

# Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen des Endlagers Konrad nach dem Stand von Wissenschaft und Technik (ÜsiKo) Phase 2

MTO-Analyse für das Endlager Konrad

in Form einer Hazard Operability Study (HAZOP)

Fachöffentliche Ergebnispräsentation am 24.10.2024 in Braunschweig

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
2. Aufgabenstellung
3. Ergebnisse
4. Grundlagen
5. Methodik
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. **Vorstellung der Auftragnehmer**
2. Aufgabenstellung
3. Ergebnisse
4. Grundlagen
5. Methodik
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# Vorstellung der Auftragnehmer

**Auftragnehmende Unternehmen vertreten durch folgende Experten:**

- **DMT GmbH & Co. KG**
- **Encos GmbH & Co. KG**
- **MTO Safety GmbH**

# Vorstellung der Auftragnehmer

## HAZOP-Team

Die Analysen wurden durch ein festes HAZOP-Team aus fünf Experten durchgeführt. In diesem HAZOP-Team waren folgende vertiefte Fachkenntnisse vertreten:

- Fachkenntnisse bezüglich der Abläufe und Standards in kerntechnischen Anlagen
- Fachkenntnisse bezüglich der Themenbereiche Mensch und Organisation
- Fachkenntnisse bezüglich der Abläufe in einem Endlager für radioaktive Abfälle
- Fachkenntnisse bezüglich der Durchführung von HAZOP-Analysen
- Fachkenntnisse bezüglich der Durchführung von MTO-Analysen
- Fachkenntnisse bezüglich der technischen Einrichtungen in einem Endlager für radioaktive Abfälle

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
- 2. Aufgabenstellung**
3. Ergebnisse
4. Grundlagen
5. Methodik
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# Aufgabenstellung

## Aufgabenstellung

*„Durchführung einer ganzheitlichen, voreilenden  
MTO-Analyse in Form einer HAZOP-Methode“*

- **Aufgabe ist es eine ganzheitliche, voreilende MTO-Analyse für die relevanten Tätigkeiten und Ereignisse durchzuführen.**
- **Betrachtet werden alle Tätigkeiten und Ereignisse, für die in der Phase 1 der ÜsiKo ein Delta mit Bezug auf die Durchführung einer voreilenden MTO-Analyse identifiziert wurde.**
  - In Phase 1 der ÜsiKo wurde festgestellt, dass Änderungen im Stand von Wissenschaft & Technik hinsichtlich Durchführung einer MTO-Analyse vorliegen können. Daraus wurden die nachfolgenden Deltas abgeleitet.
- **Die voreilende MTO-Analyse soll für das Einlagerungssystem durchgeführt werden. Es wird hier der Einlagerungsbetrieb betrachtet.**

# Aufgabenstellung

## Voreilende MTO-Analyse zu 14 Deltas aus Phase 1 der ÜsiKo

- **Delta 8:** Aspekte der MTO auf die Tätigkeiten im Endlager Konrad
- **Delta 9:** Absturz in der Pufferhalle (mech. Einwirkung über Tage)
- **Delta 10:** Absturz in der Umladehalle (mech. Einwirkung über Tage)
- **Delta 11:** Absturz im Sonderbehandlungsraum (mech. Einwirkung über Tage)
- **Delta 12:** Absturz schwerer Lasten auf Abfallgebinde (mech. Einwirkung über Tage)
- **Delta 13:** Kollision von Transportmitteln ohne Brand (mech. Einwirkung über Tage)
- **Delta 14:** Absturz von Abfallgebinden bei der Beschickung des Förderkorbes (mech. Einwirkung bei der Schachtförderung)
- **Delta 15:** Mechanische Einwirkungen auf Abfallgebinde bei der Förderung unter Tage (mech. Einwirkung bei der Schachtförderung)
- **Delta 16:** Absturz von Lasten auf Abfallgebinde im Förderkorb (mech. Einwirkung bei der Schachtförderung)
- **Delta 17:** Absturz von Abfallgebinden bei der Handhabung (mech. Einwirkung unter Tage)
- **Delta 18:** Absturz schwerer Lasten auf Abfallgebinde (mech. Einwirkung unter Tage)
- **Delta 19:** Kollision von Transportmitteln ohne Brand (mech. Einwirkung unter Tage)
- **Delta 20:** Kollision von Transportmitteln mit Brand (therm. Einwirkungen über Tage)
- **Delta 21:** Kollision von Transportmitteln unter Tage mit Brand (therm. Einwirkungen unter Tage)

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
2. Aufgabenstellung
- 3. Ergebnisse**
4. Grundlagen
5. Methodik
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# Ergebnisse

- Im Ergebnis wurden 14 Deltas aus ÜsiKo Phase 1 im Rahmen der ÜsiKo Phase 2 bearbeitet. Dazu wurde eine ablaufbezogene voreilende MTO-Analyse durchgeführt.
- Hinsichtlich der Deltas 8, 13, 19, 20 und 21 kommen Optimierungsmaßnahmen in Betracht (bei 11 von 157 Sollfunktionseinheiten). Diese werden zur weiteren Optimierung der Sicherheit des Endlagers empfohlen.
- Ob und wie sich durch die Umsetzung einer Empfehlung tatsächlich eine Optimierung der Betriebssicherheit des Endlagers erzielen lässt, bleibt einer Gesamtbewertung nach Abschluss des Auftrages vorbehalten.

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
2. Aufgabenstellung
3. Ergebnisse
- 4. Grundlagen**
5. Methodik
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# Grundlagen

## Deltabezogene MTO - Analyse

- **Vorgesehen war eine Delta-bezogene Bearbeitung:**
  - **Nach Prüfung durch das Expertenteam: Darstellung einer „Delta-bezogenen“ MTO-Analyse ist nicht zweckmäßig**
- **Durchführung der MTO-Analyse erfolgt anhand der geplanten Betriebsabläufe.**
  - **Zuordnung der Ereignisse aus der EU 228 „Störfallanalyse“ zu den jeweiligen Deltas.**

# Grundlagen

## Einlagerungssystem Konrad

**Betrachtung des Einlagerungssystems im Normalbetrieb sowie Unterteilung in 7 sinnvolle Abläufe. Diese wurden nach folgenden Kriterien festgelegt:**

- **Darstellung des gesamten Vorgangs von der Anlieferung von Abfallbinden bis hin zum Verschluss der Einlagerungskammer.**
- **Sinnvolle räumliche und tätigkeitsbezogene Zuordnung von Tätigkeiten bzw. Handhabungsschritten.**
- **Klare Definition von Schnittstellen zwischen den Abläufen.**
  - **Für jeden der 7 Abläufe wurde je eine HAZOP durchgeführt.**
  - **Einzelne HAZOP wurden in mehrere „Nodes“ (Teil eines Ablaufs) aufgeteilt, um Unterschiede in den Abläufen z. B. bei der Einlagerung von zylindrischen und kubischen Abfallbinden zu berücksichtigen.**

# Grundlagen

## Einlagerungssystem Konrad

1. Gebindeanlieferung

2. Gebindeabfertigung

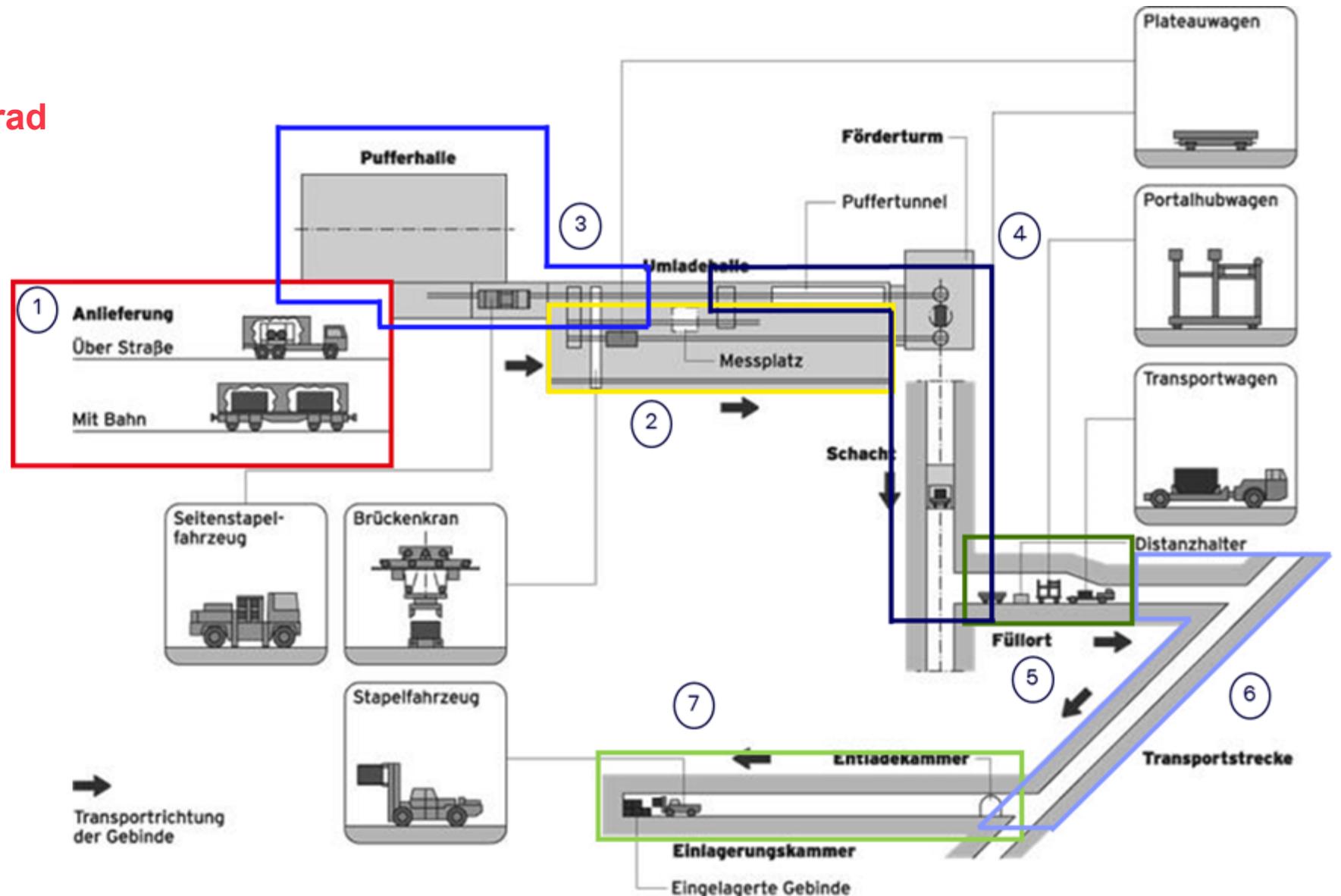
3. Pufferlagerung /  
Sonderbehandlungs-  
raum

4. Transport nach  
unter Tage

5. Umschlag im Füllort

6. Gebindetransport  
unter Tage

7. Einlagerung



# Grundlagen

## Ablaufbezogene MTO-Analyse

Ablauf und Node = HAZOP	Komponenten	Start	Ende	Ereignisse (EU 228 und ÄV 53)	Delta
1 Gebindeanlieferung, Trocknung: Node 1: LKW Node 2: Bahn-Waggon	Tore, Trocknungsanlage, Verkehrslenkung, LKW, Bahn-Waggon, Rangierfahrzeug	Annahme am Werkstor	Bereit für Anschlag von Transportmittel an Transporteinheit in der Umladehalle	1, 2, 4, 5, 9, 10	8, 13, 20

### Übertrag der Ereignisse/Deltas in die Struktur der Abläufe

### Betrachtung der relevanten Abläufe in Bezug auf die Handhabung der Abfallgebände

2 Gebindeabfertigung: Node 1: Kubische u. zylindrische Gebinde liegend Node 2: Zylindrische Gebinde stehend	Brückenkran 1 und 2, Anschlagmittel, Gebindeeingangskontrolle, Wendeeinrichtung, Plateauwagen, Flurförderanlage, Querverschub 1 und 2	Anschlag von Transportmittel an der Transporteinheit	Abschluss Gebindeeingangskontrolle	1, 2, 9, 13, 14, 18, ÄV 53: 101, 103-113	8, 10, 12, 13, 20
3 Pufferlagerung/Sonderbehandlungsraum Node 1: Pufferlagerung Node 2: Sonderbehandlungsraum	Plateauwagen, Seitenstapelfahrzeug, Querverschub 1 und 2, Flurförderanlage, Plateauwagenschieber	Nach Abschluss Gebindeeingangskontrolle; Entscheidung zur Pufferung bzw. Entscheidung zur Sonderbehandlung	Plateauwagen mit Transporteinheit an Pos. 8.1 vor Puffertunnel bzw. Plateauwagen mit Transporteinheit bereit zur Gebindeeingangskontrolle	17, 24-31, 33	8, 9, 10, 13, 20
4 Transport nach unter Tage Node 1: Schachtantransport bis Schachtbeschickung Node 2: Schachtförderung bis Übergabe Füllort	Plateauwagen, Schachtförderanlage, Tore, Drehscheibe 2, Aufzieh- und Abschiebevorrichtung, Fördergestell	Plateauwagen mit Transporteinheit an Pos. 8.1 vor Puffertunnel	Transporteinheit auf Plateauwagen bereit für Anschlag durch Portalhubwagen im Füllort	17, 39, 40, 41, 43, 44	8, 10, 14, 15, 16
5 Umladung im Füllort	Plateauwagen, Portalhubwagen, Transportwagen, Distanzhalter	Anfahrt Transportwagen im Füllort.	Transporteinheit auf Transportwagen; Portalhubwagen in Ruheposition	45	8, 17
6 Gebindetransport unter Tage	Transportwagen, Verkehrslenkung unter Tage	Transportwagen mit Transporteinheit im Füllort bereit für Transport unter Tage	Transportwagen mit Transporteinheit in Warteposition Transportwagen Umladung	51-54, 60, 61, 64, 65	8, 19, 21
7 Einlagerung Node 1: Zylindrische Gebinde Node 2: Kubische Gebinde Node 3: Erstellung Versatzwand	Stapelfahrzeug, Transportwagen, Spritzmanipulatorfahrzeug, Versatztransportfahrzeug	Transportwagen mit Transporteinheit in Warteposition im Umladebereich	Einlagerung Abfallgebände abgeschlossen; Versatzwand ist errichtet	60, 61, 64 - 66, 68, 69, 71, 72, 77-79	8, 17, 19, 21

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
2. Aufgabenstellung
3. Ergebnisse
4. Grundlagen
- 5. Methodik**
6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

# Voreilende MTO-Analyse

- Eine **voreilende Analyse** wird durchgeführt, bevor es zu einem unerwünschten Ereignis kommt. Es werden anhand von Beschreibungen von Prozessen oder Abläufen **potentielle Abweichungen** vom vorgesehenen Betriebsablauf und deren Auswirkungen identifiziert.
- MTO bedeutet „**Mensch, Technik, Organisation**“. **Bei MTO-Analysen** geht es darum, ein Ereignis im Betriebsablauf ganzheitlich zu betrachten und zu untersuchen.
  - MTO-Analysen lassen sich auch als voreilende Analysen durchführen .

Eine derartige **voreilende MTO -Analyse** mithilfe der **HAZOP-Methode** (Hazard Operability Study) wurde hier durchgeführt.

# HAZOP: Prinzipielles Vorgehen

## Schritte einer HAZOP-Analyse

Die HAZOP-Methode ist eine systematische Vorgehensweise zum Auffinden möglicher Abweichungen und Störungen in Abläufen bzw. Prozessen. Dazu wird in acht Schritten vorgegangen:

1. Festlegung von **Sollfunktionseinheiten (SFE)**: Zerlegung eines geplanten Ablaufs oder Prozesses in einzelne Handlungsschritte
2. Untersuchung der Sollfunktionseinheiten mittels **Parametern und Leitwörtern**
3. Identifikation von **Abweichungen**
4. Bestimmung der möglichen **Ursache** der Abweichungen
5. Abschätzung der **Auswirkungen** der Abweichungen (bezogen auf ein Schutzziel)
6. Bewertung bereits vorhandener **Schutzeinrichtungen** zur Verhinderung von Abweichungen bzw. Verhinderung oder Minimierung von deren Auswirkungen
7. Bei Bedarf: Formulierung von zusätzlichen **Maßnahmenempfehlungen**
8. Bewertung der **Sicherheitsbedeutung** der zusätzlichen Maßnahmenempfehlungen

# Grundsätzliche Regeln für HAZOP-Analysen

1. Es werden nicht mehrere voneinander unabhängige Fehler unterstellt. In einer HAZOP-Analyse ist der **Einzelfehler** zu betrachten und zu bewerten.
2. Besteht die Abweichung z. B. im Versagen einer Bremse, dann kann die Bremse nicht als Schutzeinrichtung herangezogen werden. Es muss eine andere organisatorische oder technische Maßnahme greifen (z. B. eine zweite, redundante Bremsvorrichtung).
3. Auswirkungen werden im ersten Durchgang der HAZOP-Analyse **ohne** bereits vorhandene oder geplante Schutzeinrichtungen bewertet. Erst im zweiten Durchgang werden die vorhandenen Schutzeinrichtungen betrachtet und bewertet.

# Sollfunktionseinheiten

## Bildung und Hinterfragung von Sollfunktionseinheiten (SFE) für Abläufe im Endlager Konrad

- **Grundlage für die HAZOP -Analysen** : Erläuternde Unterlagen zum Endlager Konrad sowie Informationen der BGE zum geplanten Vorgehen im Einlagerungsbetrieb.
- **Auswahl von relevanten Abläufen** : Handhabungsschritte mit Abfallgebinden, bei denen theoretisch Ereignisse auftreten könnten, die Einwirkungen auf ein Abfallgebinde zur Folge haben könnten.
- **Bildung von Sollfunktionseinheiten (SFE)** : Einzelne, sinnvoll abgrenzbare Handlungsschritte innerhalb der Abläufe. Jede SFE beinhaltet einen Akteur (wer führt die Handlung aus) und eine Beschreibung der Handlung. Die SFE wurden dann in eine Abfolge gebracht, die sich an den Abläufen im Einlagerungssystem des Endlagers Konrad orientiert .
- **Hinterfragung jeder SFE** : Welche Fehler und Abweichungen könnten in dieser SFE auftreten? Für diese Hinterfragung der SFE wurden vorher festgelegte **Parameter und Leitwörter** verwendet.

# Parameter und Leitwörter

In der Untersuchung genutzte Parameter und Leitwörter zur Bestimmung möglicher Abweichungen

Parameter	Leitwort
Ausführung der Handlung	Nicht
	Sowohl als auch
	Teilweise
	Umkehrung
	Anders als
Zeit	Zu früh/zu spät bzw. zu kurz/zu lang
Ort	Anders als
Weg	Nicht
	Mehr/weniger
	Umkehrung
	Anders als
Geschwindigkeit	Mehr/weniger
Objekt	Nicht
	Mehr/weniger
	Anders als

Jede Sollfunktionseinheit wurde mit diesen Parametern und Leitwörtern auf mögliche Abweichungen untersucht.

# Abweichung, Ursachen und mögliche Auswirkungen

## Untersuchung von Sollfunktionseinheiten mit Hilfe der Parameter und Leitwörter

Durch die Anwendung der Parameter und Leitwörter können dann gegebenenfalls **Abweichungen**, d. h. unerwünschte Zustände im Betrieb, identifiziert werden. Es werden die **Ursachen** der Abweichungen bestimmt und die **Auswirkung** bezüglich des Schutzziels (Verhinderung von Einwirkungen auf das Abfallgebäude) abgeschätzt.

### Beispiel (fiktiv):

<b>Sollfunktionseinheit:</b>	LKW-Fahrer fährt auf dem Schachtgelände
<b>Parameter mit Leitwort:</b>	Weg – anders als
<b>Identifizierte Abweichung:</b>	LKW nimmt falsche Fahrtroute
<b>Mögliche Ursache:</b>	Handlungsfehler
<b>Mögliche Auswirkung:</b>	Kollision mit entgegenkommendem Fahrzeug

# Bewertung der Auswirkung und Schutzeinrichtungen

## Zwei Durchgänge bei einer HAZOP-Analyse: Bewertung erst ohne, dann mit Schutzeinrichtung

Die Auswirkung einer Abweichung wird im **ersten** Analyse-Durchgang ohne die Berücksichtigung gegebenenfalls schon vorhandener Schutzeinrichtungen bewerten. Im **zweiten** Analyse-Durchgang werden anschließend die vorhandenen Schutzeinrichtungen in die Analyse einbezogen.

### Erster Analyse-Durchgang

**Auswirkung:** Kollision mit entgegenkommendem Fahrzeug

**Bewertung Auswirkung:** Keine relevante Einwirkung auf das Abfallgebäude, da der LKW mit dem Führerhaus gegen das entgegenkommende Fahrzeug prallt und das Abfallgebäude nicht betroffen ist.

### Zweiter Analyse-Durchgang

**Schutzeinrichtung:** Alle einmündenden und kreuzenden Nebenstraßen sind durch Schranken gesichert.  
Die Grundstellung der Schranken ist „geschlossen“.

# Maßnahmenempfehlungen

## Maßnahmenempfehlungen und Bewertung deren Sicherheitsbedeutung

Falls in der HAZOP-Analyse eine mögliche Einwirkung auf das Abfallgebäude identifiziert wird, welche nicht durch eine geeignete Schutzeinrichtung verhindert wird, werden Maßnahmenempfehlungen formuliert.

Ob und wie sich durch die Umsetzung einer Empfehlung tatsächlich eine Optimierung der Betriebssicherheit des Endlagers erzielen lässt, bleibt einer Gesamtbewertung nach Abschluss des Auftrages vorbehalten.

# Dokumentation und Abstimmung mit der BGE

## Dokumentation in HAZOP-Arbeitsblatt

Die sieben durchgeführten HAZOP-Analysen wurden jeweils separat in einem MS Excel-Arbeitsblatt dokumentiert.

Die Arbeitsblätter mit den Ergebnissen der sieben HAZOP-Analysen wurden mit der BGE diskutiert.

Die Anregungen der BGE wurden nach einer Prüfung und Bewertung im HAZOP-Team in der Überarbeitung ggf. berücksichtigt.

# Dokumentation der Ergebnisse der HAZOP-Analyse

Strukturierte und systematische Bearbeitung der relevanten Abläufe anhand eines Arbeitsblattes

DMT ENCOS				Projekt HAZOP-Analyse Schacht Konrad HAZOP 1: Gebindeanlieferung, Trocknung		HAZOP-Worksheet				
		Auftraggeber: BGE Sitzung: 15.03.2024 Node 1: LKW		Revision: 3		Anlagenbereich: Über Tage, Außenbereich, Umladehalle Start: Annahme am Werkstor Ende: Bereit für Anschlag von Transportmittel an Transporteinheiten in der Umladehalle				
SOLLFUNKTIONS - EINHEIT	PARAMETER	LEITWORT	ABWEICHUNG	URSACHEN	EREIGNIS	DELTA	AUSWIRKUNGEN	SCHUTZEINRICHTUNGEN	MAßNAHMENEMPFEHLUNG	BEWERTUNG SICHERHEITSBEDeutUNG
1. Wachpersonal: Öffne das Werkstor	Ausführung der Handlung	teilweise	Das Werkstor ist nicht vollständig geöffnet	Handlungsfehler oder technischer Defekt			LKW fährt mit LKW-Fahrerkabine voraus gegen das Werkstor.  Keine sicherheitsrelevante Auswirkung, da der LKW mit dem Führerhaus gegen das Werkstor prallt und das Abfallgebände nicht betroffen ist.	-	-	-
	Zeit		k. A.	-			-	-	-	-
	Ort		k. A.	-			-	-	-	-
	Weg		k. A.	-			-	-	-	-
	Geschwindigkeit		k. A.	-			-	-	-	-
2. Wachpersonal: Gib dem LKW eine Fahrtroute vor	Ausführung der Handlung	teilweise	Die Fahrtroute ist falsch vorgegeben. (Verkehrsenkung über Tage ist nicht kompatibel mit der vorgegebenen Fahrtroute)	Handlungsfehler			Fahrer fährt auf falsch vorgegebener Route.  Keine sicherheitsrelevante Auswirkung, da die Wahl einer falschen Route nicht zwangsläufig zu einer Kollision führen muss.	Alle einmündenden und kreuzenden Nebenstraßen sind durch Schranken gesichert. Die Grundstellung der Schranken ist geschlossen.	-	-
	Ausführung der Handlung	anders als	Die Fahrtroute wird nicht vorgegeben.	Handlungsfehler			Keine sicherheitsrelevante Auswirkung, da eine Einfahrt ausschließlich nach Mitteilung der Fahrtroute möglich ist.	-	-	-
	Zeit		k. A.	-			-	-	-	-
	Ort		k. A.	-			-	-	-	-
	Weg		k. A.	-			-	-	-	-
3. Personal Steuerstand Trocknungsanlage / Wachpersonal: Definiere Abrufposition auf dem LKW Parkplatz	Ausführung der Handlung	anders als	Es ist eine bereits besetzte Abrufposition vorgegeben worden.	Handlungsfehler / technischer Defekt			Keine sicherheitsrelevante Auswirkung, da sich das Fahrzeug noch nicht in Bewegung gesetzt hat.	-	-	-
	Zeit		k. A.	-			-	-	-	-
	Ort		k. A.	-			-	-	-	-
	Weg		k. A.	-			-	-	-	-
	Geschwindigkeit		k. A.	-			-	-	-	-
	Objekt		k. A.	-			-	-	-	-

# ÜsiKo Phase 2 – MTO/HAZOP

## Agenda

1. Vorstellung der Auftragnehmer
2. Aufgabenstellung
3. Ergebnisse
4. Grundlagen
5. Methodik
- 6. Detaillierte Darstellung der Ergebnisse**

# Detaillierte Darstellung der Ergebnisse

## Überblick

Im Rahmen der Analyse des Einlagerungsprozesses wurden erstellt:

- 7 HAZOPs mit
- 13 Nodes und
- 157 Sollfunktionseinheiten.

Im Zuge der Analyse des Einlagerungsprozesses haben sich für einzelne Abläufe Maßnahmenempfehlungen zu 11 Sollfunktionseinheiten ergeben. Diese betreffen die Abläufe

- Gebindeanlieferung (HAZOP Nr. 1)
- Umladung im Füllort (HAZOP Nr. 5)
- Einlagerung (HAZOP Nr. 7)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen untersuchten HAZOPS dargestellt und falls zutreffend, identifizierte Abweichungen und Auswirkungen vorgestellt, für die Maßnahmen zur weiteren Optimierung der Sicherheit des Endlagers empfohlen werden.

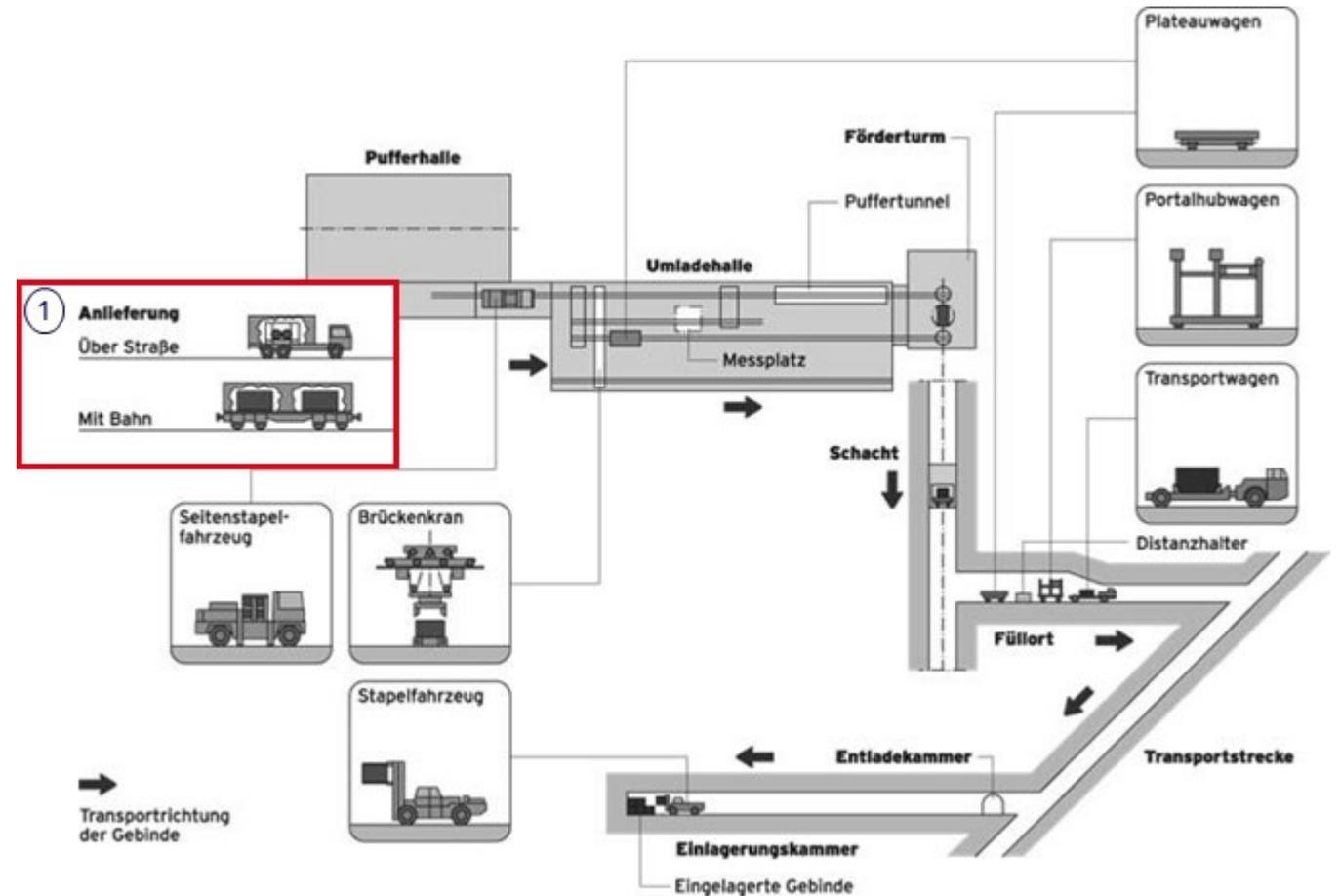
# Ergebnis HAZOP Nr. 1

## Analyseumfang

In HAZOP 1 wurden untersucht:

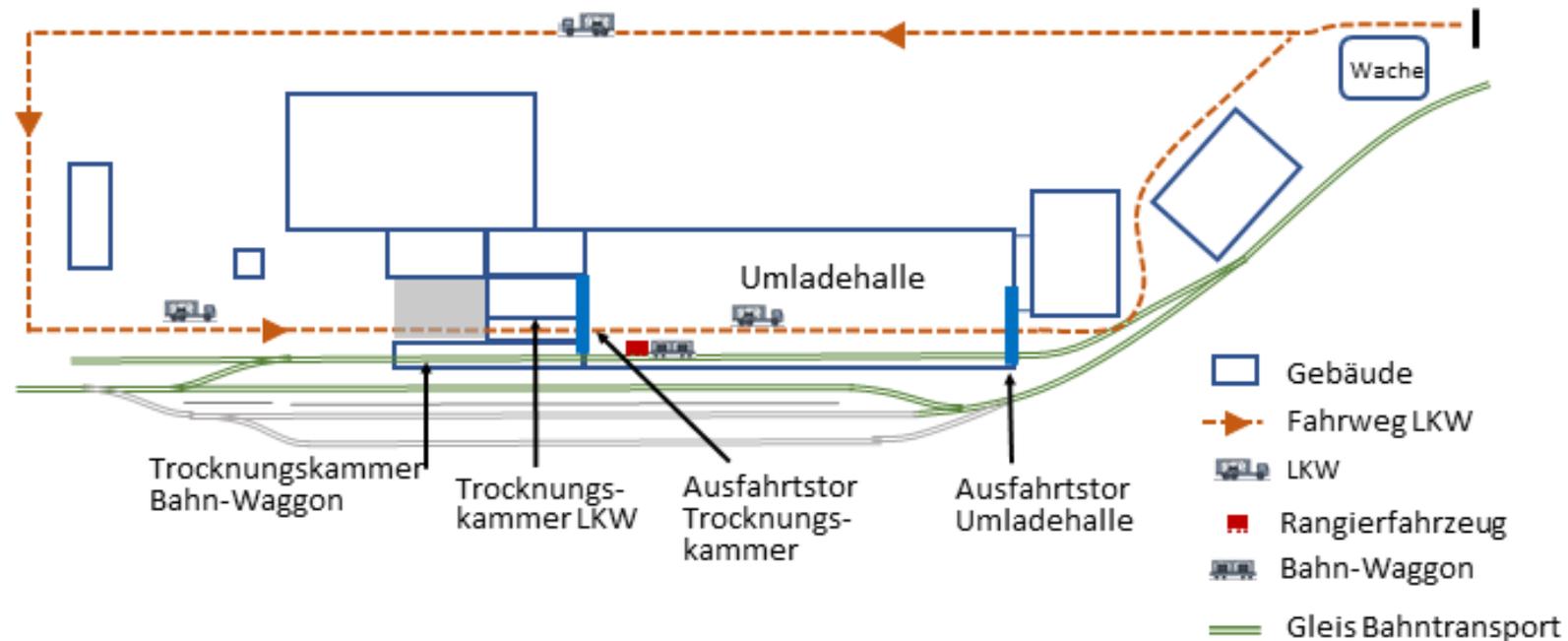
- 2 Nodes (Anlieferung LKW und Bahn),
- mit insgesamt 32 Sollfunktionseinheiten (13 SFE in Node 1, 19 SFE in Node 2).
- Es wurden insgesamt 71 potenzielle Abweichungen identifiziert (35 Abweichungen in Node 1, 36 Abweichungen in Node 2).

**Für die Abläufe in HAZOP 1 wurden 4 Maßnahmenempfehlungen abgeleitet** (2 Maßnahmenempfehlungen für Node 1 und 2 Maßnahmenempfehlungen für Node 2)



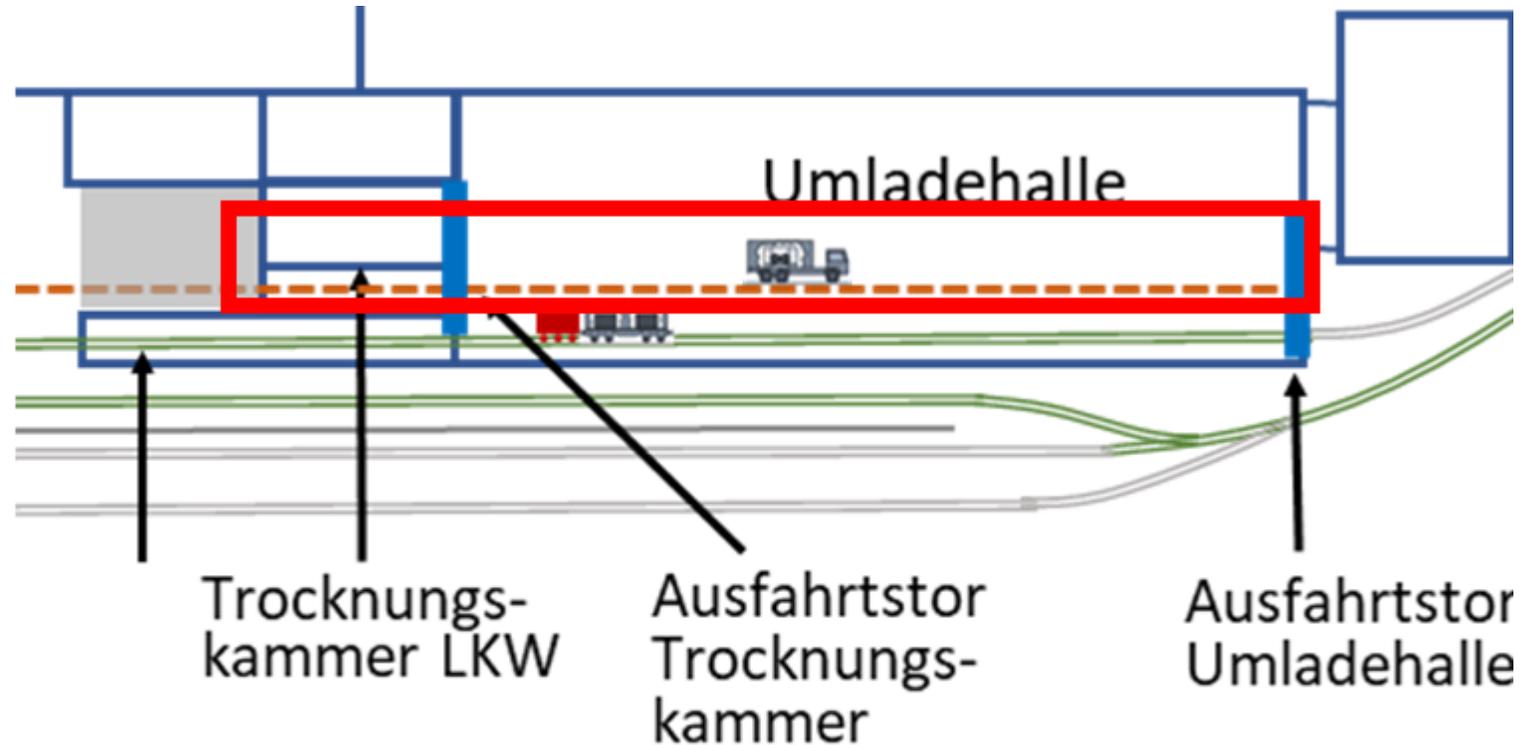
# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

## Gebäude und Fahrwege LKW bzw. Bahn



# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

Räumlicher Bereich der Abweichungen mit Maßnahmenempfehlung (LKW-Transport)



# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

## Anlieferung per LKW

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Der LKW fährt nicht auf die ausgewiesene Position in der Trocknungskammer und es kommt zu einer Kollision mit dem Ausfahrtstor der Trocknungskammer, welches auch als Grenze zum Kontrollbereich dient. Das Ausfahrtstor (Sektionaltor) wird beschädigt und Teile des Tores fallen herunter.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Eine Lichtsignalanlage am Ausfahrtstor der Trocknungskammer zeigt dem LKW-Fahrer die Haltepflicht an.
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Kollision mit dem Ausfahrtstor, mögliche Verletzung der Grenze des Kontrollbereichs und mögliche Beschädigung des Abfallgebundes auf dem LKW verhindern.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 1</b>	<b>Vor Einfahrt des LKW in die Trocknungskammer werden mobile, gut sichtbare Unterlegkeile bzw. breite Bremskeile auf die ausgewiesene Position in der Trocknungskammer gelegt.</b>

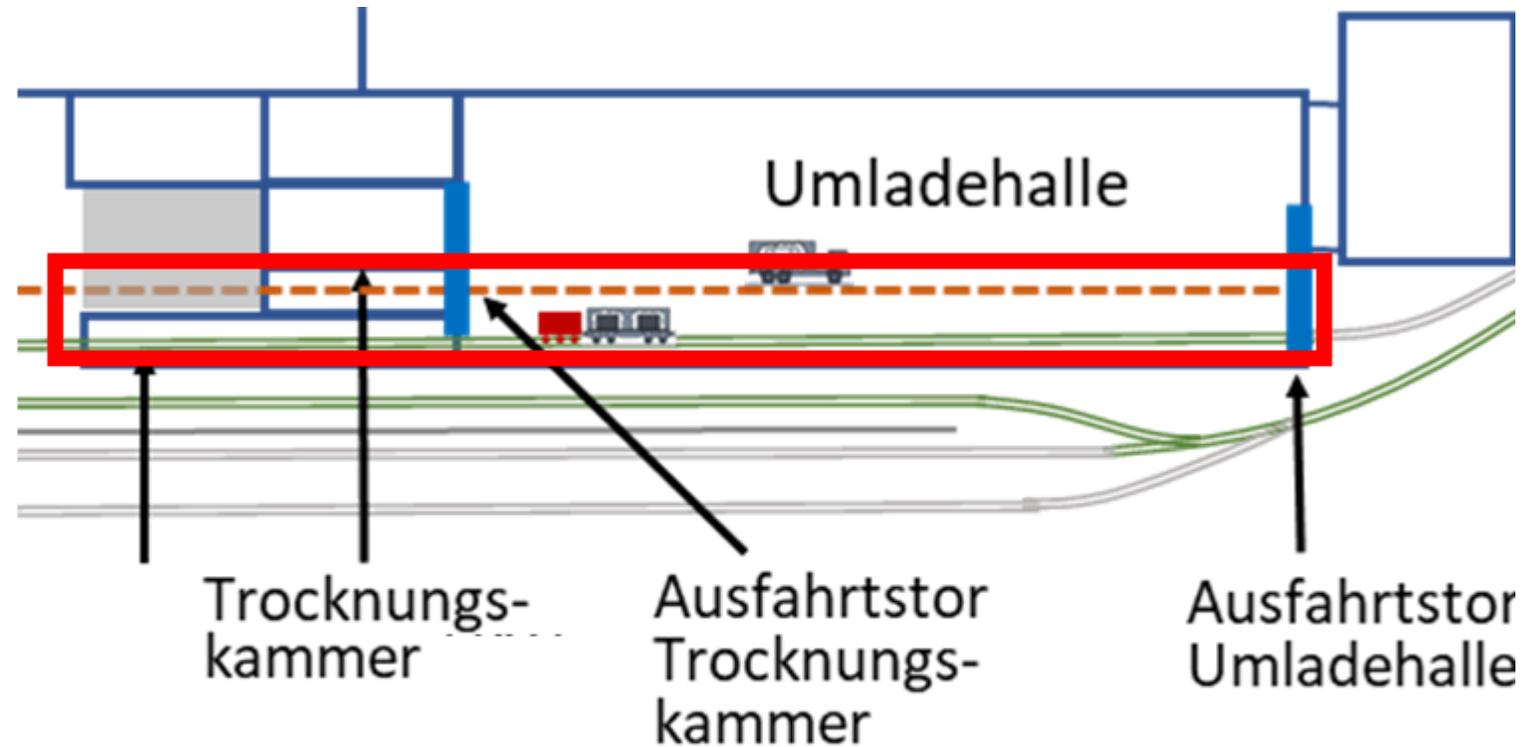
# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

## Anlieferung per LKW

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Der LKW weicht aufgrund eines Handlungsfehlers oder eines technischen Defekts seitlich von der Fahrspur in der Umladehalle ab und kollidiert mit einem Bahn-Waggon (welcher mit einem Abfallgebinde beladen ist) auf Gleis 1.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Der LKW wird in der Umladehalle durch Betriebspersonal eingewiesen. Die Einfahrt in die Umladehalle wird durch das Personal des Hauptleitstands mittels Kamera überwacht. Auf dem Hallenboden befinden sich Markierungen zur optischen Trennung der Fahrspur LKW von den Bahngleisen.
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Die Kollision des LKW mit einem Bahn-Waggon (welcher mit einem Abfallgebinde beladen ist) vermeiden.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 2</b>	<b>Installation einer Vielzahl von kurzen Fahrbahnbegrenzungen parallel zur Fahrspur des LKW</b>

# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

Räumlicher Bereich der Abweichungen mit Maßnahmenempfehlung (Bahn-Transport)



# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

## Anlieferung per Bahn

<b>Abweichung 1 und Auswirkung</b>	Der Rangierfahrzeugführer schiebt den Waggonverband mit dem Rangierfahrzeug mit 1 m/s über die Halteposition in der Trocknungskammer hinaus. Es kommt zu einer Kollision mit dem Ausfahrtstor der Trocknungskammer, welches auch als Grenze zum Kontrollbereich dient. Das Ausfahrtstor (Sektionaltor) wird beschädigt und Teile des Tores fallen herunter.
<b>Abweichung 2 und Auswirkung</b>	Der Rangierfahrzeugführer schiebt den Waggonverband mit dem Rangierfahrzeug schneller als die erlaubten 1 m/s mit max. 2,5 m/s in die Trocknungskammer. Dadurch verlängert sich der Bremsweg. Es kommt zu einer Kollision des Waggonverbandes mit dem Ausfahrtstor der Trocknungskammer, welches auch als Grenze zum Kontrollbereich dient. Das Ausfahrtstor (Sektionaltor) wird beschädigt u. Teile des Tores fallen herunter.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Eine Lichtsignalanlage am Ausfahrtstor der Trocknungskammer zeigt dem Rangierfahrzeugführer die Haltepflicht an.
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Kollision mit dem Ausfahrtstor und Verletzung der Grenze des Kontrollbereichs verhindern.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 3</b>	<b>Vor Einfahrt eines Waggonverbandes in die Trocknungskammer wird ein Hemmschuh vor das Ausfahrtstor der Trocknungskammer gelegt.</b>

# HAZOP Nr. 1: Gebindeanlieferung, Trocknung über Tage

## Anlieferung per Bahn

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Aufgrund eines technischen Defekts an der Bremsanlage des Rangierfahrzeugs kann dieses an der Umladeposition nicht abgebremst werden. Es kommt zu einer Kollision mit dem Ausfahrtstor der Umladehalle und zu einer Beschädigung des Tores. Dadurch wird die Grenze des Kontrollbereichs verletzt.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Das Rangierfahrzeug verfügt neben der Betriebsbremse über eine Feststellbremse mit reduzierter Bremskraft. Diese kann den Waggonverband nicht vollständig abbremesen, aber die Geschwindigkeit des Aufpralls verringern. Die Geschwindigkeit des Rangierfahrzeugs beträgt bei Lastfahrt max. 1 m/s.
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Kollision mit dem Ausfahrtstor der Umladehalle verhindern.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 4</b>	<b>Vor Einfahrt eines Waggonverbands in die Umladehalle wird ein Hemmschuh in sicherem Abstand vor das Ausfahrtstor der Umladehalle gelegt.</b>

# Ergebnis HAZOP Nr. 2

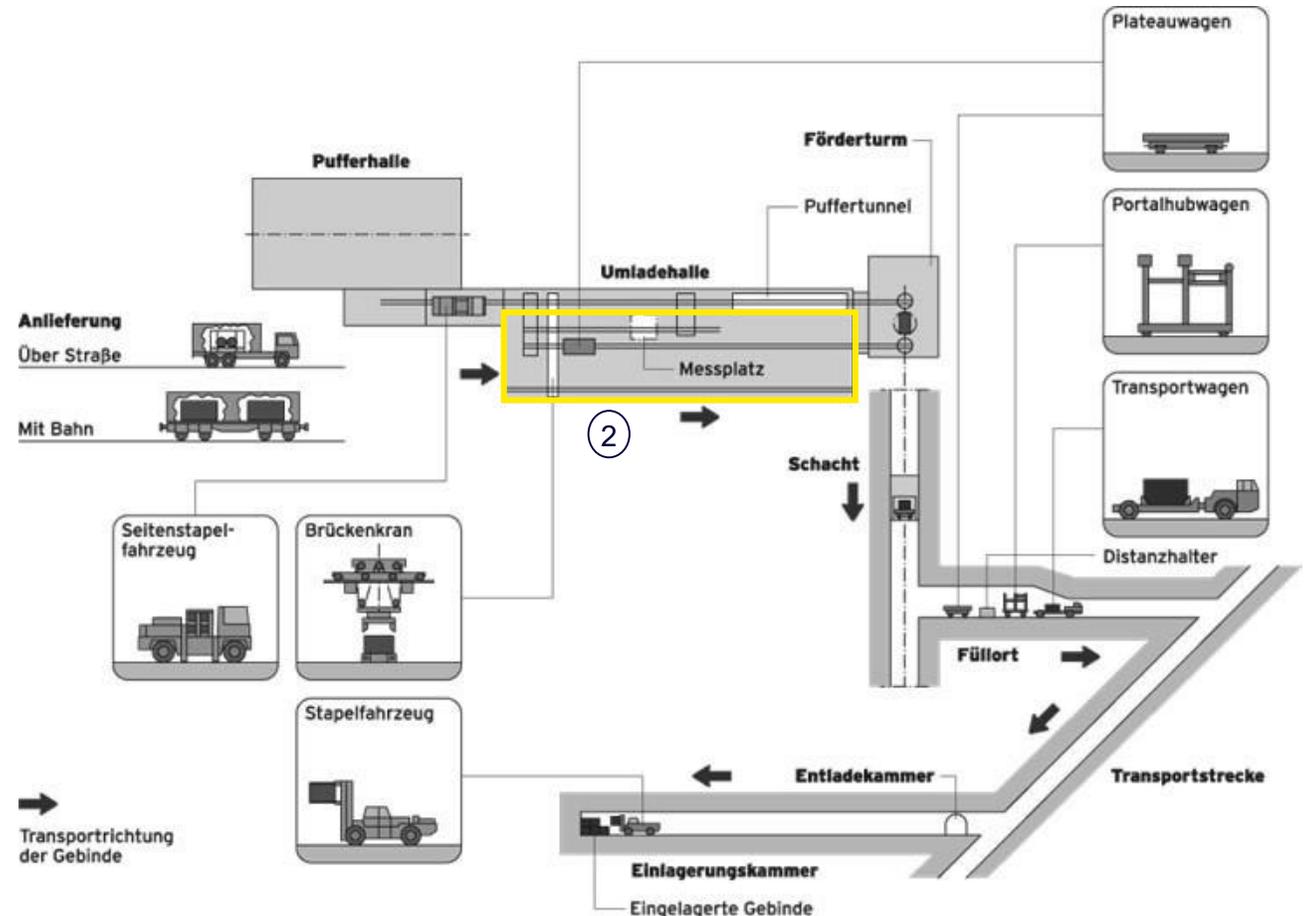
## Analyseumfang

In HAZOP 2 wurden untersucht:

- 2 Nodes (Handhabung zylindrische und kubische Abfallgebände),
- mit insgesamt 21 Sollfunktionseinheiten (10 SFE in Node 1, 11 SFE in Node 2).
- Es wurden insgesamt 52 potenzielle Abweichungen identifiziert (24 Abweichungen in Node 1, 28 Abweichungen in Node 2).

**Die identifizierten potenziellen Abweichungen haben entweder keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen oder es sind bereits wirksame Schutzvorrichtungen vorhanden.**

**Für die Abläufe in HAZOP 2 wurden keine Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



# Ergebnis HAZOP Nr. 3

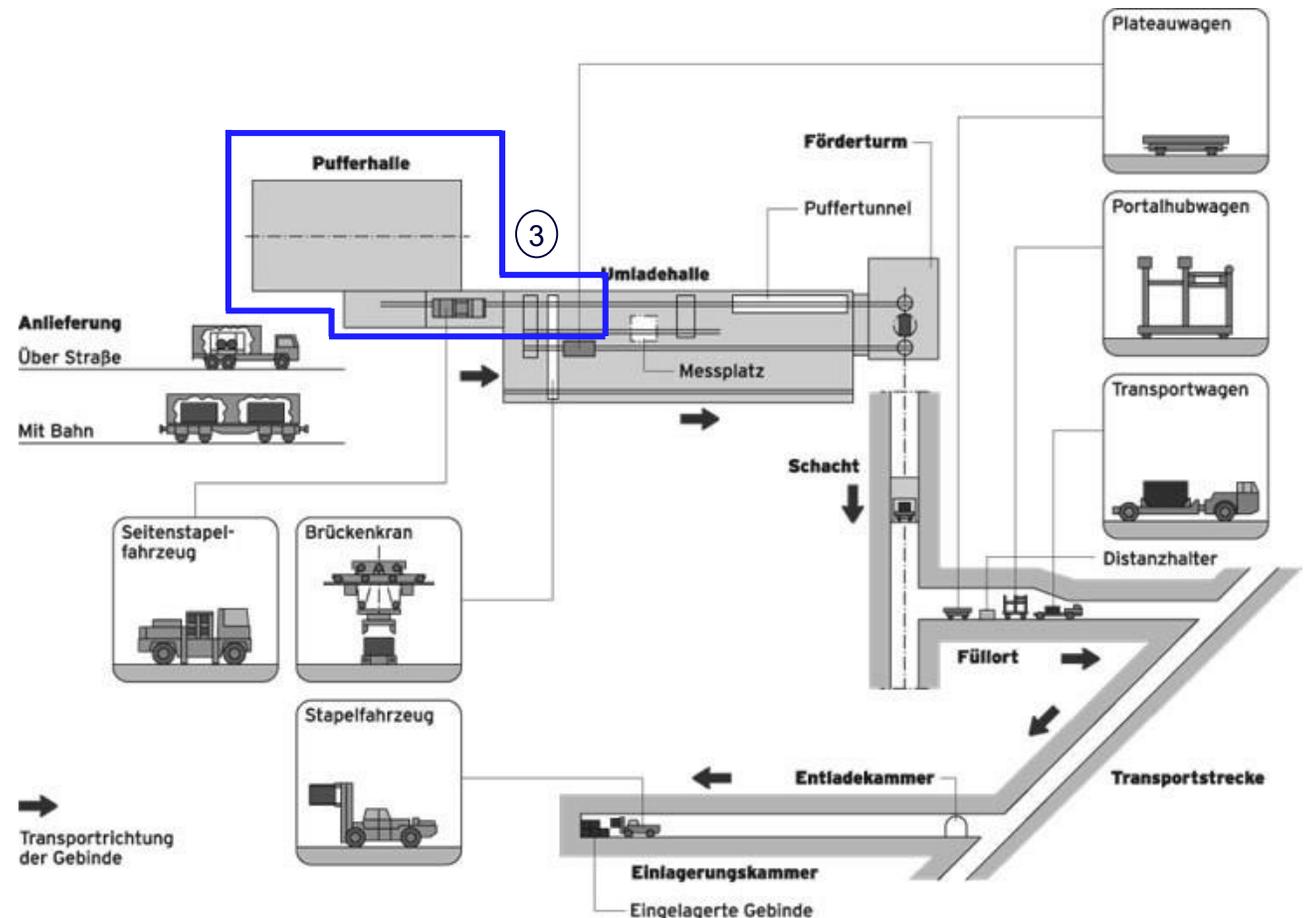
## Analyseumfang

In HAZOP 3 wurden untersucht:

- 2 Nodes (Handhabung im Sonderbehandlungsraum und Pufferhalle),
- mit insgesamt 32 Sollfunktionseinheiten (25 SFE in Node 1, 7 SFE in Node 2).
- Es wurden insgesamt 67 potenzielle Abweichungen identifiziert (43 Abweichungen in Node 1, 24 Abweichungen in Node 2).

**Die identifizierten potenziellen Abweichungen haben entweder keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen oder es sind bereits wirksame Schutzeinrichtungen vorhanden.**

**Für die Abläufe in HAZOP 3 wurden keine Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



# Ergebnis HAZOP Nr. 4

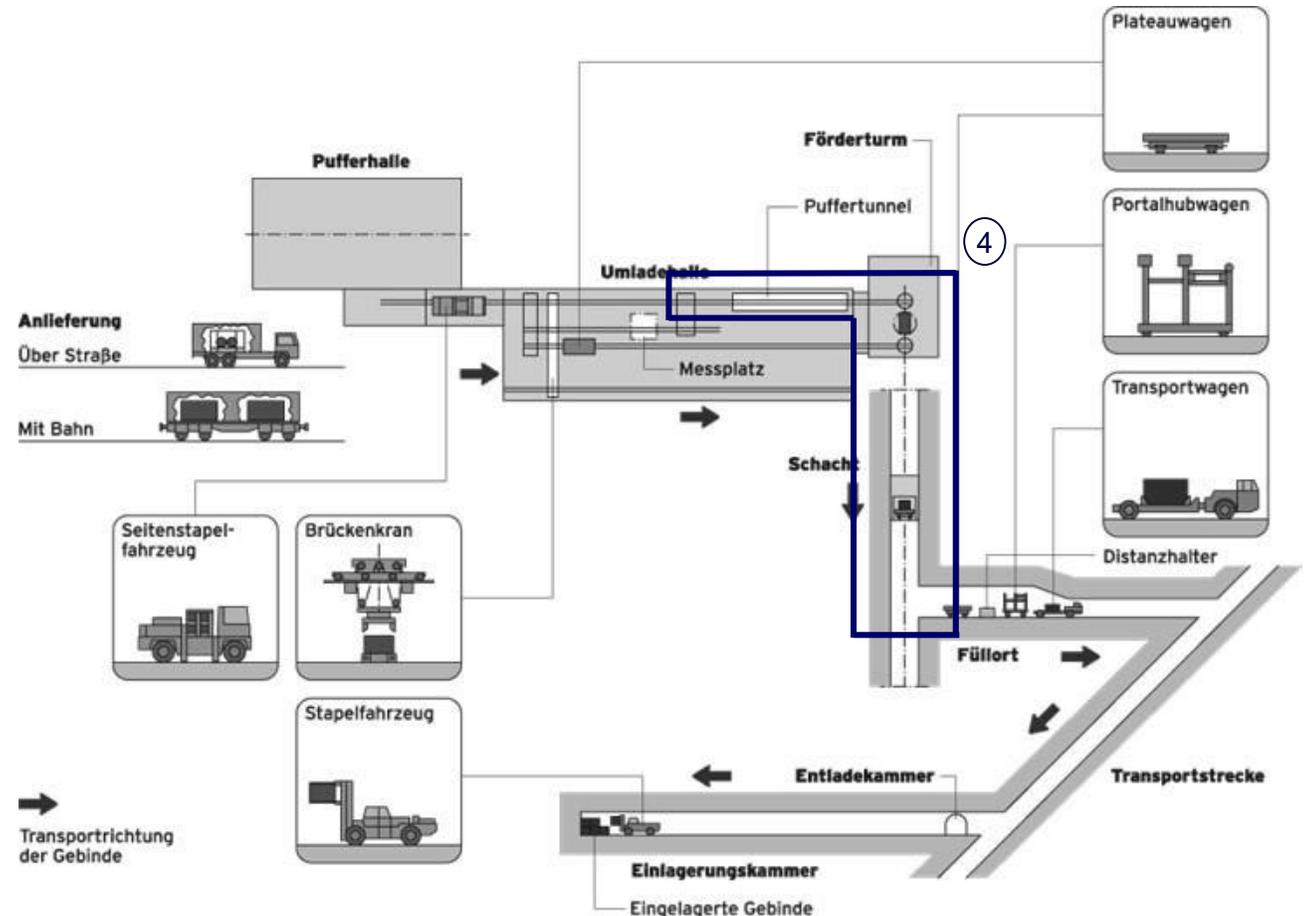
## Analyseumfang

In HAZOP 4 wurden untersucht:

- 2 Nodes (Schachtbeschickung und Schachtförderung),
- mit insgesamt 24 Sollfunktionseinheiten (9 SFE in Node 1, 15 SFE in Node 2).
- Es wurden insgesamt 66 potenzielle Abweichungen identifiziert (30 Abweichungen in Node 1, 36 Abweichungen in Node 2).

**Die identifizierten potenziellen Abweichungen haben entweder keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen oder es sind bereits wirksame Schutzvorrichtungen vorhanden.**

**Für die Abläufe in HAZOP 4 wurden keine Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



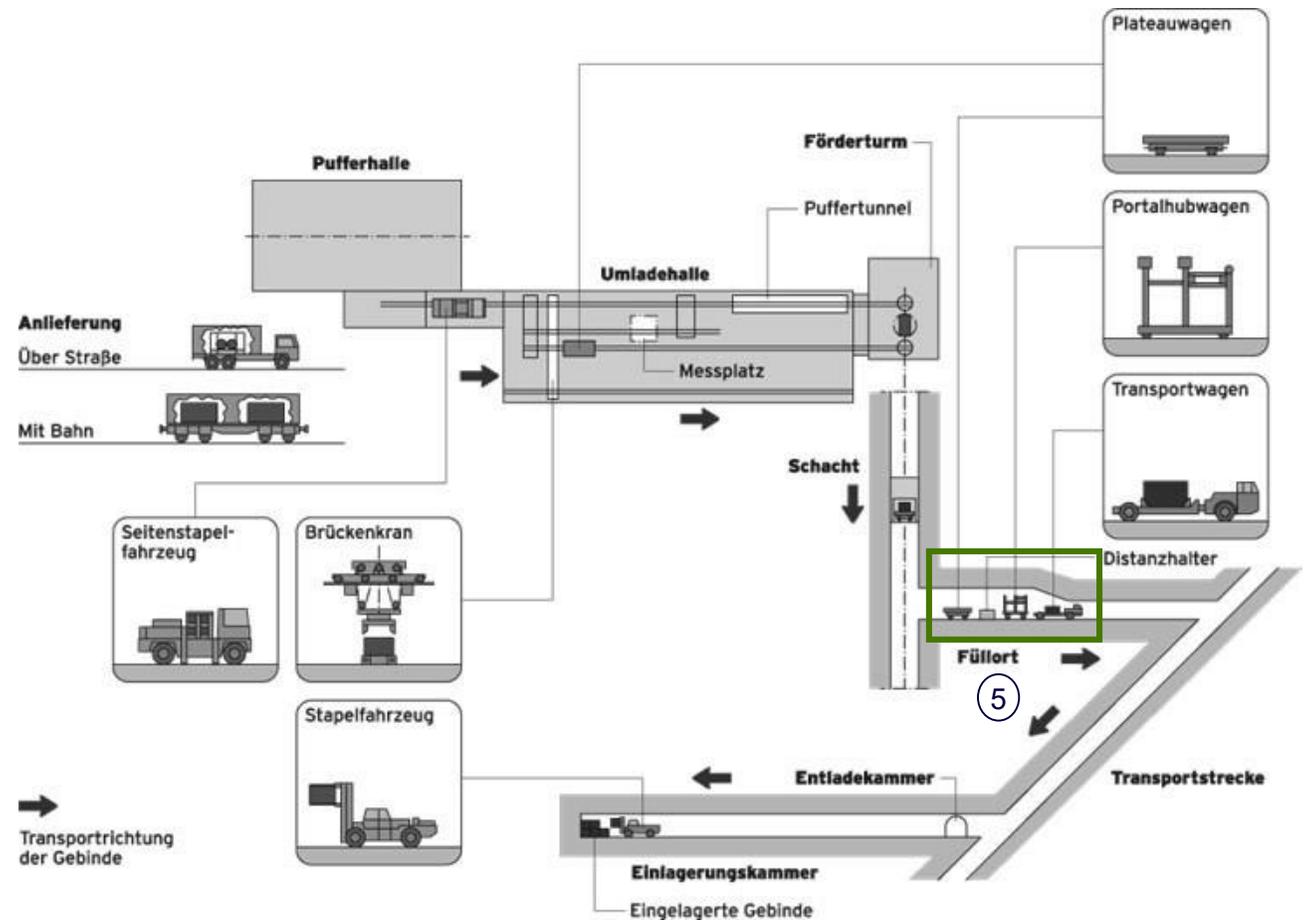
# Ergebnis HAZOP Nr. 5

## Analyseumfang

In HAZOP 5 wurden untersucht:

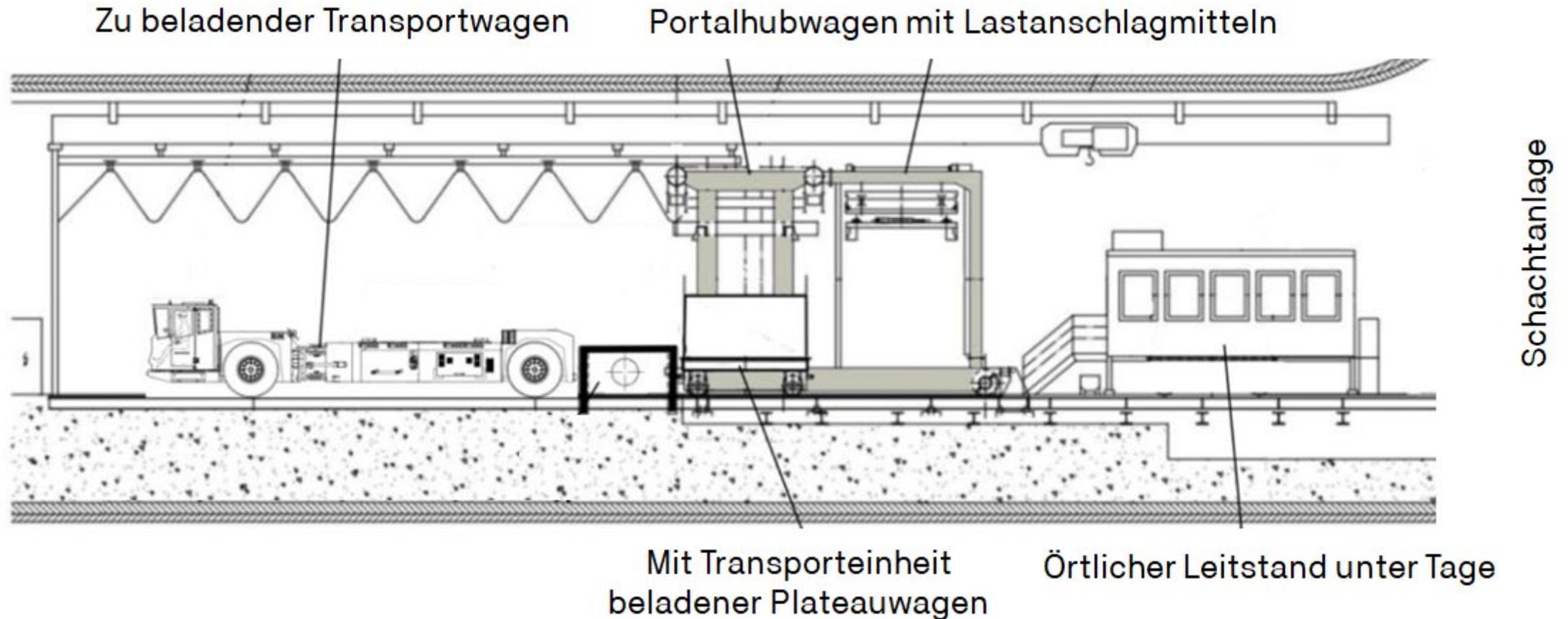
- 1 Node,
- mit insgesamt 14 Sollfunktionseinheiten.
- Es wurden insgesamt 24 potenzielle Abweichungen identifiziert.

**Für die Abläufe in HAZOP 5 wurden 2 Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



# HAZOP Nr. 5: Umladung im Füllort (unter Tage)

Transportwagen, Portalhubwagen, örtlicher Leitstand unter Tage

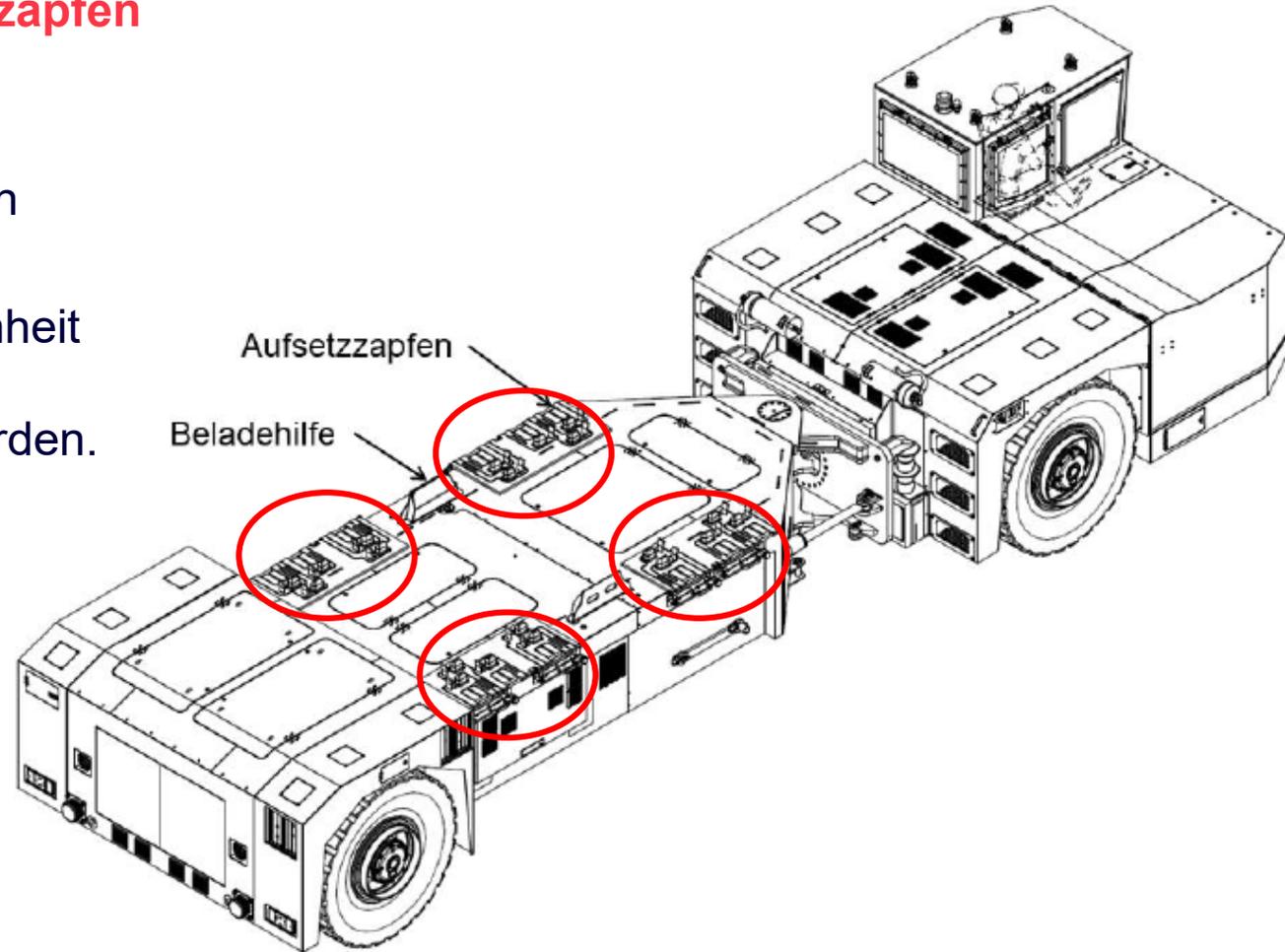


# HAZOP Nr. 5: Umladung im Füllort (unter Tage)

## Transportwagen mit Aufsetzapfen

Zur Ladungssicherung dienen „Aufsetzapfen“.

Je nach Typ der Transporteinheit müssen unterschiedliche Aufsetzapfen eingestellt werden.



# HAZOP Nr. 5: Umladung im Füllort

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	<p>Das Personal des Leitstands unter Tage teilt dem Fahrer des Transportwagens den Typ der Transporteinheit mit.</p> <p>Dem Transportwagen-Fahrer wird ein falscher Transporteinheit-Typ mitgeteilt. Der Transportwagen-Fahrer stellt die Aufsetzzapfen auf der Ladefläche des Transportwagens nach der falschen Angabe ein. Die Transporteinheit wird auf den Aufsetzzapfen abgestellt. Da die Aufsetzzapfen falsch eingestellt sind, tauchen diese nicht in die Aussparungen an der Transporteinheit (ISO-Ecken) ein. Es droht eine Beschädigung des Abfallgebindes.</p>
<b>Schutzeinrichtung</b>	<p>Keine</p>
<b>Ziel der Maßnahme</b>	<p>Beschädigung des Abfallgebindes aufgrund falsch eingestellter Aufsetzzapfen verhindern.</p>
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 5a</b>	<p><b>Aufnahme einer formalisierten 3-Wege-Kommunikation zwischen dem Personal des Leitstands und dem Transportwagen-Fahrer in das Zechenbuch/Betriebshandbuch. Das Personal des Leitstands teilt dem Fahrer mit, welcher Transporteinheit-Typ angeliefert wird. Der Fahrer teilt daraufhin dem Personal des Leitstands mit, welche Aufsetzzapfen er für diesen Transporteinheit-Typ einstellen wird. Es erfolgt eine Rückbestätigung durch das Personal des Leitstands.</b></p>
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 5b (alternativ zu Nr. 5a)</b>	<p><b>Vernetzung des Displays im Transportwagen mit dem Leitstand: Die Angaben zum Transporteinheit-Typ, welche der Leitstand vorgibt, werden automatisch an das Display im Transportwagen gesendet. Auf dem Display kann der Transportwagen-Fahrer den Transporteinheit-Typ erkennen und es werden ihm die entsprechenden Aufsetzzapfen angezeigt.</b></p>

# HAZOP Nr. 5: Umladung im Füllort

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	<p>Der Transportwagen-Fahrer gibt den falschen Transporteinheit-Typ im Display ein und stellt die angezeigten Aufsetzzapfen und Tauschpaletten-Beladehilfen am Transportwagen ein.</p> <p>Die Transporteinheit wird auf den Aufsetzzapfen abgestellt. Da die Aufsetzzapfen falsch eingestellt sind, tauchen diese nicht in die Aussparungen an der Transporteinheit (ISO-Ecken) ein. Es droht eine Beschädigung des Abfallgebindes.</p>
<b>Schutzeinrichtung</b>	<p>Näherungsschalter übermitteln die Position der Aufsetzzapfen an die Steuerung des Transportwagens. Die Steuerung macht einen Abgleich der gewählten Aufsetzzapfen mit den Vorgaben zum Transporteinheit-Typ und erkennt dadurch mögliche Abweichungen.</p>
<b>Ziel der Maßnahme</b>	<p>Beschädigung des Abfallgebindes aufgrund falsch eingestellter Aufsetzzapfen verhindern</p>
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 5b</b>	<p><b>Vernetzung des Displays im Transportwagen mit dem Leitstand: Die Angaben zum Transporteinheit-Typ, welche der Leitstand vorgibt, werden automatisch an das Display im Transportwagen gesendet. Auf dem Display kann der Transportwagen-Fahrer den Transporteinheit-Typ erkennen und es werden ihm die entsprechenden Aufsetzzapfen angezeigt.</b></p>

# Ergebnis HAZOP Nr. 6

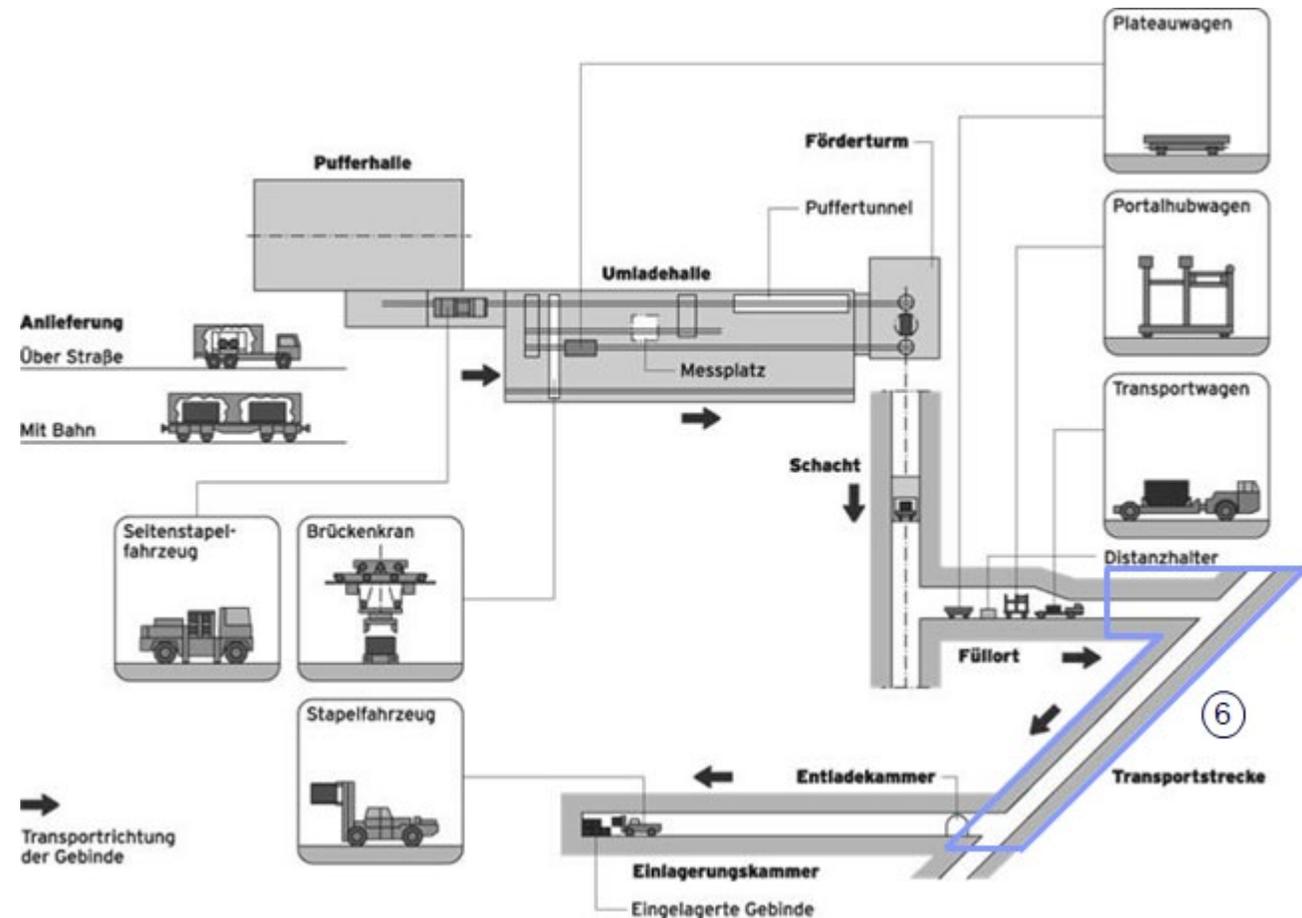
## Analyseumfang

In HAZOP 6 wurden untersucht:

- 1 Node,
- mit insgesamt 6 Sollfunktionseinheiten.
- Es wurden insgesamt 41 potenzielle Abweichungen identifiziert.

**Die identifizierten potenziellen Abweichungen haben entweder keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen oder es sind bereits wirksame Schutzeinrichtungen vorhanden.**

**Für die Abläufe in HAZOP 6 wurden keine Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



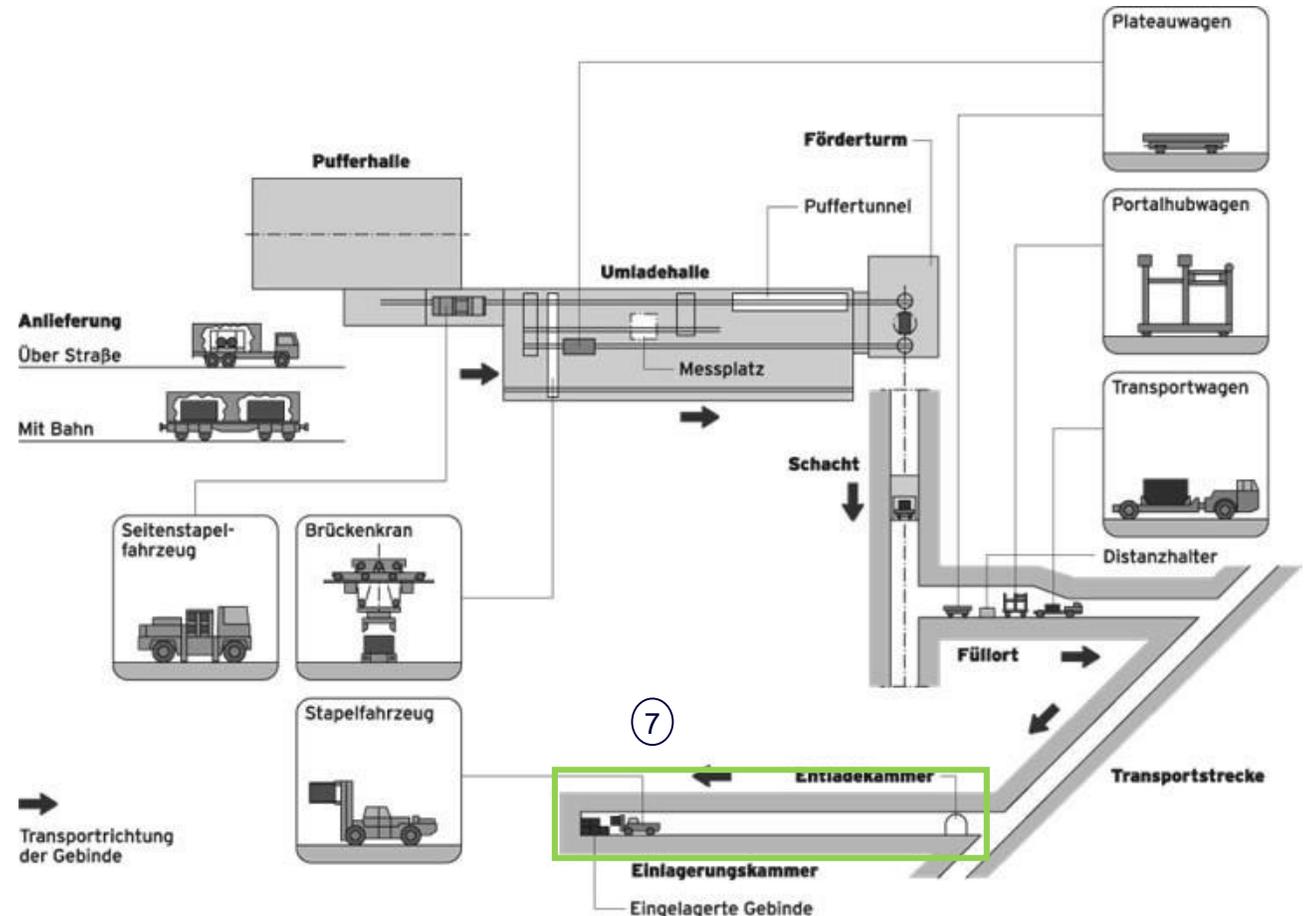
# Ergebnis HAZOP Nr. 7

## Analyseumfang

In HAZOP 7 wurden untersucht:

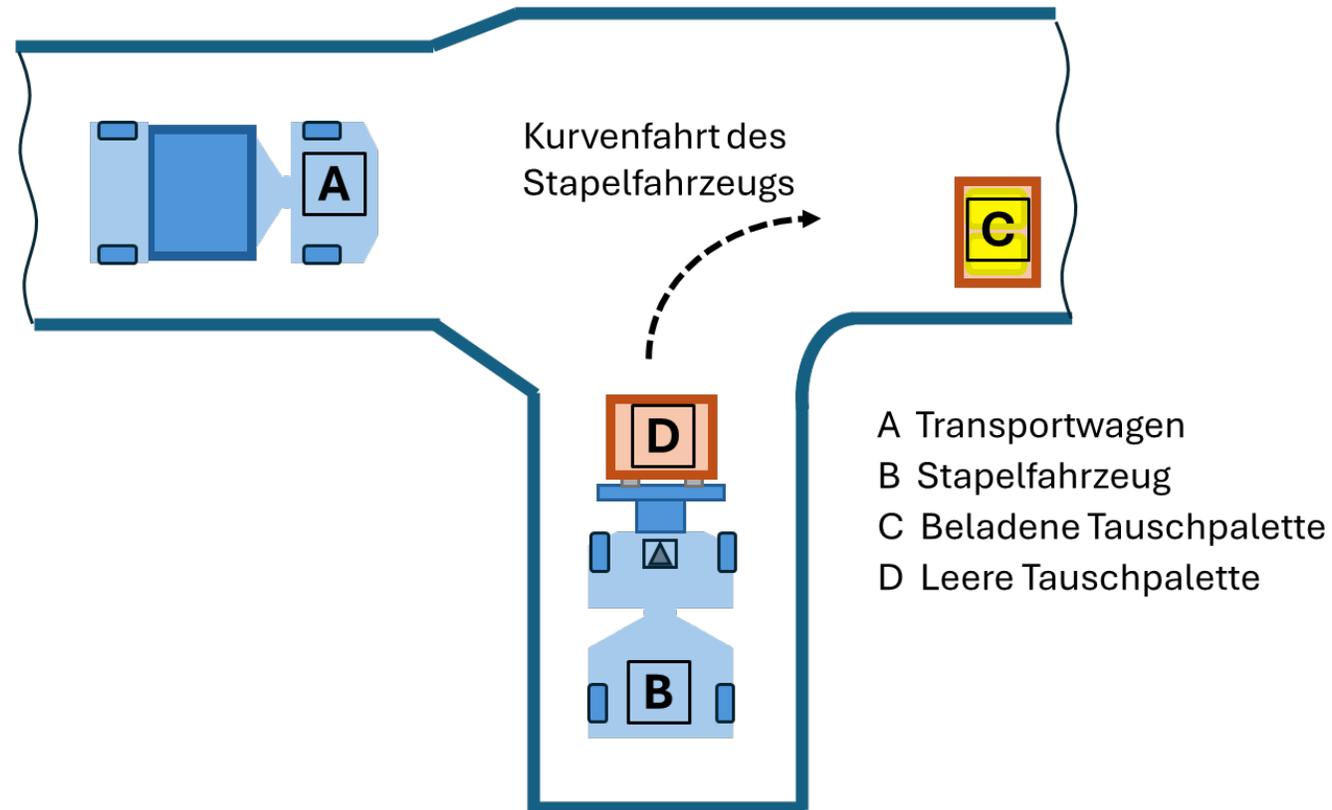
- 3 Nodes (Einlagerung zylindrischer und kubischer Gebinde, Versatz der Einlagerungskammer),
- mit insgesamt 30 Sollfunktionseinheiten (15 SFE in Node 1, 8 SFE in Node 2, 7 in Node 3).
- Es wurden insgesamt 97 potenzielle Abweichungen identifiziert (55 Abweichungen in Node 1, 34 Abweichungen in Node 2, 8 Abweichungen in Node 3).

**Für die Abläufe in HAZOP 7 wurden 4 Maßnahmenempfehlungen abgeleitet.**



# HAZOP Nr. 7: Einlagerung: Umladebereich

Kurvenfahrt des Stapelfahrzeugs zwischen Entladekammer und Abstellort Tauschpaletten im Umladebereich



# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

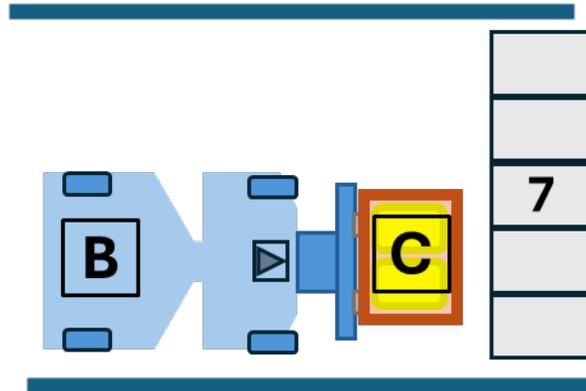
## Einlagerung von zylindrischen und kubischen Abfallgebinden

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Der Stapelfahrzeug-Fahrer verliert die Spur in der 90°-Kurve zwischen Entladekammer und der Einlagerungskammer und das mit Abfallgebinden beladene Stapelfahrzeug fährt gegen den Stoß. Gegebenenfalls stürzt dabei ein Abfallgebinde auf die Sohle.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Keine
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Unterstützung des Stapelfahrzeug-Fahrers bei der Fahrt von der Entladekammer die Fahrspur (90°-Kurvenfahrt) möglichst optimal zu nehmen, um den Anprall an den Stoß zu verhindern.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 6a</b>	<b>Verwendung von mehreren mobilen, überfahrbaren Schwellen, die den Kurvenradius des Stapelfahrzeugs in der 90° Kurve umranden. Die mobilen überfahrbaren Schwellen sind derart auszulegen, dass die Geradeausfahrt des Transportwagens in die Einlagerungskammer und die Geradeausfahrt des Stapelfahrzeugs zur Entladung nach Möglichkeit nicht behindert wird. Die genauen Positionen der Schwellen sind anhand der Kurvenradien des Stapelfahrzeugs zu ermitteln.</b>
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 6b (alternativ zu Nr. 6a)</b>	<b>Visuelle Darstellung / Projektion der Fahrstrecke inkl. Kurvenfahrt auf einen Monitor im Führerhaus des Stapelfahrzeugs. Es werden dafür die bereits im Stapelfahrzeug verbauten technischen Einrichtungen (Kameras, Monitor) genutzt. Ähnlich zu einer visuellen Darstellung des Fahrwegs bei PKWs mit Rückfahrkamera könnte der Fahrweg in Abhängigkeit vom gewählten Lenkradius auf dem Monitor im Stapelfahrzeug angezeigt werden.</b>

# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

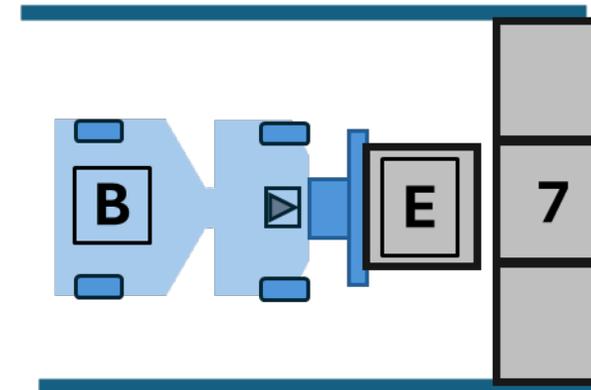
## Stapelfahrzeug am Einlagerungsort

### Einlagerung zylindrischer Abfallgebinde



- B Stapelfahrzeug
- C Beladene Tauschpalette am  
„Abstellbereich Tauschpaletten am Einlagerungsort“
- 7 Einlagerungsort

### Einlagerung kubischer Abfallgebinde



- B Stapelfahrzeug
- E Kubisches Abfallgebinde
- 7 Einlagerungsort

# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

## Einlagerung von zylindrischen Abfallgebinden

<b>Abweichung 1 und Auswirkung</b>	Der Stapelfahrzeug-Fahrer fährt in der Einlagerungskammer zu weit. Das mit zylindrischen Abfallgebinden beladene Stapelfahrzeug prallt gegen eingelagerte Abfallgebände, wodurch es zu einer mechanischen Einwirkung auf die Abfallgebände kommen kann.
<b>Abweichung 2 und Auswirkung</b>	Der Stapelfahrzeug-Fahrer bremst in der Einlagerungskammer nicht oder zu spät. Das Stapelfahrzeug mit zylindrischem oder kubischem Abfallgebände prallt gegen eingelagerte Abfallgebände, wodurch es zu einer mechanischen Einwirkung auf die Abfallgebände kommen kann.
<b>Schutzeinrichtung</b>	keine
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Vermeidung des Anpralls eines beladenen Stapelfahrzeugs mit den bereits eingelagerten Abfallgebänden.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 7</b>	<b>Verwenden von mobilen Schwellen in einem noch zu definierenden Abstand vor dem Einlagerungsort. Der Abstand der Schwelle zum Einlagerungsort soll so gewählt werden, dass der Fahrer des Stapelfahrzeugs nach dem Überfahren der Schwelle noch ausreichend Reaktionszeit zum Bremsen hat.</b>

# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

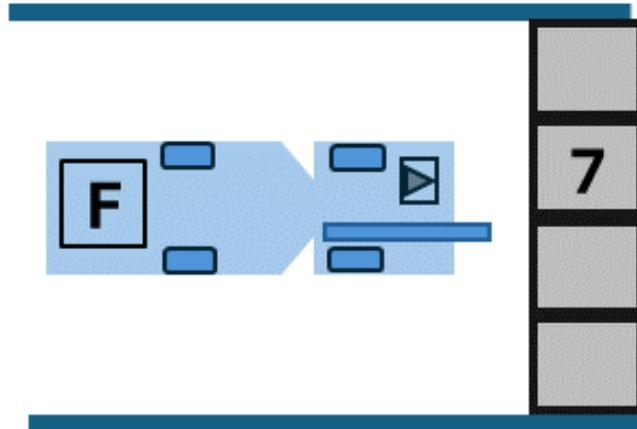
## Einlagerung von zylindrischen und kubischen Abfallgebinden

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Der Stapelfahrzeug-Fahrer wählt bei der Ausfahrt aus der Einlagerungskammer die falsche Fahrtrichtung und fährt in Richtung Gebindestapel. Dabei prallt das Stapelfahrzeug gegen die eingelagerten Abfallgebinde, wodurch es zu einer mechanischen Einwirkung auf die Abfallgebinde kommen kann.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Keine
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Sicherstellen, dass der Stapelfahrzeug-Fahrer für längere Rückwärtsfahrten mit dem Fahrersitz zum Fahrzeugheck gedreht ist und verhindern, dass versehentlich eine falsche Fahrtrichtung gewählt wird.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 8</b>	<b>Aufnahme der Festlegung in das Zechenbuch/Betriebshandbuch, dass bei längeren Rückwärtsfahrten der Fahrersitz Richtung Fahrzeugheck zu drehen ist. Wenn Fahrersitz zum Fahrzeugheck gedreht ist, ist die Fahrtrichtung mit dem Spreader voraus technisch zu verriegeln.</b>

# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

## Spritzmanipulatorfahrzeug

Spritzmanipulatorfahrzeug vor dem  
Gebindestapel



F Spritzmanipulatorfahrzeug  
7 Einlagerungsort mit Abfallgebinden

# HAZOP Nr. 7: Einlagerung

## Verschluss der gefüllten Entladekammer mit Hilfe des Spritzmanipulatorfahrzeugs

<b>Abweichung und Auswirkung</b>	Der Fahrer Spritzmanipulatorfahrzeug bremst nicht oder zu spät vor dem Gebindestapel. Das Spritzmanipulatorfahrzeug kollidiert mit eingelagerten Abfallgebinden, wodurch es zu einer mechanischen Einwirkung auf die Abfallgebinde kommen kann.
<b>Schutzeinrichtung</b>	Keine
<b>Ziel der Maßnahme</b>	Vermeidung des Anpralls des Spritzmanipulatorfahrzeugs mit den bereits eingelagerten Abfallgebinden.
<b>Maßnahmenempfehlung Nr. 7</b>	<b>Verwenden von mobilen Schwellen in einem noch zu definierenden Abstand vor dem Einlagerungsort. Der Abstand der Schwelle zum Einlagerungsort soll so gewählt werden, dass der Fahrer des Spritzmanipulatorfahrzeugs nach dem Überfahren der Schwelle noch ausreichend Reaktionszeit zum Bremsen hat.</b>

# Zusammenfassung

- Die in Phase 1 identifizierten Deltas wurden mit Durchführung der MTO-Analyse in Phase 2 vollständig bearbeitet.
- Hinsichtlich der Deltas 8, 13, 19, 20 und 21 kommen Optimierungsmaßnahmen in Betracht (bei 11 von 157 Sollfunktionseinheiten). Diese werden zur weiteren Optimierung der Sicherheit des Endlagers empfohlen.
- Ob und wie sich durch die Umsetzung einer Empfehlung tatsächlich eine Optimierung der Betriebssicherheit des Endlagers erzielen lässt, bleibt der Gesamtbewertung vorbehalten

DMT

DMT  
ENCOS



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

MTO-Analyse für das Endlager Konrad  
in Form einer Hazard Operability Study (HAZOP)