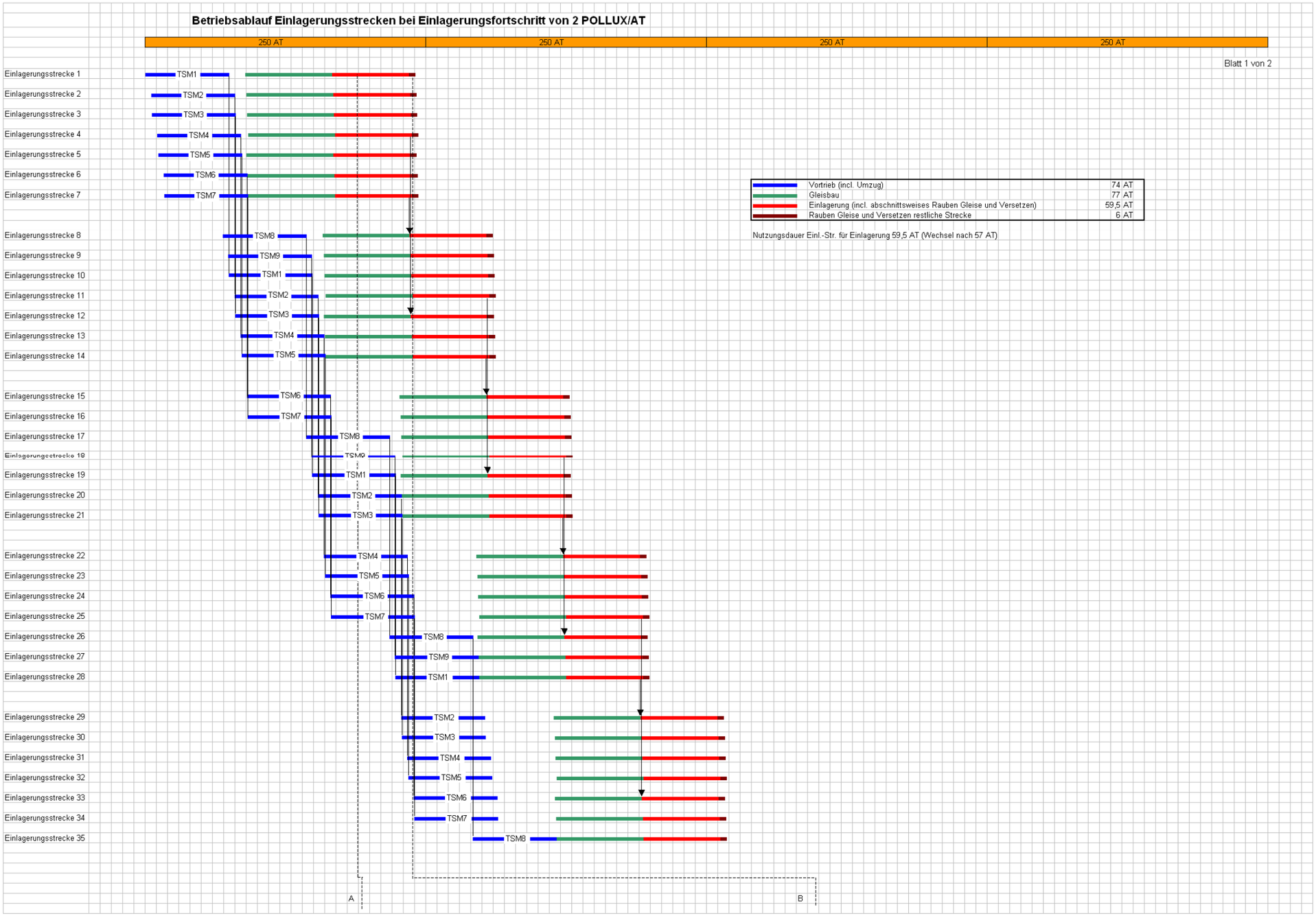
In den Balkendiagrammen sind die variantenspezifischen Betriebsabläufe von Beginn Auffahrung bis zum Ende des Versetzens einer Einlagerungsstrecke für folgende Fälle dargestellt:

Streckenlagerung:
- Einlagerungsfortschritt 0,5 POLLUX-3BE je Arbeitstag (1 Blatt)
- Einlagerungsfortschritt 1 POLLUX-3BE je Arbeitstag (1 Blatt)
- Einlagerungsfortschritt 2 POLLUX-3BE je Arbeitstag (2 Blatt)

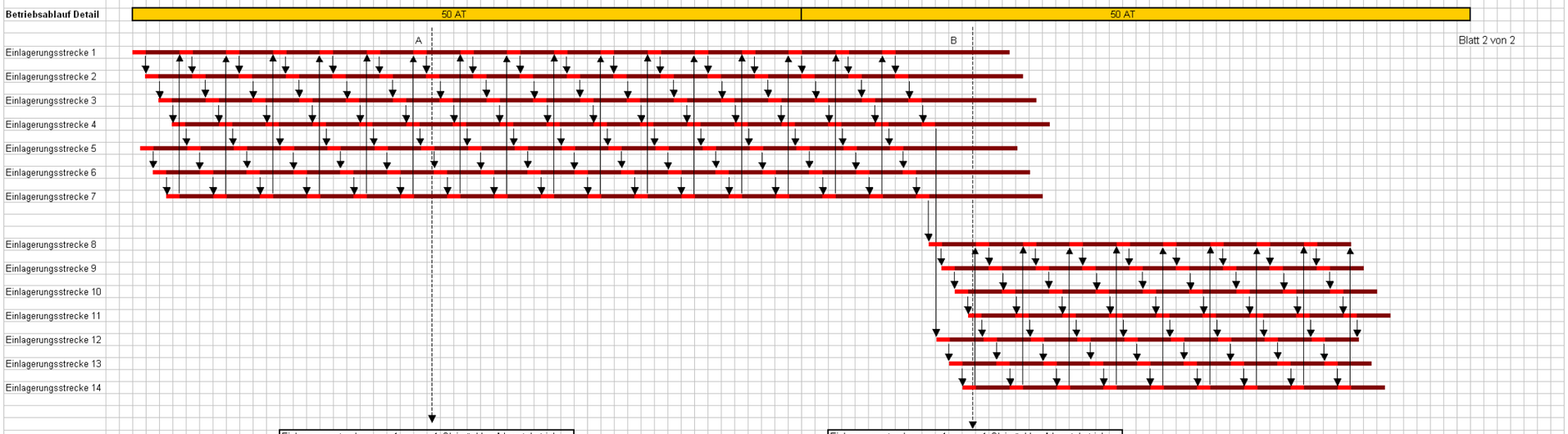
Bohrlochlagerung:
- Einlagerungsfortschritt 0,5 BSK3 je Arbeitstag
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke zeitlich parallel (1 Blatt)
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke nacheinander (1 Blatt)
- Einlagerungsfortschritt 1 BSK3 je Arbeitstag
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke zeitlich parallel (2 Blatt)
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke nacheinander (2 Blatt)
- Einlagerungsfortschritt 2 BSK3 je Arbeitstag
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke zeitlich parallel (2 Blatt)
    - Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke nacheinander (3 Blatt)


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 0,5 POLLUX/AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
TSM1
TSM2
TSM3
Vortrieb (incl. Umzug) 74 AT
Gleisbau 77 AT
Einlagerung (incl. abschnittsweises Rauben Gleise und Versetzen) 68 AT
Rauben Gleise und Versetzen restliche Strecke 6 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 68 AT (Wechsel nach 65 AT)
Betriebsablauf Detail
50 AT
50 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 5 : 0
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Vortrieb
7 Bpe in 7 Strecken
Mittelwert:
8 Betriebspunkte
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 7 : 0
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
9 Bpe in 9 Strecken


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 1 POLLUX/AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 18
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
Einlagerungsstrecke 21
Einlagerungsstrecke 22
Einlagerungsstrecke 23
Einlagerungsstrecke 24
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
Vortrieb (incl. Umzug) 74 AT
Gleisbau 77 AT
Einlagerung (incl. abschnittsweises Rauben Gleise und Versetzen) 68 AT
Rauben Gleise und Versetzen restliche Strecke 6 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 68 AT (Wechsel nach 65 AT)
Betriebsablauf Detail
50 AT
50 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 0
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 9 : 0
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 13 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 14 : 1 Vortrieb
12 Bpe in 12 Strecken
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 9 : 0
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 13 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 14 : 1 Vortrieb
13 Bpe in 13 Strecken
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 13 : 0
Einlagerungsstrecke 14 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 15 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 16 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 17 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 18 : 1 Vortrieb
17 Bpe in 16 Strecken
Mittelwert:
14 Betriebspunkte


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 POLLUX/AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Blatt 1 von 2
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
Einlagerungsstrecke 21
Einlagerungsstrecke 22
Einlagerungsstrecke 23
Einlagerungsstrecke 24
Einlagerungsstrecke 25
Einlagerungsstrecke 26
Einlagerungsstrecke 27
Einlagerungsstrecke 28
Einlagerungsstrecke 29
Einlagerungsstrecke 30
Einlagerungsstrecke 31
Einlagerungsstrecke 32
Einlagerungsstrecke 33
Einlagerungsstrecke 34
Einlagerungsstrecke 35
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
TSM7
TSM8
TSM9
A
B
Vortrieb (incl. Umzug) 74 AT
Gleisbau 77 AT
Einlagerung (incl. abschnittsweises Rauben Gleise und Versetzen) 59,5 AT
Rauben Gleise und Versetzen restliche Strecke 6 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 59,5 AT (Wechsel nach 57 AT)

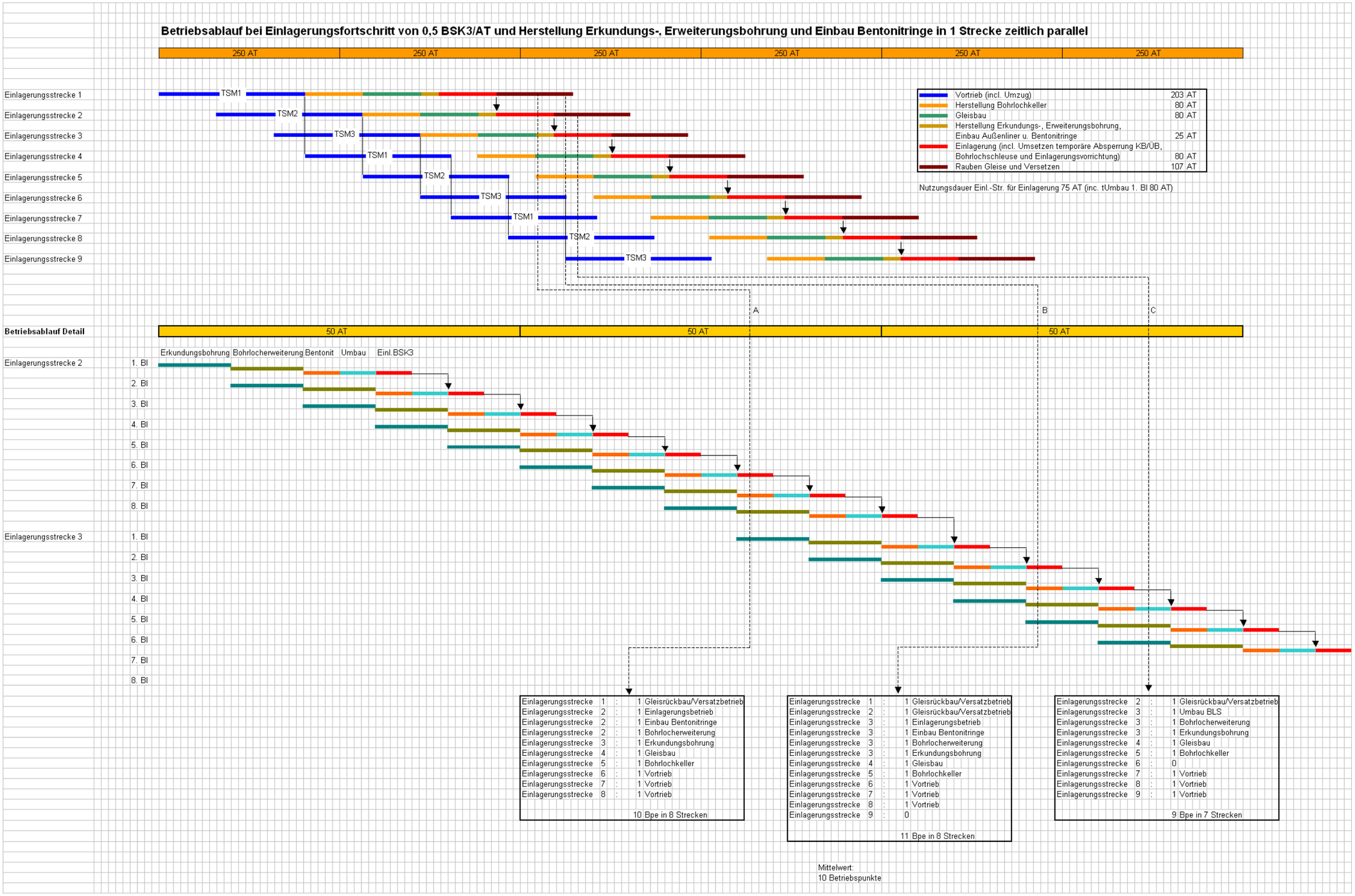
Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 POLLUX/AT

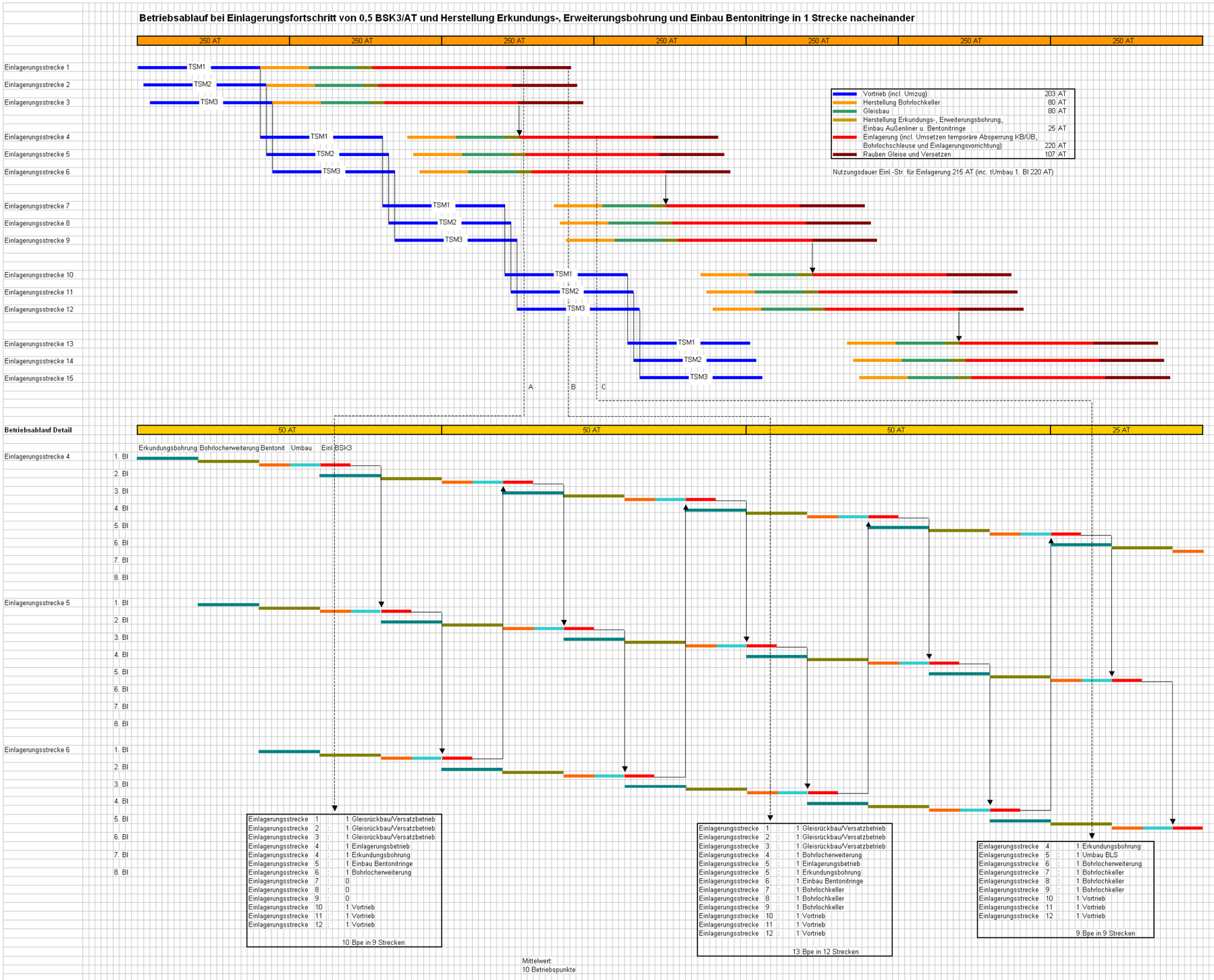


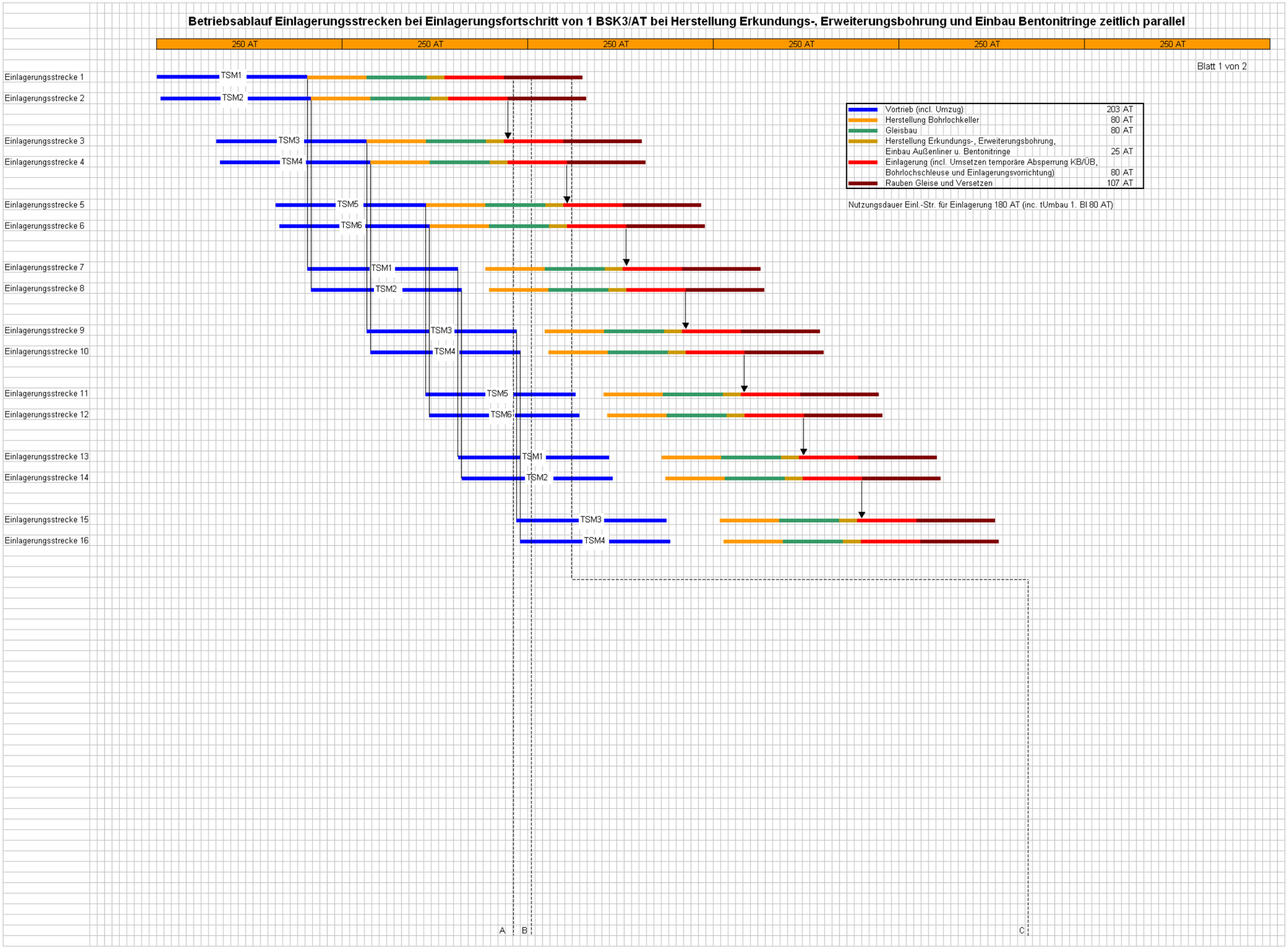
Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	15	:	0	
Einlagerungsstrecke	16	:	0	
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	23	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	24	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	25	:	1	Vortrieb
			23	Bpe in 23 Strecken

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	22	:	0	
Einlagerungsstrecke	23	:	0	
Einlagerungsstrecke	24	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	25	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	26	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	27	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	28	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	29	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	30	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	31	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	32	:	1	Vortrieb
			30	Bpe in 30 Strecken

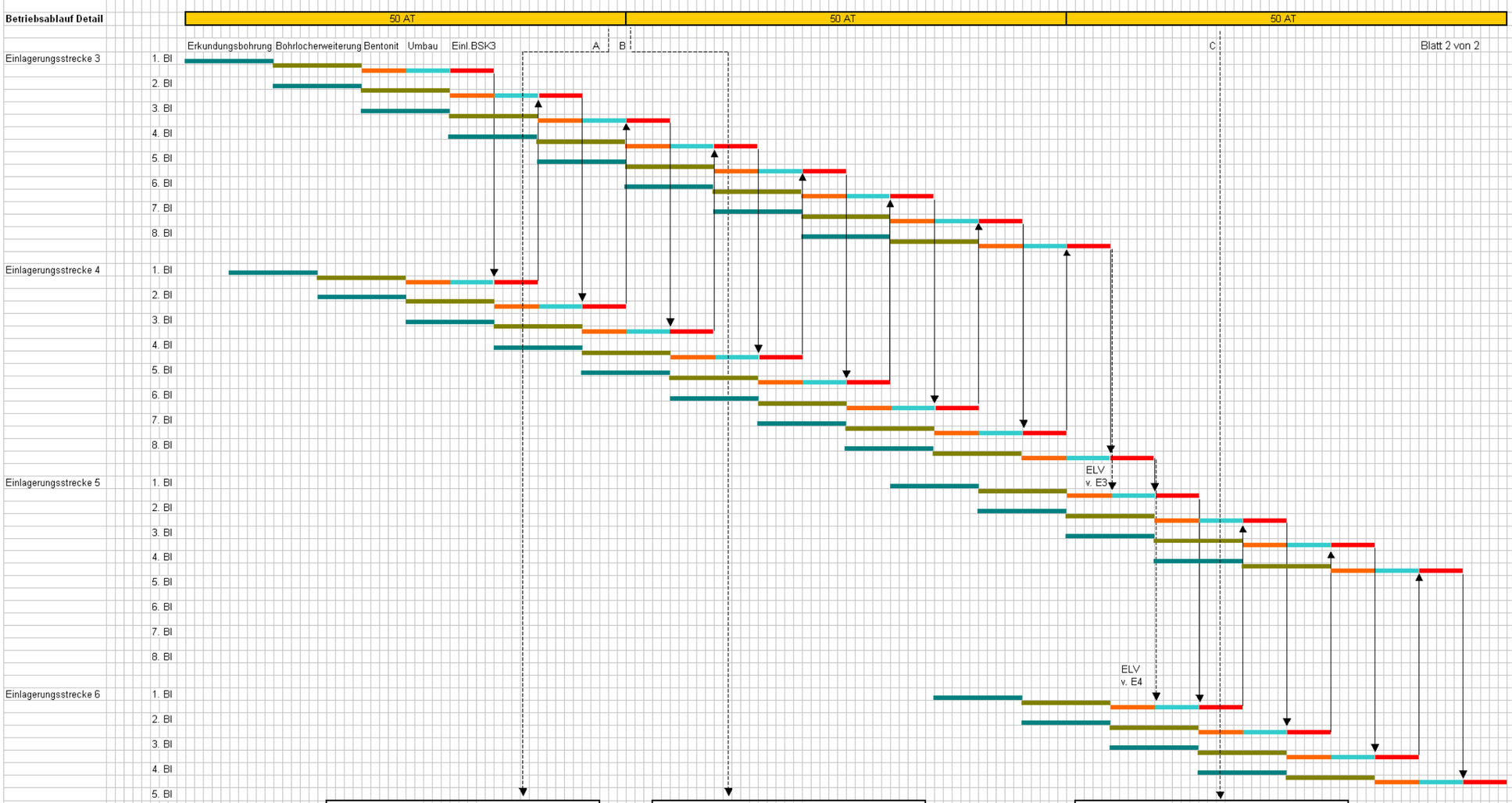
Mittelwert:
24 Betriebspunkte


Betriebsablauf bei Einlagerungsfortschritt von 0,5 BSK3/AT und Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in 1 Strecke zeitlich parallel
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
TSM1
TSM2
TSM3
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung KB/ÜB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 80 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 75 AT (inc. tUmbau 1. Bl 80 AT)
A
B
C
Betriebsablauf Detail
50 AT
50 AT
50 AT
Erkundungsbohrung
Bohrlocherweiterung
Bentonit
Umbau
Einl.BSK3
Einlagerungsstrecke 2
1. Bl
2. Bl
3. Bl
4. Bl
5. Bl
6. Bl
7. Bl
8. Bl
Einlagerungsstrecke 3
1. Bl
2. Bl
3. Bl
4. Bl
5. Bl
6. Bl
7. Bl
8. Bl
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Vortrieb
10 Bpe in 8 Strecken
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 9 : 0
11 Bpe in 8 Strecken
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 6 : 0
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Vortrieb
9 Bpe in 7 Strecken
Mittelwert:
10 Betriebspunkte


Betriebsablauf bei Einlagerungsfortschritt von 0,5 BSK3/AT und Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in 1 Strecke nacheinander
250 AT
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
TSM1
TSM2
TSM3
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung KB/UB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 220 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 215 AT (inc. tUmbau 1. Bl 220 AT)
A
B
C
Betriebsablauf Detail
50 AT
25 AT
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
1. Bl
2. Bl
3. Bl
4. Bl
5. Bl
6. Bl
7. Bl
8. Bl
Erkundungsbohrung
Bohrlocherweiterung
Bentonit
Umbau
Einl.BSK3
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 7 : 0
Einlagerungsstrecke 8 : 0
Einlagerungsstrecke 9 : 0
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Vortrieb
10 Bpe in 9 Strecken
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Vortrieb
13 Bpe in 12 Strecken
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Vortrieb
9 Bpe in 9 Strecken
Mittelwert:
10 Betriebspunkte


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 1 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe zeitlich parallel
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Blatt 1 von 2
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung KB/ÜB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 80 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 180 AT (inc. tUmbau 1. Bl 80 AT)
A
B
C

Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 1 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe zeitlich parallel

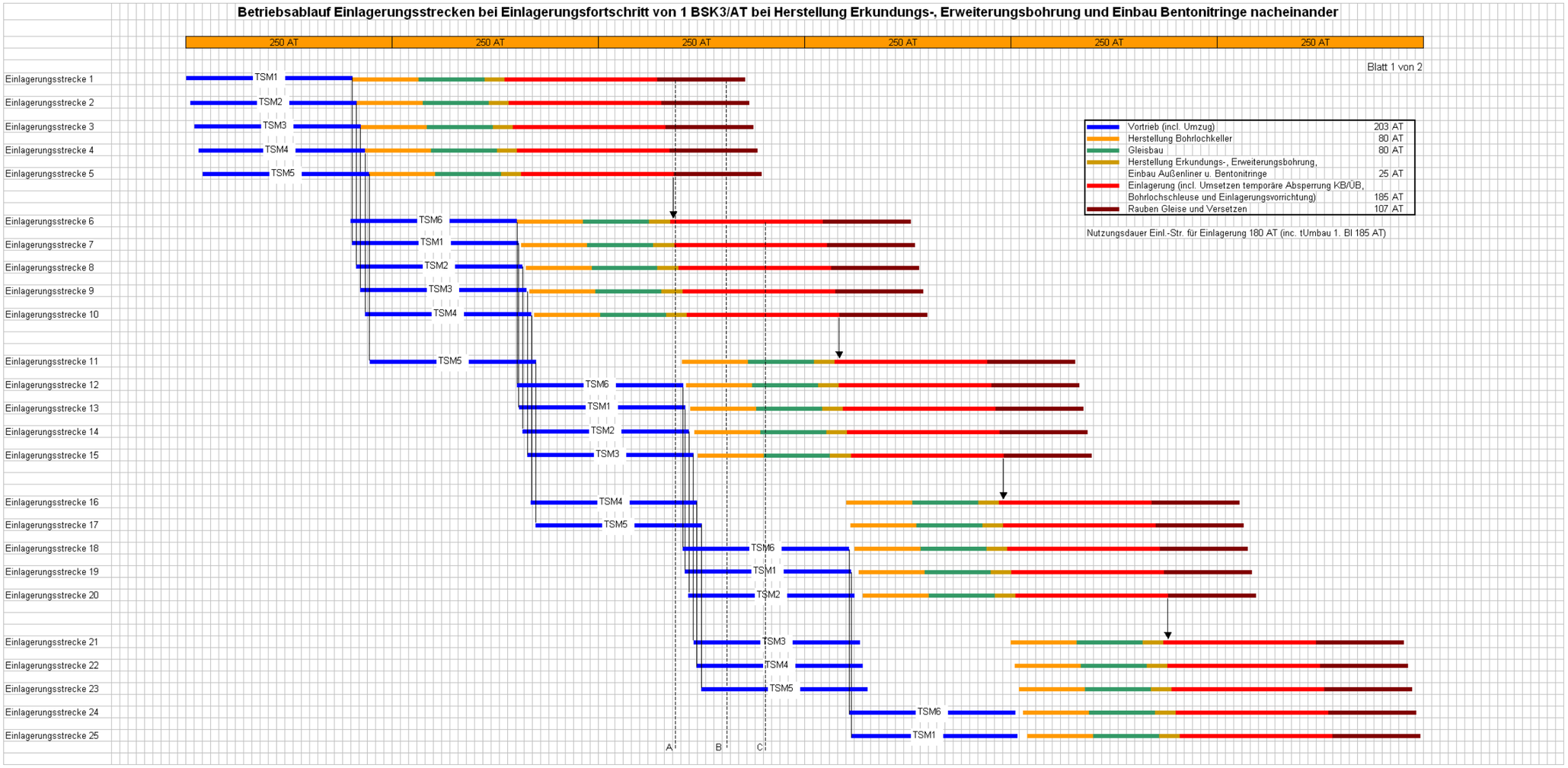


Mittelwert:
20 Betriebspunkte

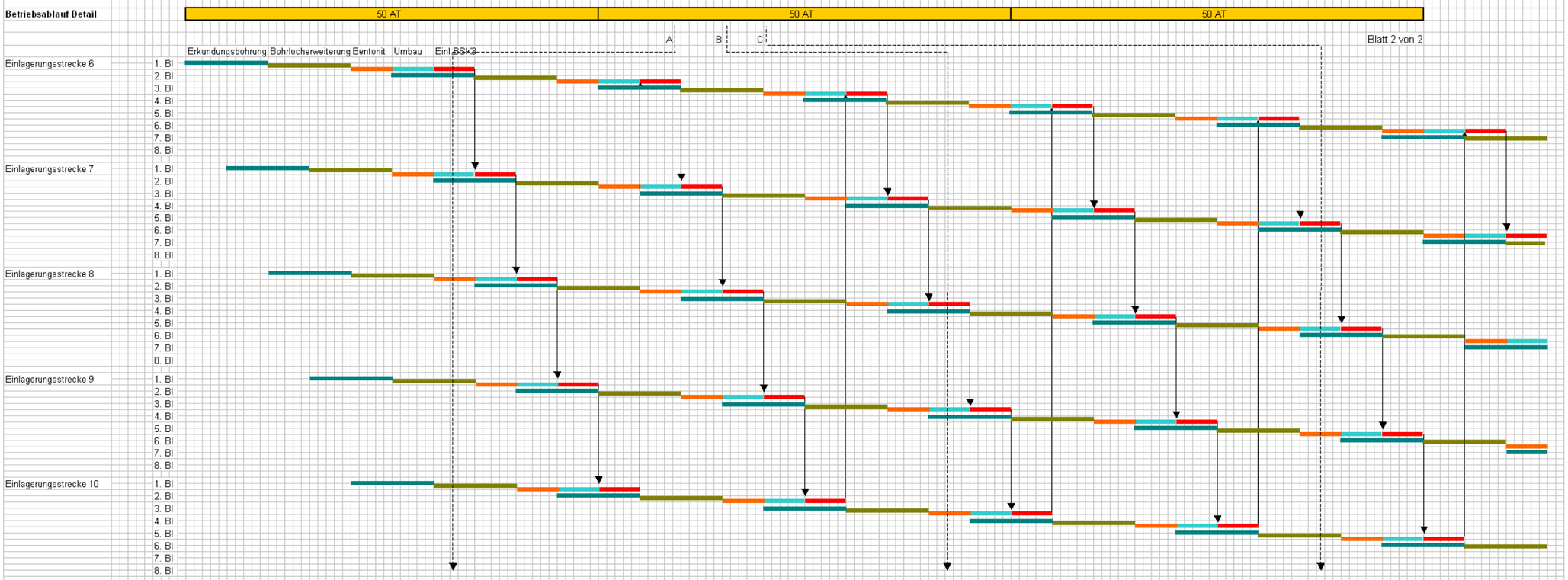
Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Vortrieb
			19	Bpe in 14 Strecken

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	9	:	0	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	10	:	0	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Vortrieb
			19	Bpe in 14 Strecken

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Vortrieb
			21	Bpe in 16 Strecken


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 1 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe nacheinander
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Blatt 1 von 2
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 18
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
Einlagerungsstrecke 21
Einlagerungsstrecke 22
Einlagerungsstrecke 23
Einlagerungsstrecke 24
Einlagerungsstrecke 25
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
A
B
C
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung KB/ÜB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 185 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 180 AT (inc. tUmbau 1. Bl 185 AT)

Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 1 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe nacheinander

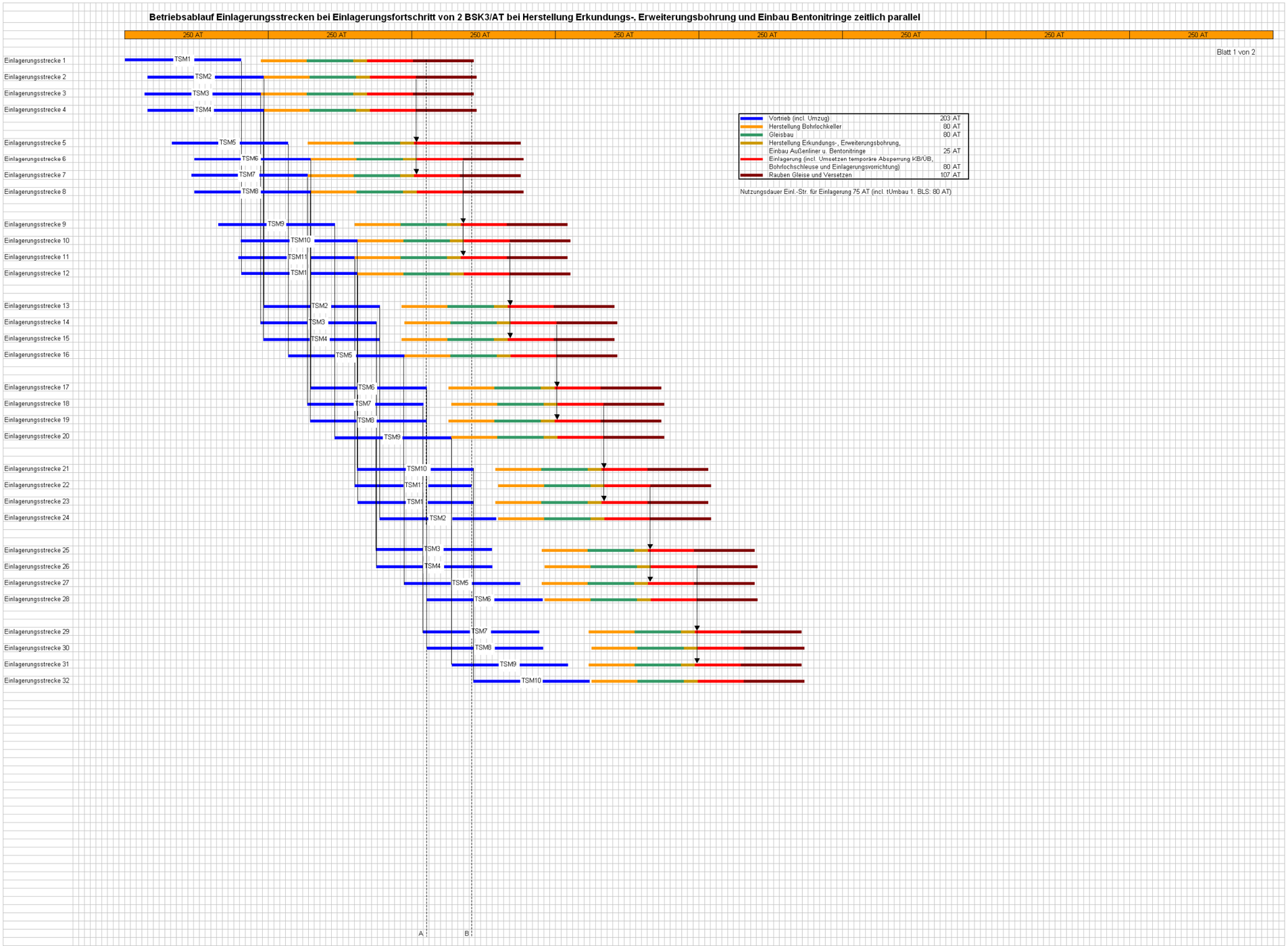


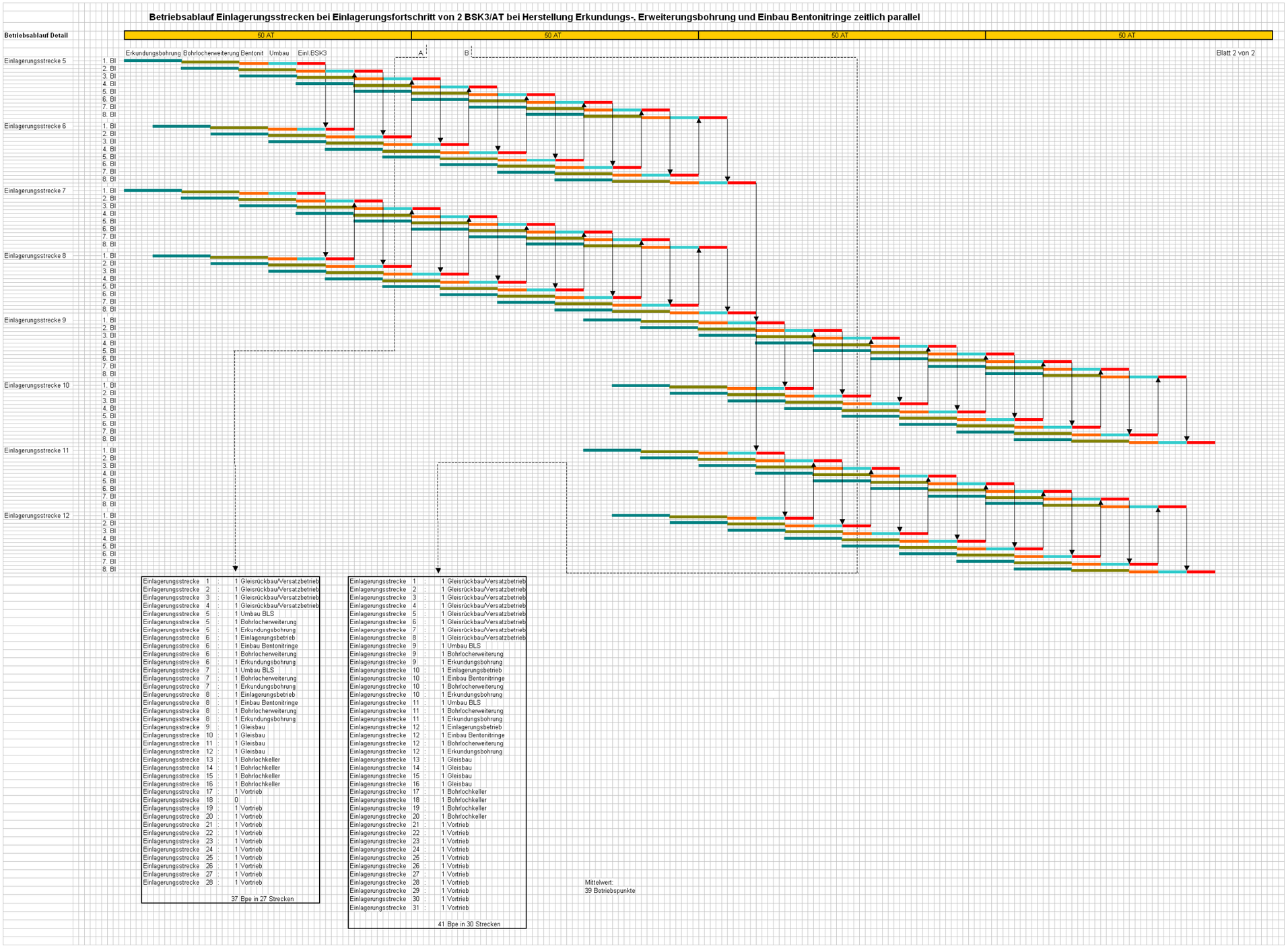
Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	11	:	0	
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Vortrieb
			18	Bpe in 16 Strecken

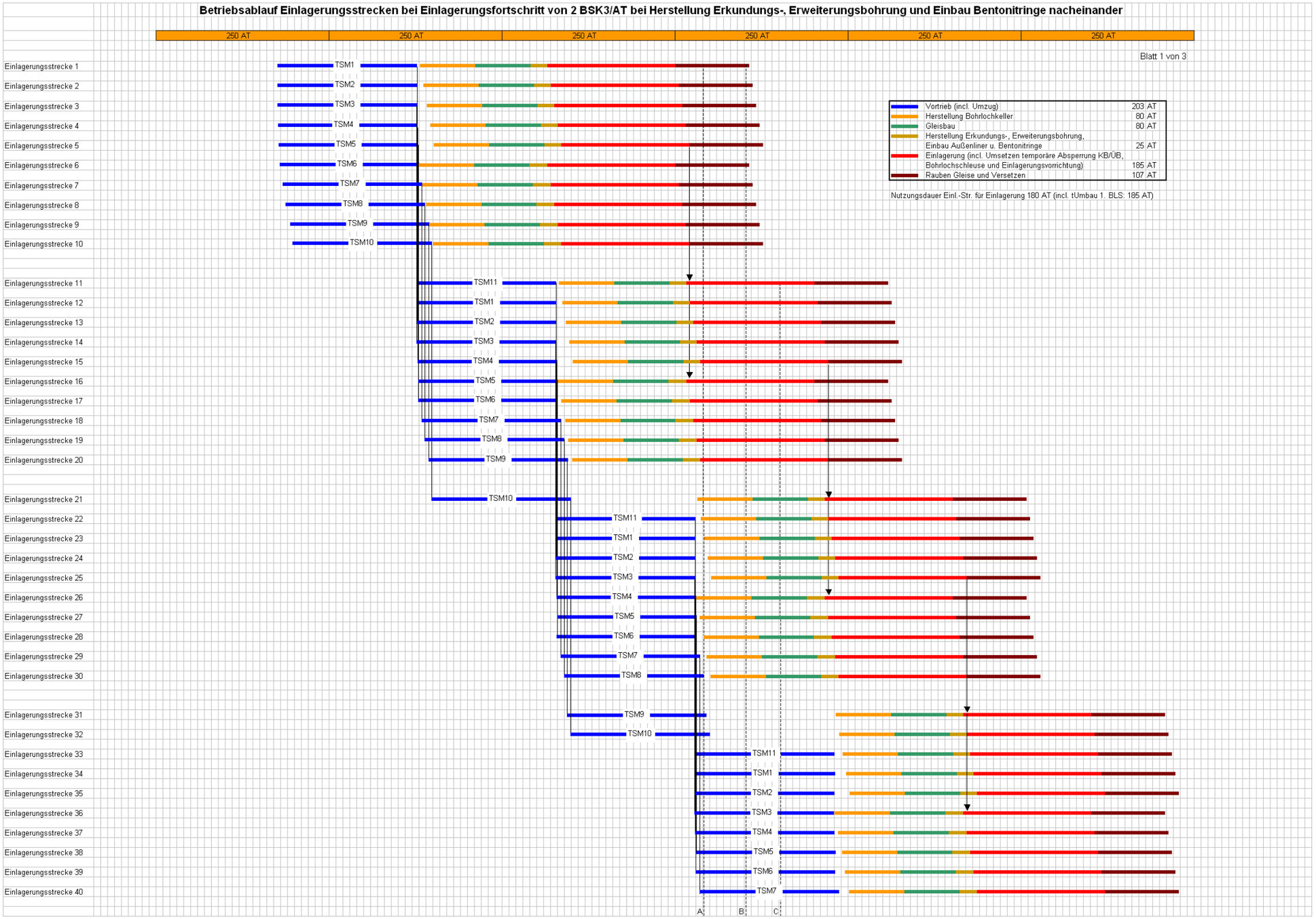
Mittelwert:
20 Betriebspunkte

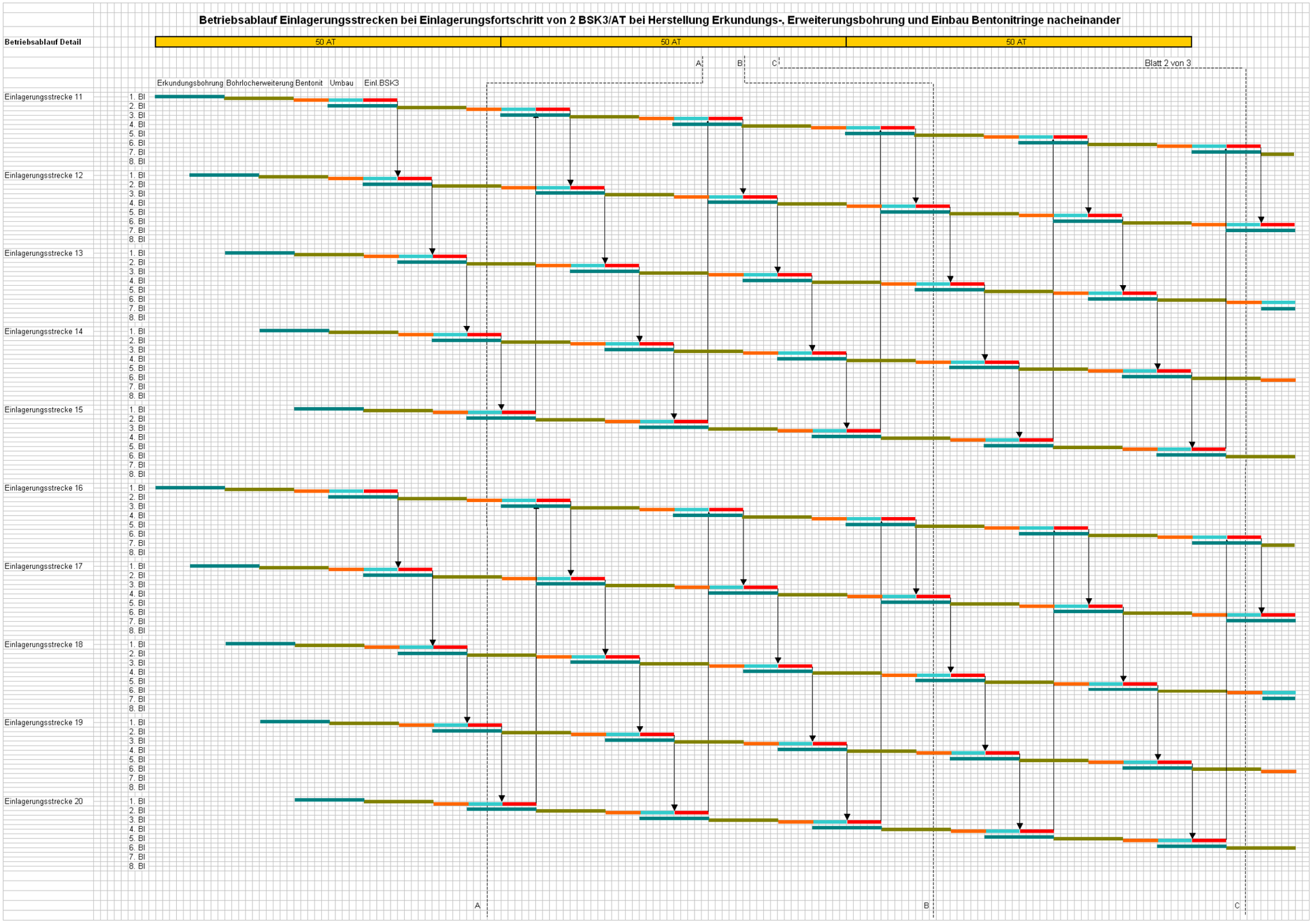
Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	16	:	0	
Einlagerungsstrecke	17	:	0	
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	23	:	1	Vortrieb
			23	Bpe in 21 Strecken

Einlagerungsstrecke	6	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	16	:	0	
Einlagerungsstrecke	17	:	0	
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	23		1	Vortrieb
			18	Bpe in 16 Strecken


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe zeitlich parallel
250 AT
Blatt 1 von 2
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 18
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
Einlagerungsstrecke 21
Einlagerungsstrecke 22
Einlagerungsstrecke 23
Einlagerungsstrecke 24
Einlagerungsstrecke 25
Einlagerungsstrecke 26
Einlagerungsstrecke 27
Einlagerungsstrecke 28
Einlagerungsstrecke 29
Einlagerungsstrecke 30
Einlagerungsstrecke 31
Einlagerungsstrecke 32
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
TSM7
TSM8
TSM9
TSM10
TSM11
A
B
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung kB/ÜB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 80 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 75 AT (incl. tUmbau 1. BLS: 80 AT)


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe zeitlich parallel
Betriebsablauf Detail
50 AT
50 AT
50 AT
50 AT
Erkundungsbohrung
Bohrlocherweiterung
Bentonit
Umbau
Einl.BSK3
A
B
Blatt 2 von 2
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
1. Bl
2. Bl
3. Bl
4. Bl
5. Bl
6. Bl
7. Bl
8. Bl
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 13 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 14 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 15 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 16 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 17 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 18 : 0
Einlagerungsstrecke 19 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 20 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 21 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 22 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 23 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 24 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 25 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 26 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 27 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 28 : 1 Vortrieb
37 Bpe in 27 Strecken
Einlagerungsstrecke 1 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 2 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 3 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 4 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 5 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 6 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 7 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 8 : 1 Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 9 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 10 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Umbau BLS
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 11 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke 12 : 1 Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke 13 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 14 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 15 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 16 : 1 Gleisbau
Einlagerungsstrecke 17 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 18 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 19 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 20 : 1 Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke 21 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 22 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 23 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 24 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 25 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 26 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 27 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 28 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 29 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 30 : 1 Vortrieb
Einlagerungsstrecke 31 : 1 Vortrieb
41 Bpe in 30 Strecken
Mittelwert:
39 Betriebspunkte


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe nacheinander
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
250 AT
Blatt 1 von 3
Einlagerungsstrecke 1
Einlagerungsstrecke 2
Einlagerungsstrecke 3
Einlagerungsstrecke 4
Einlagerungsstrecke 5
Einlagerungsstrecke 6
Einlagerungsstrecke 7
Einlagerungsstrecke 8
Einlagerungsstrecke 9
Einlagerungsstrecke 10
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 18
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
Einlagerungsstrecke 21
Einlagerungsstrecke 22
Einlagerungsstrecke 23
Einlagerungsstrecke 24
Einlagerungsstrecke 25
Einlagerungsstrecke 26
Einlagerungsstrecke 27
Einlagerungsstrecke 28
Einlagerungsstrecke 29
Einlagerungsstrecke 30
Einlagerungsstrecke 31
Einlagerungsstrecke 32
Einlagerungsstrecke 33
Einlagerungsstrecke 34
Einlagerungsstrecke 35
Einlagerungsstrecke 36
Einlagerungsstrecke 37
Einlagerungsstrecke 38
Einlagerungsstrecke 39
Einlagerungsstrecke 40
TSM1
TSM2
TSM3
TSM4
TSM5
TSM6
TSM7
TSM8
TSM9
TSM10
TSM11
Vortrieb (incl. Umzug) 203 AT
Herstellung Bohrlochkeller 80 AT
Gleisbau 80 AT
Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung, Einbau Außenliner u. Bentonitringe 25 AT
Einlagerung (incl. Umsetzen temporäre Absperrung KB/UB, Bohrlochschleuse und Einlagerungsvorrichtung) 185 AT
Rauben Gleise und Versetzen 107 AT
Nutzungsdauer Einl.-Str. für Einlagerung 180 AT (incl. tUmbau 1. BLS: 185 AT)
A
B
C


Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe nacheinander
Betriebsablauf Detail
50 AT
50 AT
50 AT
A
B
C
Blatt 2 von 3
Erkundungsbohrung
Bohrlocherweiterung
Bentonit
Umbau
Einl.BSK3
Einlagerungsstrecke 11
Einlagerungsstrecke 12
Einlagerungsstrecke 13
Einlagerungsstrecke 14
Einlagerungsstrecke 15
Einlagerungsstrecke 16
Einlagerungsstrecke 17
Einlagerungsstrecke 18
Einlagerungsstrecke 19
Einlagerungsstrecke 20
1. Bl
2. Bl
3. Bl
4. Bl
5. Bl
6. Bl
7. Bl
8. Bl

Betriebsablauf Einlagerungsstrecken bei Einlagerungsfortschritt von 2 BSK3/AT bei Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe nacheinander

Blatt 3 von 3

A

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	23	:	0	
Einlagerungsstrecke	24	:	0	
Einlagerungsstrecke	25	:	0	
Einlagerungsstrecke	26	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	27	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	28	:	0	
Einlagerungsstrecke	29	:	0	
Einlagerungsstrecke	30	:	0	
Einlagerungsstrecke	31	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	32	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	33	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	34	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	35	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	36	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	37	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	38	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	39	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	40	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	41	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	42	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	43	:	1	Vortrieb

41 Bpe in 35 Strecken

B

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	10	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	23	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	24	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	25	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	26	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	27	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	28	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	29	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	30	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	31	:	0	
Einlagerungsstrecke	32	:	0	
Einlagerungsstrecke	33	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	34	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	35	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	36	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	37	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	38	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	39	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	40	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	41	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	42	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	43	:	1	Vortrieb

45 Bpe in 41 Strecken

C

Einlagerungsstrecke	11	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	11	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	12	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	13	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	14	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	15	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	16	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	17	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	18	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	19	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	20	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	21	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	22	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	23	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	24	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	25	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	26	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	27	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	28	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	29	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	30	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	31	:	0	
Einlagerungsstrecke	32	:	0	
Einlagerungsstrecke	33	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	34	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	35	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	36	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	37	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	38	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	39	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	40	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	41	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	42	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	43	:	1	Vortrieb

35 Bpe in 31 Strecken

Mittelwert:
40 Betriebspunkte

Anlage 4-12: Abschätzung Massen und Abmessungen für Container und Transferbehälter für Variante 1 (HAW-Kokille mit Bentonit)

Basierend auf den technischen Daten für die HAW-Kokille und für den im Rahmen des Vorhabens ESDRED/DENKMAL für die BSK3 entwickelten Transferbehälter werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des HAW-Containers und des Transferbehälters für die Variante 1 ermittelt.

Technische Daten HAW-Kokille:

- Masse HAW-Kokille: m_{HAW} = 0,49 t
- Außendurchmesser HAW-Kokille : D_{HAW} = 0,43 m
- Gesamtlänge HAW-Kokille: L_{HAW} = 1,34 m

<u>Masse und Abmessungen Container (C):</u>

- Annahmen
  - Dicke Bentonit: d_B = 0,3 m
  - Einbaudichte Bentonit: ρ_B = 2 t/m³
  - Dicke Stahlblechzylinder: d_{St} = 0,02 m
  - Dichte Stahl: ρ_{St} = 7,8 t/m³
  - Außendurchmesser C: D_C = 1,07 m
  - Länge C ohne Greifpilz: L_C = 1,98 m
  - Gesamtlänge C m. Greifpilz: L_{Cges} = 2,28 m

- Volumen Bentonit: $V_B = \pi/4\ (1{,}03^2 - 0{,}43^2) \times 1{,}34 + 2 \times 0{,}3\ \pi/4 \times 1{,}03^2$
  $V_B = 1{,}42\ m^3$
- Masse Bentonit: <u>$m_B = 1{,}42 \times 2 = 2{,}8$ t</u>
- Volumen Stahlblechzylinder: $V_{St} = 0{,}02\ (\pi\ 1{,}05 \times 1{,}94 + 2 \times \pi/4 \times 1{,}07^2) = 0{,}16\ m^3$
- Masse Stahlblechzylinder: <u>$m_{St} = 0{,}16 \times 7{,}8 = 1{,}3$ t</u>

<u>Gesamtmasse HAW-Container: m_G = 4,6 t</u>

Technische Daten Transferbehälter für den Transport von BSK3 in einer Salzformation [ESDRED/DENKMAL]:

- Masse Transferbehälter leer: ca. m_{TB} = 46 t
  - zylindrischer Teil ca. m_{Zyl} = 36 t
  - Behälterschleusen je ca. m_{BSchl} = 5 t
- Innendurchmesser: $D_{TBinnen}$ = 0,45 m
- Außendurchmesser: $D_{TBaußen}$ = 1,305 m
- Gesamtlänge: $L_{TBaußenges}$ = 5,568 m
- Länge zylindrischer Teil: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m
- Wandstärke Zylindrischer Teil: d_{Zyl} = 0,4275 m
- Breite Behälterschleusen: $B_{TBaußen}$ = 1,33 m
- Höhe Behälterschleusen: $H_{TBaußen}$ = 1,885 m
- Stärke Behälterschleusen: $S_{TBaußen1}$ = 0,350 m
  $S_{TBaußen2}$ = 0,348 m

Masse und Abmessungen Transferbehälter (TB) für C:

- Annahmen
  - Innendurchmesser: $D_{TBinnen\ neu}$ = 1,09 m
  - Reduzierung Wandstärke um 15 % aufgrund Abschirmung durch Bentonit: d_{Zylneu} = 0,36 m
  - Außendurchmesser: $D_{TBaußen\ neu}$ = 1,81 m

- Behälterschleuse

  $D_{TBinnen\ neu}$ = 1,09 m

  $H_{TBaußen\ neu} = H_{TBaußen} + 2(D_{TBinnen\ neu} - D_{TBinnen})$ = 1,885 + 2(1,09 – 0,45) = 3,165 m

  $B_{TBaußen\ neu} = D_{TBaußen\ neu} + (B_{TBaußen} - D_{TBaußen})$

  $B_{TBaußen\ neu}$ = 1,81 + (1,33 – 1,305) = 1,835 m

  $m_{BSchl\ neu} = m_{BSchl} \times H_{TBaußen\ neu} / H_{TBaußen} \times B_{TBaußen\ neu} / B_{TBaußen}$

  $m_{BSchl\ neu}$ = 5 x 3,165/1,885 x 1,835/1,33 = 11,58 t

- Zylindrischer Teil

  Ringfläche Zylinder TB für BSK3: $A_{TBRing} = \pi/4\ (D_{TBaußen}^2 - D_{TBinnen}^2)$

  $A_{TBRing} = \pi/4\ (1{,}305^2 - 0{,}45^2) = 1{,}18\ m^2$

  Länge zylindrischer Teil für BSK3: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m

  Ringfläche Zylinder TB für C: $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (D_{TBaußen\ neu}^2 - D_{TBinnen\ neu}^2)$

  $A_{TBRing\ neu} = \pi/4\ (1{,}81^2 - 1{,}09^2) = 1{,}64\ m^2$

  Länge zylindrischer Teil für C:

  $L_{TBaußen\ ges\ neu} = L_{TBaußenges} + (L_{SCges} - L_{BSK3})$ = 5,568 + (2,28 – 4,98) = 2,868 m

  $L_{TBaußenZyl\ neu} = L_{TBaußen\ ges\ neu} - S_{TBaußen1} - S_{TBaußen2}$ = 2,17 m

  $m_{Zyl\ neu} = m_{Zyl} \times A_{TBRing\ neu}/A_{TBRing} \times L_{TBaußenZyl\ neu}/L_{TBaußenZyl}$

  $m_{Zyl\ neu}$ =36 x 1,64/1,18 x 2,17/4,87 = 22,3 t

  Gesamtmasse Transferbehälter: $m_{TB\ neu}$ = 2 x 11,6 + 22,3 = 45,5 t

Gesamtmasse Transferbehälter incl. C: $m_{ges\ neu}$ = 45,5 + 3,8 = 50,1 t

Abmessungen Transferbehälter (liegend – Kokille horizontal):

Länge: 2,868 m
Breite: 1,835 m
Höhe: 3,165 m

Anlage 4-13: Abschätzung Masse und Abmessungen für Transferbehälter für Variante 2 (HAW-Kokille)

Basierend auf den technischen Daten für die HAW-Kokille und für den im Rahmen des Vorhabens ESDRED/DENKMAL für die BSK3 entwickelten Transferbehälter werden nachfolgend die Masse und die Abmessungen des Transferbehälters für die Variante 2 ermittelt.

Technische Daten HAW-Kokille:

- Masse HAW-Kokille: m_{HAW} = 0,49 t
- Außendurchmesser HAW-Kokille : D_{HAW} = 0,43 m
- Gesamtlänge HAW-Kokille: L_{HAW} = 1,34 m

Technische Daten Transferbehälter für den Transport von BSK3 in einer Salzformation [ESDRED/DENKMAL]:

- Masse Transferbehälter leer: ca. m_{TB} = 46 t
  - zylindrischer Teil ca. m_{Zyl} = 36 t
  - Behälterschleusen je ca. m_{BSchl} = 5 t
- Innendurchmesser: $D_{TBinnen}$ = 0,45 m
- Außendurchmesser: $D_{TBaußen}$ = 1,305 m
- Gesamtlänge: $L_{TBaußenges}$ = 5,568 m
- Länge zylindrischer Teil: $L_{TBaußenZyl}$ = 4,87 m
- Wandstärke Zylindrischer Teil: d_{Zyl} = 0,4275 m
- Breite Behälterschleusen: $B_{TBaußen}$ = 1,33 m
- Höhe Behälterschleusen: $H_{TBaußen}$ = 1,885 m
- Stärke Behälterschleusen: $S_{TBaußen1}$ = 0,350 m
  $S_{TBaußen2}$ = 0,348 m

<u>Masse und Abmessungen Transferbehälter (TB) für HAW-Kokille:</u>

Länge zylindrischer Teil für HAW-Kokille:

$L_{TBaußen\ ges\ neu} = L_{TBaußenges} + (L_{SCges} - L_{BSK3}) = 5{,}568 + (1{,}34 – 4{,}98) = 1{,}928$ m

$L_{TBaußenZyl\ neu} = L_{TBaußen\ ges\ neu} - S_{TBaußen1} - S_{TBaußen2} = 1{,}23$ m

$m_{Zyl\ neu} = m_{Zyl} \times L_{TBaußenZyl\ neu}/L_{TBaußenZyl}$

<u>$m_{Zyl\ neu}$ =36 x 1,23/4,87 = 9,1 t</u>

<u>Gesamtmasse Transferbehälter: $m_{TB\ neu}$ = 2 x 5 + 9,1 = 19,1 t</u>

<u>Gesamtmasse Transferbehälter incl. HAW-K: $m_{ges\ neu}$ = 19,1 + 0,49 = 19,6 t</u>

Abmessungen Transferbehälter (liegend – Kokille horizontal):

Länge: 1,928 m
Breite: 1,33 m
Höhe: 1,885 m

Anlage 5-1: Betriebsabläufe für die Einlagerung und Wettermengenbedarf in den Einlagerungsfeldern für BSK3, HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C

Basierend auf den Betriebsabläufen in den Balkenplänen für BSK3, HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C sind Wetterführung und Wettermengenbedarf in den Einlagerungsfeldern dargestellt.

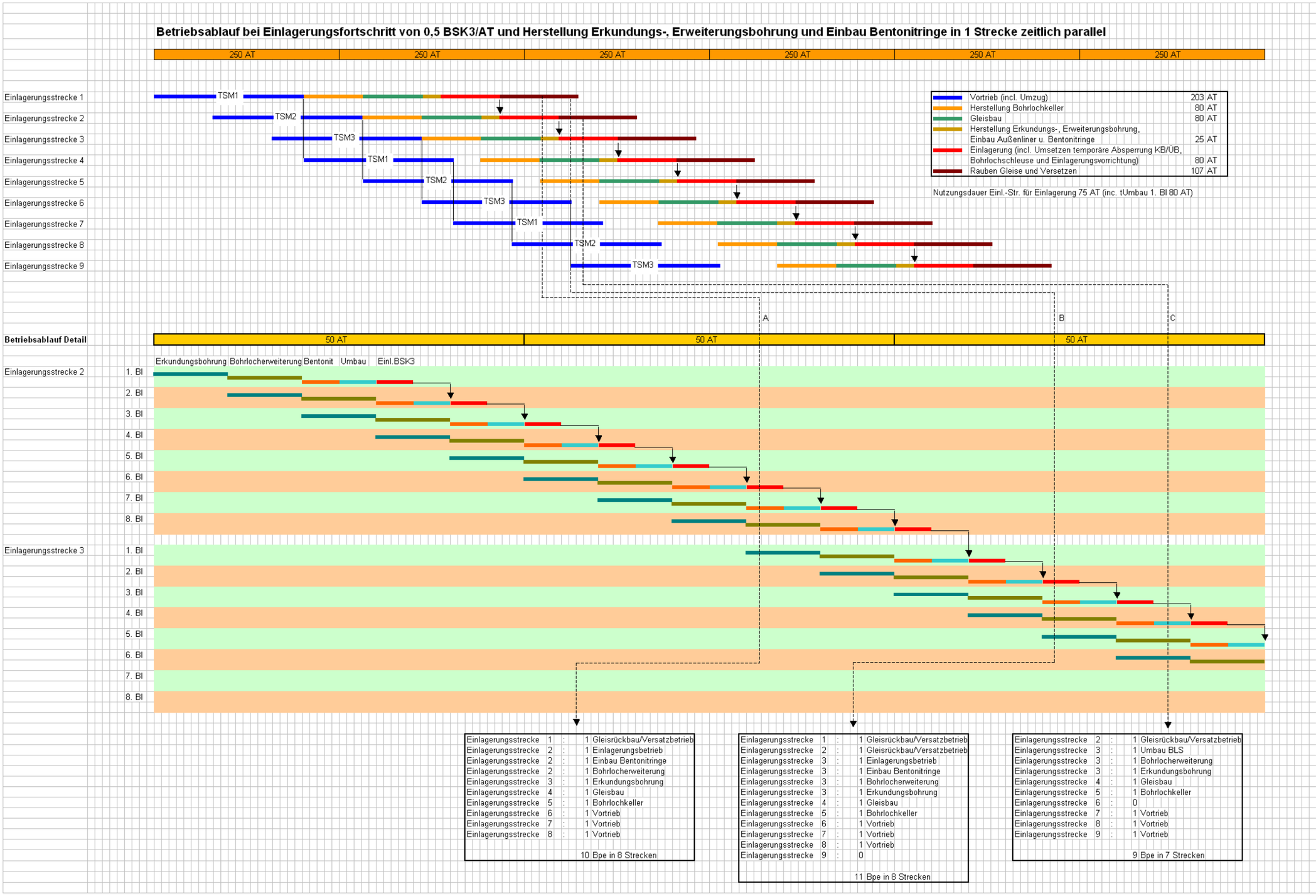
BSK3: Einlagerungsfortschritt 0,5 Gebinde je Arbeitstag

- Balkenpläne
  - Fall 1: Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke zeitlich parallel (1 Blatt)
  - Fall 2: Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke nacheinander (1 Blatt)
- Wetterführung und Wettermengenbedarf
  - Fall 1: Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke zeitlich parallel (1 Blatt)
  - Fall 2: Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in der selben Strecke nacheinander (1 Blatt)

HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C:

- Balkenpläne
  - HAW-Kokillen: Einlagerungsfortschritt 0,72 Gebinde je Arbeitstag (2 Blatt)
  - CSD-B und CSD-C: Einlagerungsfortschritt 0,75 Gebinde je Arbeitstag (2 Blatt)
- Wetterführung und Wettermengenbedarf
  - HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C (1 Blatt)

Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung BSK3 – Fall 1

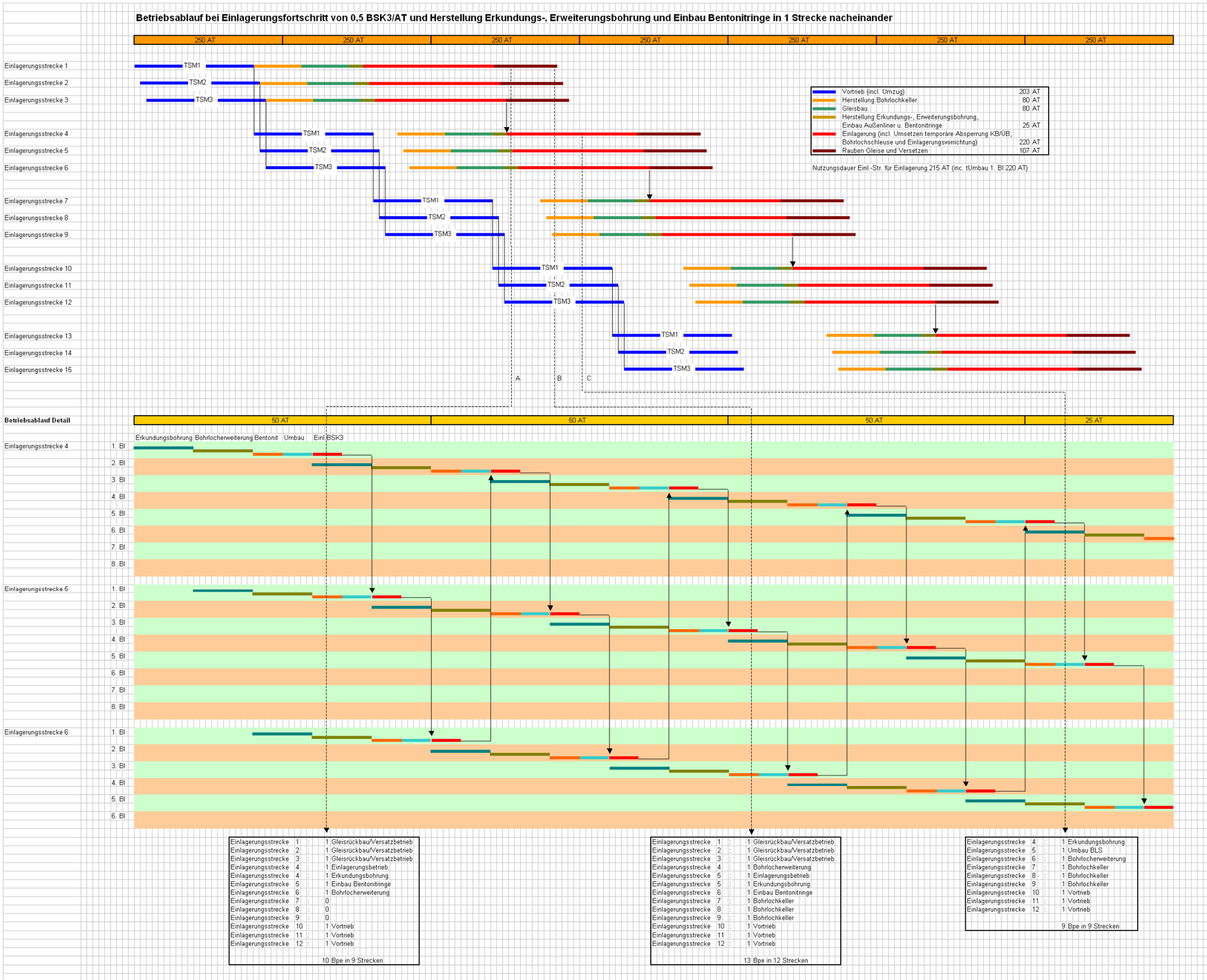


Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Vortrieb
			10	Bpe in 8 Strecken

Einlagerungsstrecke	1	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Einlagerungsbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Einbau Bentonitringe
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	6	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	9	:	0	
			11	Bpe in 8 Strecken

Einlagerungsstrecke	2	:	1	Gleisrückbau/Versatzbetrieb
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Umbau BLS
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Bohrlocherweiterung
Einlagerungsstrecke	3	:	1	Erkundungsbohrung
Einlagerungsstrecke	4	:	1	Gleisbau
Einlagerungsstrecke	5	:	1	Bohrlochkeller
Einlagerungsstrecke	6	:	0	
Einlagerungsstrecke	7	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	8	:	1	Vortrieb
Einlagerungsstrecke	9	:	1	Vortrieb
			9	Bpe in 7 Strecken

Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung BSK3 – Fall 2

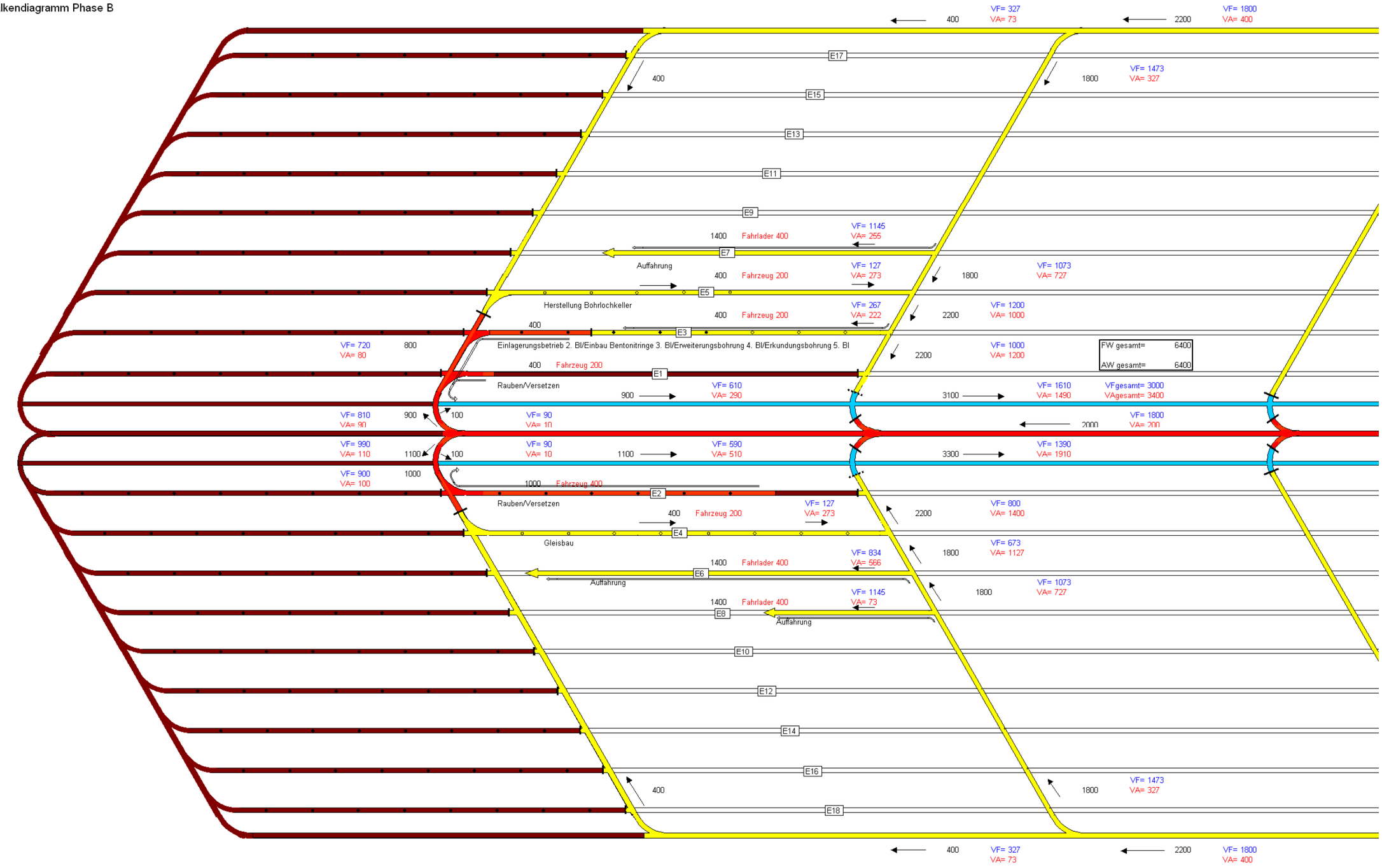


Wetterführung und Wettermengenbedarf für Betriebsablauf Einlagerung BSK3 – Fall 1

Blatt 1 von 1

Betriebsablauf bei Einlagerungsfortschritt von 0,5 BSK3/AT und Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in 1 Strecke zeitlich parallel

Balkendiagramm Phase B

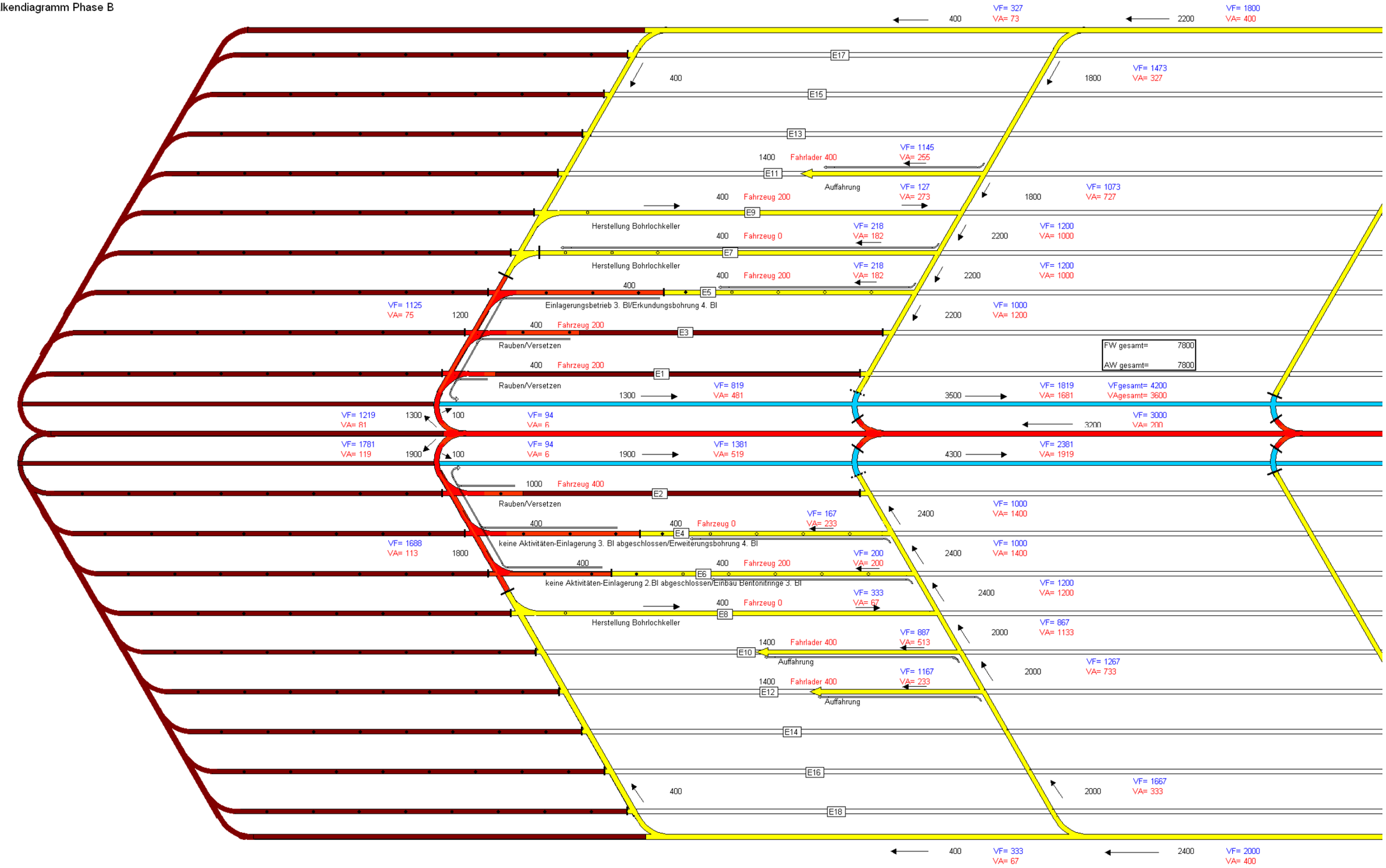


Wetterführung und Wettermengenbedarf für Betriebsablauf Einlagerung BSK3 – Fall 2

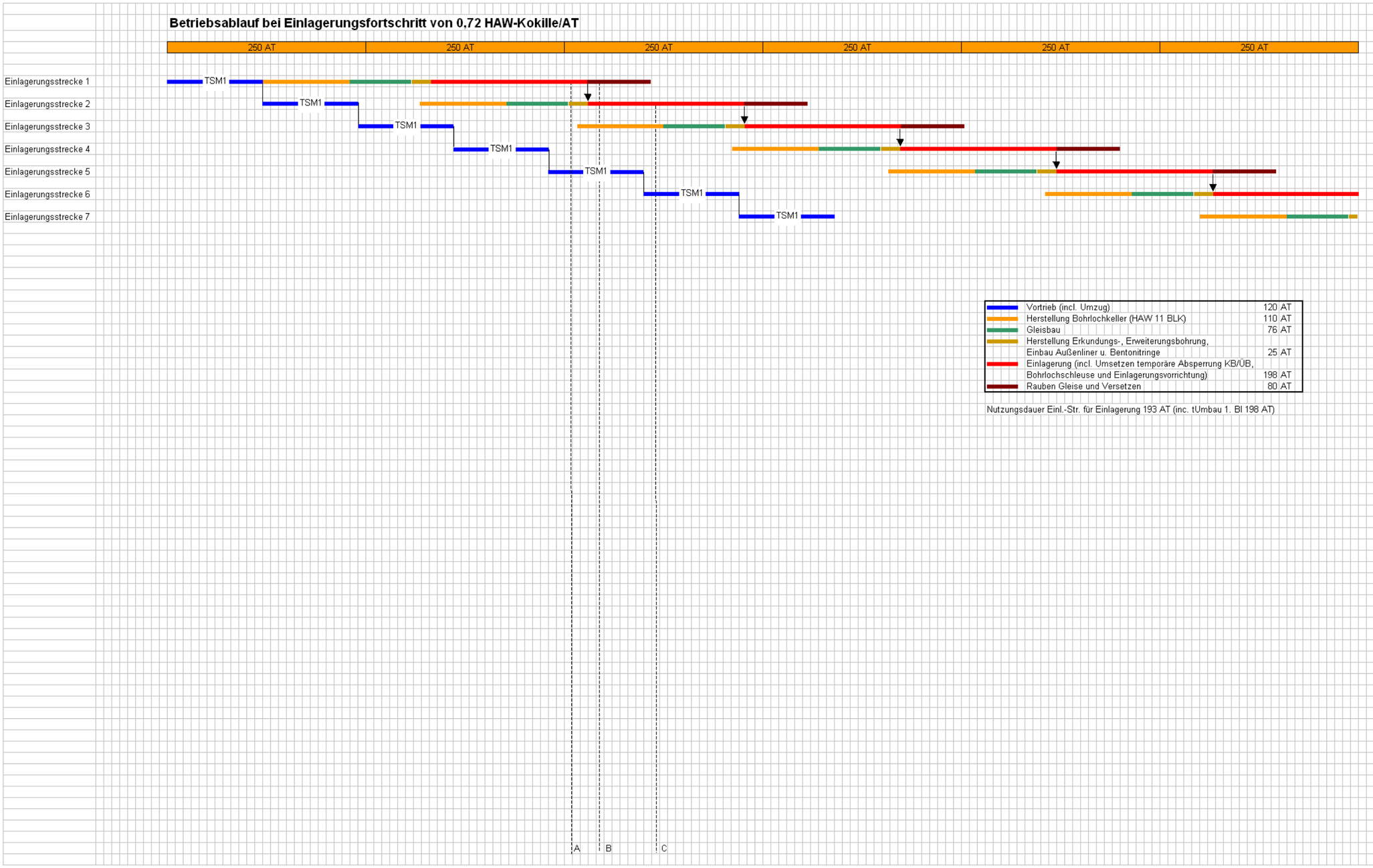
Blatt 1 von 1

Betriebsablauf bei Einlagerungsfortschritt von 0,5 BSK3/AT und Herstellung Erkundungs-, Erweiterungsbohrung und Einbau Bentonitringe in 1 Strecke nacheinander

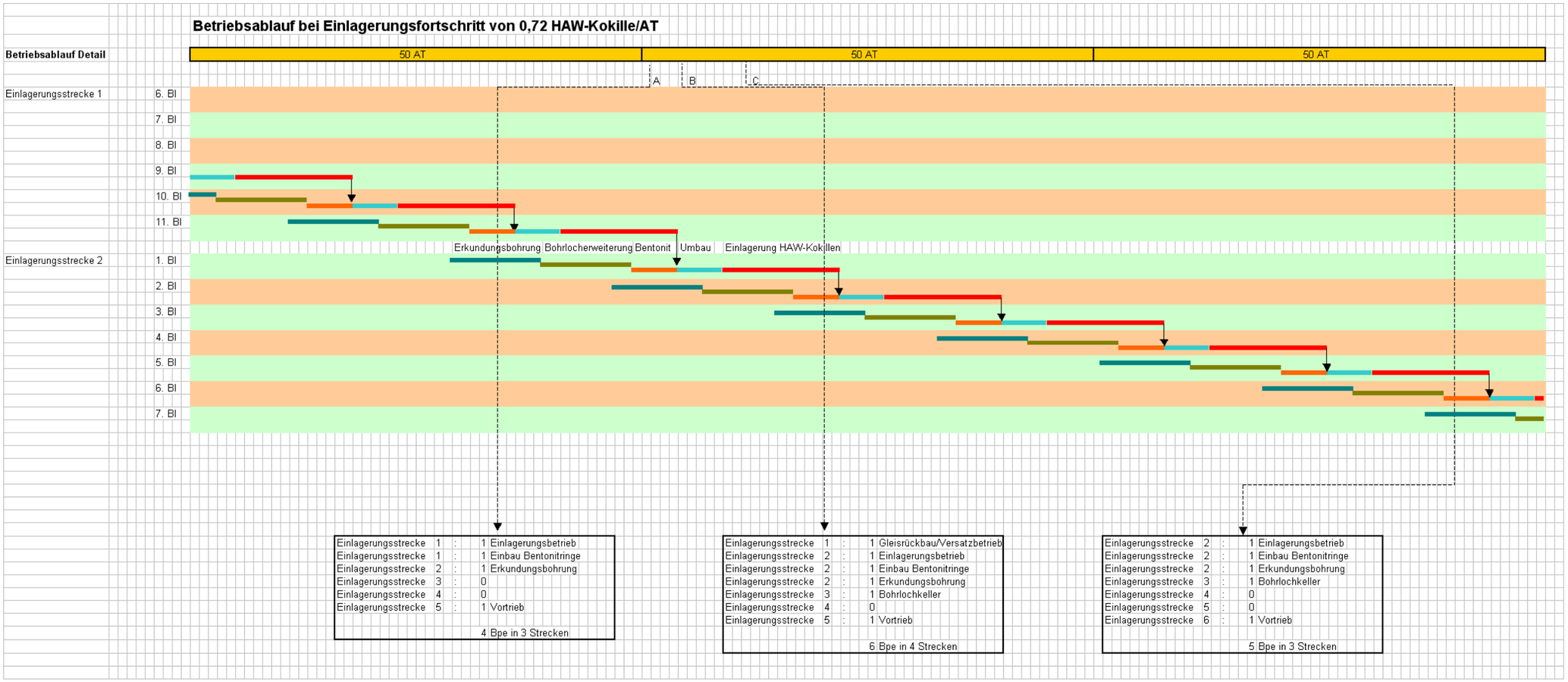
Balkendiagramm Phase B



Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung HAW-Kokillen

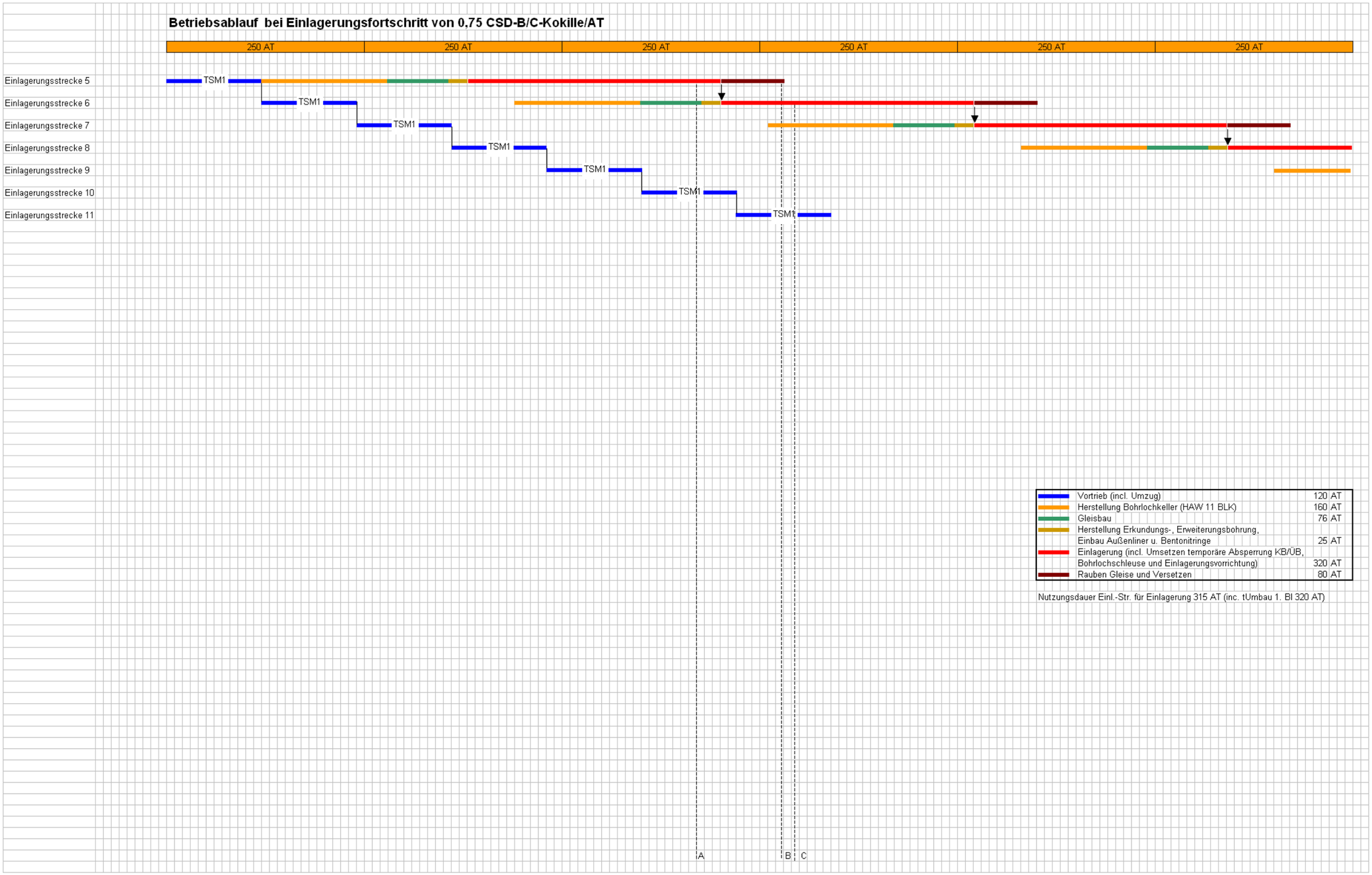


Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung HAW-Kokillen

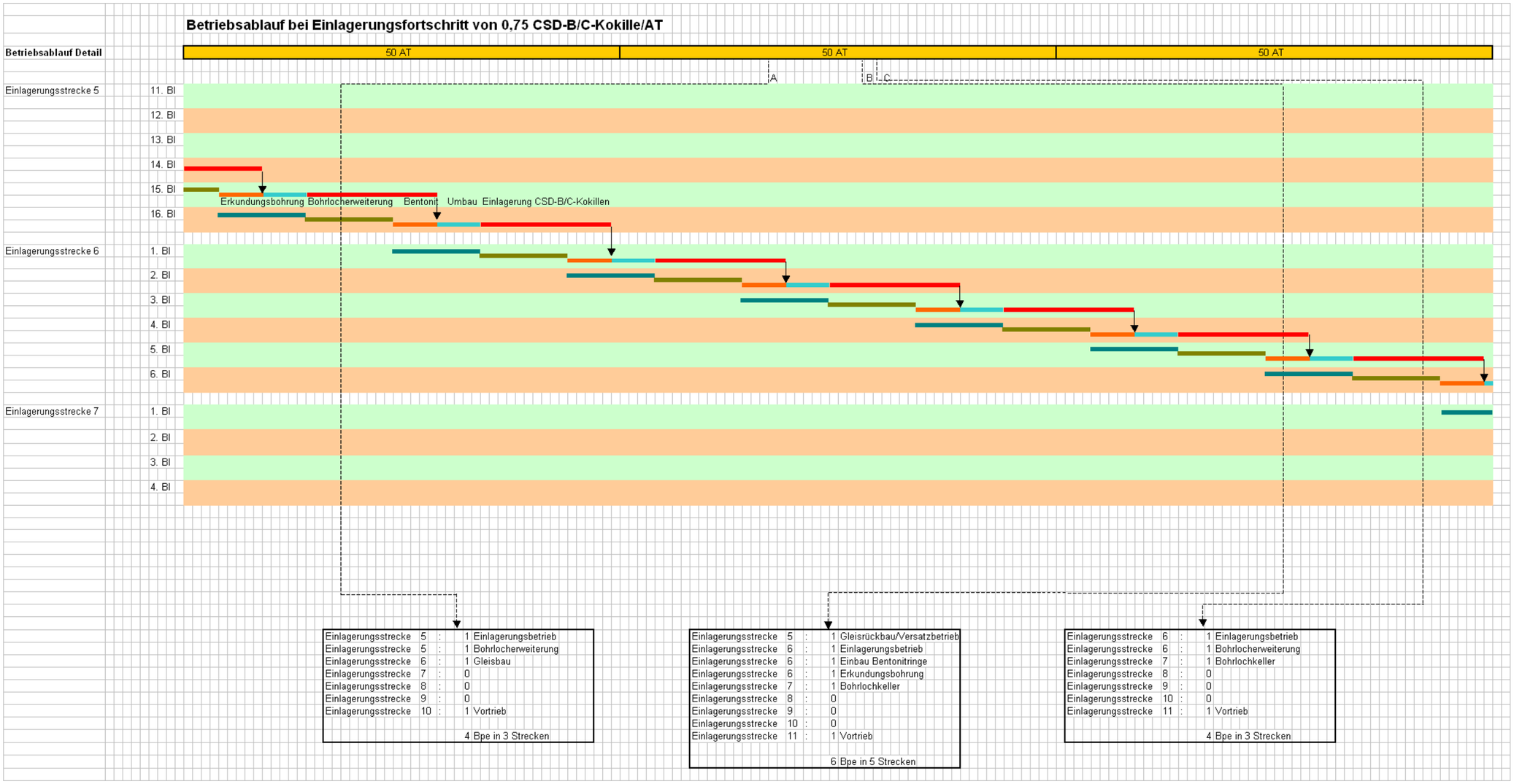


Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung CSD-B- und CSD-C

Blatt 1 von 2

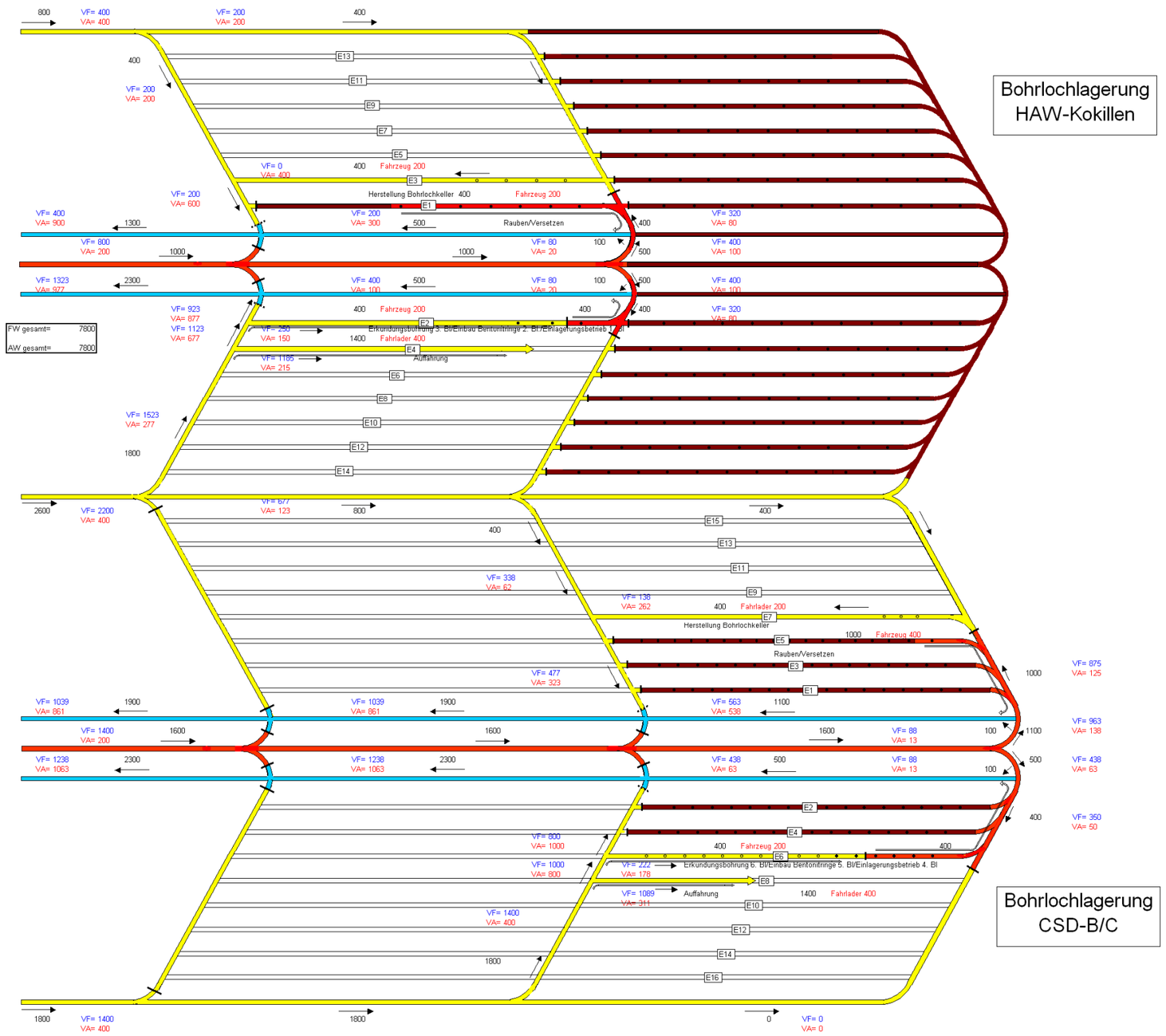


Balkenplan für Betriebsablauf Einlagerung CSD-B- und CSD-C



Wetterführung und Wettermengenbedarf für Betriebsablauf Einlagerung HAW-Kokillen, CSD-B- und CSD-C

Einlagerungsfortschritt 0,72 HAW-Kokillen pro AT, Phase B



Anmerkung: Im Gegensatz zu dem in dem Balkenplan dargestellten unterbrechungsfreien Auffahrbetrieb (Seiten 6 und 7) findet hier aufgrund großer zeitlicher Reserven die Auffahrung in der nächst folgenden Einlagerungsstrecke E4 statt.

Anmerkung: Im Gegensatz zu dem in dem Balkenplan dargestellten unterbrechungsfreien Auffahrbetrieb (Seiten 8 und 9) findet hier aufgrund großer zeitlicher Reserven die Auffahrung in der nächst folgenden Einlagerungsstrecke E 8 statt.

Einlagerungsfortschritt 0,75 CSD-B/C pro AT, Phase B

Anlage 5-2: Ermittlung des aufzuhaldenden Haufwerkvolumens

Das aufzuhaldende Haufwerksvolumen ergibt sich aus dem Gesamtausbruchvolumen multipliziert mit der Schüttungszahl [rm³/fm³] abzüglich des zu versetzenden Gesamthohlraumvolumens. Dabei wird unterstellt, dass der Versatzeinbau mit der Schüttdichte (2,5 t/fm³/1,5 rm³/fm³ = 1,67 t/rm³) erfolgt.

Gesamtausbruchvolumen

Die Ausbruchvolumina für die Einlagerungsfelder für BSK3, HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Ausbruchvolumina für die Einlagerungsfelder für BSK3, HAW-Kokillen sowie CSD-B und CSD-C

	Gebindespezifisches Ausbruchvolumen [m³]	Anzahl Kokillen [Stück]	Ausbruch-volumen [m³]
BSK3	740	6818	5.045.320
HAW-Kokillen	156	3767	587.652
CSD-B und CSD-C	93	7462	693.966
Summe Ausbruchvolumen			**6.326.938**

Eine Abschätzung der Ausbruchvolumina für die Anbindung der Einlagerungsfelder an die Schächte sowie für die Grubennebenräume und die Schächte ist in Tabelle 2 aufgeführt. Für die Grubennebenräume einschließlich Haufwerksbunker wird unter Berücksichtigung der Planungen zum potenziellen Endlager Gorleben und der hier nur einsöhligen Ausrichtung von einem Hohlraumvolumen von etwa 150.000 m³ ausgegangen. Für den Querschnitt der Grubennebenräume wird vereinfachend der lichte Querschnitt von den Richtstrecken für den Haufwerkstransport von 32 m² zugrunde gelegt. Der Ausbruchquerschnitt beträgt dann 39,7 m² und das Ausbruchvolumen 187.500 m².

Tabelle 2: Ausbruchvolumina für die Anbindung der Einlagerungsfelder an die Schächte sowie für die Grubennebenräume und die Schächte

	Länge [m]	lichter Querschnitt [m²]	Ausbruch-querschnitt [m²]	Ausbruch-volumen [m³]
Richtstrecke Haufwerkstransport[1)]	5200	32	39,7	206.326
Richtstrecke Gebindetransport				
- BSK3	1580	52	65,0	102.687
- HAW-Kokillen, CSD-B und CSD-C	1600	42	52,6	84.110
Abwetterstrecken	4830	15	19,0	91.867
Grubennebenräume				187.500
Schächte				60.000
Summe Ausbruchvolumen				**732.490**

1): einschließlich Schachtverbindungsstrecke und Frischwetterstrecke von ÜB in KB

Insgesamt ergibt sich gemäß Tabelle 1 und Tabelle 2 ein Gesamtausbruchvolumen von etwa 7.059 Tm³.

Gesamthohlraumvolumen

Der zu versetzende Hohlraum in Einlagerungsfeldern, Richtstrecken und Grubennebenräumen ist in Tabelle 3 bis Tabelle 6 dargestellt, ohne Berücksichtigung von Bohrlöchern, Schächten und Verschlussbauwerken.

Tabelle 3: Hohlraumvolumina für die Einlagerungsfelder mit BSK3

	lichter Querschnitt [m²]	Länge [m]	Hohlraum-volumen [m³]
Richtstrecken Haufwerkstransport	32	6.200	198.400
Richtstrecken Gebindetransport	52	4.100	213.200
Abwetterstrecken	15	8.300	124.500
Querschläge	52	11.300	587.600
Einlagerungsstrecken an Bohrlöchern	50	13.640	682.000
Einlagerungsstrecken zw. Bohrlöchern	42	55.060	2.312.520
Summe Hohlraumvolumen			**4.118.220**

Tabelle 4: Hohlraumvolumina für die Einlagerungsfelder mit HAW-Kokillen

	lichter Querschnitt [m²]	Länge [m]	Hohlraum-volumen [m³]
Richtstrecken Haufwerkstransport	32	1.200	38.400
Richtstrecken Gebindetransport	42	800	33.600
Abwetterstrecken	15	1.600	24.000
Querschläge	42	1.700	71.400
Einlagerungsstrecken an Bohrlöchern	40	1.450	58.000
Einlagerungsstrecken zw. Bohrlöchern	30	8.810	264.300
Summe Hohlraumvolumen			**489.700**

Tabelle 5: Hohlraumvolumina für die Einlagerungsfelder mit CSD-B und CSD-C

	lichter Querschnitt [m²]	Länge [m]	Hohlraum-volumen [m³]
Richtstrecken Haufwerkstransport	32	1.200	38.400
Richtstrecken Gebindetransport	42	800	33.600
Abwetterstrecken	15	1.600	24.000
Querschläge	42	1.900	79.800
Einlagerungsstrecken an Bohrlöchern	40	2.490	99.600
Einlagerungsstrecken zw. Bohrlöchern	30	9.670	290.100
Summe Hohlraumvolumen			**565.500**

Tabelle 6: Hohlraumvolumina für die Anbindung der Einlagerungsfelder an die Schächte sowie für die Grubennebenräume

	lichter Querschnitt [m²]	Länge [m]	Hohlraum-volumen [m³]
Richtstrecke Haufwerkstransport[1)]	32	5200	166.400
Richtstrecke Gebindetransport			
- BSK3	52	1580	82.160
- HAW-Kokillen, CSD-B und CSD-C	42	1600	67.200
Abwetterstrecken	15	4830	72.450
Grubennebenräume			150.000
Summe Hohlraumvolumen			**538.210**

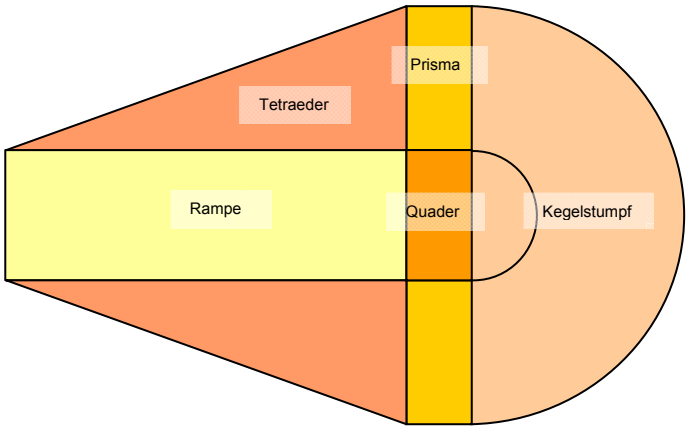
1): einschließlich Schachtverbindungsstrecke und Frischwetterstrecke von ÜB in KB

Insgesamt ergibt sich gemäß Tabelle 3 bis Tabelle 6 ein Gesamthohlraumvolumen von etwa 5.712 Tm³.
Unter Zugrundelegung einer Schüttungszahl von ca. 1,5 rm³/fm³ ergibt sich folgendes Haldenvolumen:
V_{Halde} = 7.059 Tm³ *1,5 rm³/fm³ - 5.712 Tm³ = 4.877 Tm³

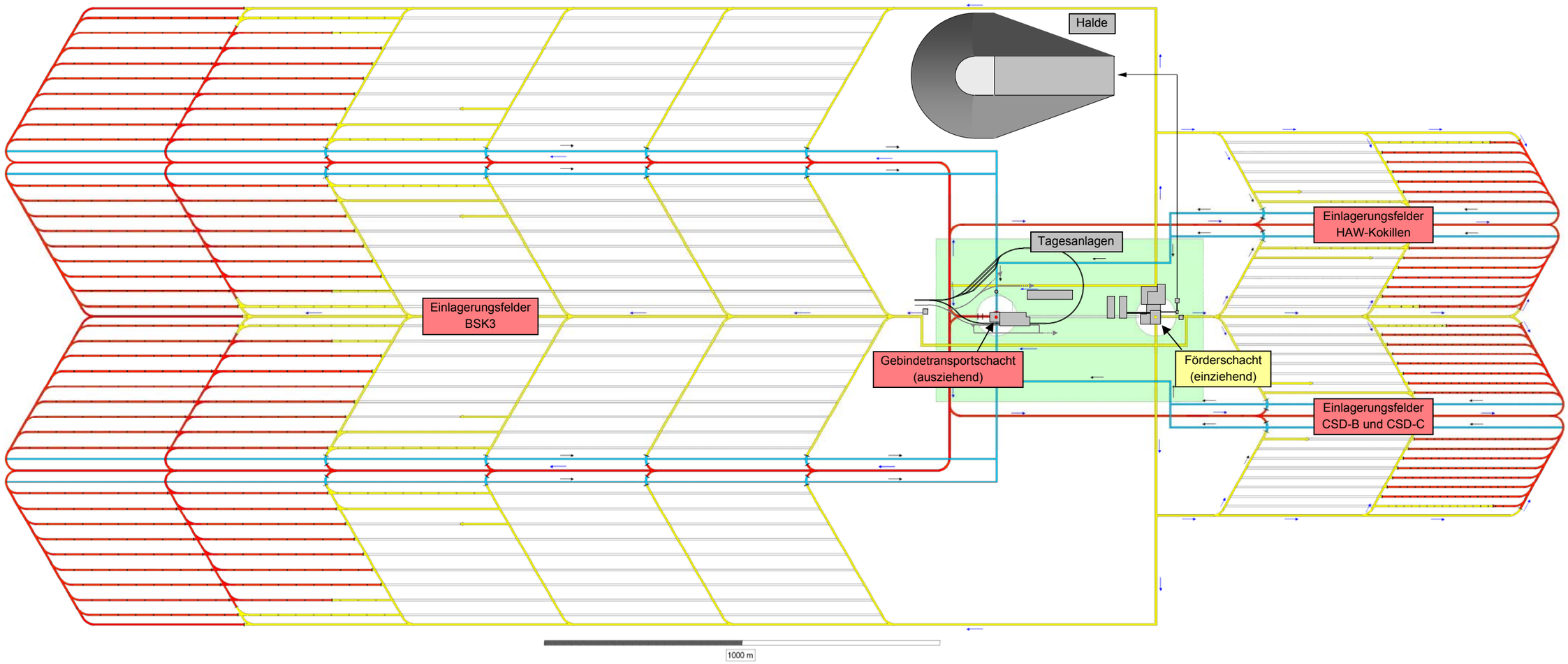
Für die Halde wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Anlegen einer Rampe für Gurtförderanlage mit Steigungswinkel 15° und Breite
- B =100 m
- Böschungswinkel Haufwerk 35°
- Plateau für Absetzer mit Breite 100 m bzw. Radius r = 50 m

Kegelstumpf: $V = \pi*h/3 * 180/360 * (R^2 + r^2 + R*r)$; $F = \pi*R^2 *0,5$
mit h: Höhe Halde
R: Radius Kegelstumpf unten
r: Radius Kegelstumpf oben
Prismen: $V = 2*r*(R-r)*h*0,5$; $F = 2*r*(R-r)$
Quader: $V = 2r^2*h$ $F = 2r^2$
Rampe: $V = h*L*B/2$ $F = B*L$
mit : L: horizontale Länge Rampe
Tetraeder: $V = 1/3\ h(R-r)*L$ $F = (R-r)*L$



Unter Zugrundelegung von ca. 4,9 Mio m³ Haufwerk ergeben sich damit folgende Abmessungen der Halde:

Länge:	529 m
Breite:	337 m
Höhe:	83 m
Grundfläche:	130.000 m²

Anlage 5-3: HAW-Endlager mit Tagesanlagen