

Batmunkh Tserendorj

**Erstellung eines Konzeptes zur Transportoptimierung im  
Hochwasserereignisfall für die mobilen Binnenentwässerungssysteme im  
Gebiet des Zweckverbandes Kommunale Wasserver-/ Abwasserentsorgung  
„Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen**

eingereicht als

**Diplomarbeit**

an der

**HOCHSCHULE MITTWEIDA**  
**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

**BETRIEBSWIRTSCHAFT**

Mittweida, 2011

Erstprüfer: Prof. Dr. Gunnar Köbernik

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Ulrich Pötsch (FH)

## Bibliografische Beschreibung:

Batmunkh Tserendorj:

Erstellung eines Konzeptes zur Transportoptimierung im Hochwasserereignisfall für die mobilen Binnenentwässerungssysteme im Gebiet des Zweckverbandes Kommunale Wasserver-/ Abwasserentsorgung „Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen 2011, 68 Seiten.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaft, Diplomarbeit 2011

Selbstständigkeitserklärung

*Ich erkläre, dass ich meine vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.*

*Keine weiteren Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit beteiligt.*

*Die Arbeit wurde vorher nicht in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht und die eingereichte schriftliche Verfassung entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium.*

*Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.*

Mittweida, den 06.12.2011

Ort,

Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## **I. Aufgabenstellung**

Thema: Erstellung eines Konzeptes zur Transportoptimierung im Hochwasserereignisfall für die mobilen Binnenentwässerungssysteme im Gebiet des Zweckverbandes Kommunale Wasserver-/ Abwasserentsorgung „Mittleres Erzgebirgsvorland“ Hainichen (ZWA)

Diese Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, mit Hilfe von logistischen Verfahren die Hochwasserschutzmaßnahme in vier Orten zu verbessern.

Aufgrund der Vorwarnzeiten sind bestimmte Zeiträume erforderlich, um den sicheren Betrieb vor Eintreffen der Hochwasserwelle in den jeweiligen Orten zu sichern. Diese Problemlage wird durch Durchlauf- und Kapazitätsterminierung behandelt, um eine optimale Beschaffung von mobilen Binnenentwässerungssystemen zu erzielen.

Die Arbeit schließt mit einer Ergebnisbetrachtung und einen Ausblick auf noch bevorstehende Resultate ab.

## II. Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	4
<b>II</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	5
<b>III</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	7
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	9
1.1.	Hochwasser.....	10
1.2.	Hochwasserschutzanlage.....	10
1.3.	Hochwasserschutzmaßnahmen.....	11
1.4.	Hochwassergefährdungen.....	12
<b>2.</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	16
2.1.	Allgemein.....	16
2.1.1.	Begriff der Logistik.....	16
2.1.2.	Logistik Ziele.....	18
2.1.3.	Funktionelle Untergliederung.....	18
2.2.	Fertigungsteuerung.....	20
2.2.1.	Ablaufplanung.....	21
2.2.2.	Durchlauf- und Kapazitätsterminierung.....	22
<b>3.</b>	<b>Bewertung der Städte</b> .....	25
3.1.	Stadt Rochlitz.....	25
3.1.1.	Gefährdungsanalysen.....	26
3.1.2.	Bedarfsermittlungen der benötigten Transportflächen.....	27
3.1.3.	Grenzwerte nach Vorwarnzeiten.....	28
3.2.	Stadt Penig.....	28
3.2.1.	Gefährdungsanalysen.....	29
3.2.2.	Bedarfsermittlungen der benötigten Transportflächen.....	29
3.2.3.	Grenzwerte nach Vorwarnzeiten.....	30
3.3.	Stadt Frankenberg.....	30
3.3.1.	Gefährdungsanalysen.....	31
3.3.2.	Bedarfsermittlungen der benötigten Transportflächen.....	31
3.3.3.	Grenzwerte nach Vorwarnzeiten.....	32
3.4.	Stadt Floha.....	32
3.4.1.	Gefährdungsanalysen.....	33
3.4.2.	Bedarfsermittlungen der benötigten Transportflächen.....	33
3.4.3.	Grenzwerte nach Vorwarnzeiten.....	34
<b>4.</b>	<b>Vorschläge zur Optimierung</b> .....	35
4.1.	Zeitermittlungen durch Simulation.....	35
4.2.	Berechnungsschema.....	40
4.3.	Stützpunkt Rochlitz.....	43
4.4.	Stützpunkt Frankenberg.....	49

<b>5. Ergebnisbetrachtung</b> .....	55
<b>5.1. Bedarfsplanungen für Einsatzpersonen und deren Aufgabenverteilung</b> .....	55
<b>5.2. Darstellung einer Vorzugsvariante des Konzeptes</b> .....	57
<b>6. Ausblick</b> .....	59
<b>IV. Abbildungsverzeichnis</b> .....	60
<b>V. Tabellenverzeichnis</b> .....	61
<b>VI. Literaturverzeichnis</b> .....	62
<b>VII. Anhang</b> .....	64

### **III. Abkürzungsverzeichnis**

<i>ZWA</i>	<i>Zweckverband Kommunale Wasserver-/ Abwasserentsorgung</i>
<i>HW</i>	<i>Hochwasser</i>
<i>HQ</i>	<i>Hochwasserabfluss</i>
<i>HQ<sub>N</sub></i>	<i>Hochwasserabfluss mit zeitlicher Wiederholung in Jahren</i>
<i>BEP</i>	<i>Binnenentwässerungspumpwerk</i>
<i>AS</i>	<i>Alarmstufe</i>
<i>VwV HWMO</i>	<i>Verwaltungsvorschrift Hochwassermeldeordnung</i>
<i>müHN</i>	<i>Meter über Höhe Null</i>
<i>Frankenberg/Sa.</i>	<i>Frankenberg/Sachsen</i>
<i>R</i>	<i>Rochlitz</i>
<i>F</i>	<i>Frankenberg</i>
<i>REFA</i>	<i>Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung</i>
<i>Sek.</i>	<i>Sekunde</i>
<i>Min.</i>	<i>Minute</i>
<i>h</i>	<i>Stunde</i>
<i>BZ</i>	<i>Beladezeit</i>
<i>EZ</i>	<i>Entladezeit</i>
<i>MZ</i>	<i>Montagezeit</i>
<i>TZ</i>	<i>Transportzeit</i>
<i>DLZ</i>	<i>Durchlaufzeit</i>
<i>ZB</i>	<i>Zielfunktion</i>
<i>NB</i>	<i>Nebenbedingung</i>
<i>min</i>	<i>Minimum</i>
<i>S</i>	<i>Start</i>
<i>E</i>	<i>Ende</i>
<i>FZE</i>	<i>frühestmöglicher Zeitpunkt der Einsatzbereitschaft</i>
<i>A</i>	<i>Auftrag</i>
<i>LKW</i>	<i>Lastkraftwagen</i>
<i>z.B.</i>	<i>zum Beispiel</i>
<i>ca.</i>	<i>circa</i>
<i>bzw.</i>	<i>beziehungsweise</i>

<i>d.h.</i>	<i>das heißt</i>
<i>ebd.</i>	<i>ebenda</i>
<i>u.ä.</i>	<i>und ähnliche</i>
<i>evtl.</i>	<i>eventuell</i>
<i>lt.</i>	<i>laut</i>
<i>etc.</i>	<i>et cetera</i>

## **1. Einleitung**

*Das Wasser ist freundliches Element für den, der  
damit bekannt ist und der es zu behandeln weiß.*

*(Goethe, aus: Die Wahlverwandtschaften)*

Auf Grund der Errichtung von Hochwasserschutzanlagen an der Zwickauer Mulde, der Zschopau und der Flöha durch Freistaat Sachsen, muss die Entwässerung im Hochwasserfall neu betrachtet werden.

Der ZWA als abwasserbeseitigungspflichtige Körperschaft muss im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahmen an Gewässern I. Ordnung die Binnenentwässerung auch im Hochwasser- und gleichzeitigen Regen- und Tauwetterereignisfall sichern.

Dazu hat ZWA ein Konzept zur Binnenentwässerung im Bereich neuer Hochwasserschutzanlagen für die Städte Rochlitz, Penig, Frankenberg und Flöha erarbeitet. In 2 Lagerungspunkten werden die mobile Notstromsysteme, Großpumpentechnik und das Zubehör vorgehalten.

Im Rahmen der Diplomarbeit werden wichtige Schwerpunkte bearbeitet, die die Installation der mobilen Binnenentwässerungssysteme innerhalb der Vorwarnzeit ermöglichen.

## **1.1 Hochwasser**

Dem Wasser, unserem kostbarsten Lebens- und Wirtschaftsgut, kommt unter den Naturressourcen eine besondere Bedeutung zu. Es ist einerseits ein nicht ersetzbares Lebens-, Konsumtions-, Produktions- und Transportmittel und andererseits eine „Urgewalt“, die mit ihrer Kraft das Leben und die Güter gefährden und zerstören kann.<sup>1</sup>

Hochwasser (HW) - Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Wert (Schwellenwert) erreicht oder überschritten hat.<sup>2</sup>

Hochwasserstand ( $HW_T$ ) - Höchster Wert der Wasserstände (Scheitelwert) mit der Wiederholungszeitspanne T in Jahren.<sup>2</sup>

Hochwasserscheitel - Gesamtheit aller Maßnahmen zur Organisation der Betrieblichen HW-Vorsorge.<sup>2</sup>

Hochwasser ist ein Naturereignis. Es wird dann zur Katastrophe, wenn es schwerwiegende Folgen für die Menschen und die Umwelt mit sich bringt. Je mehr Menschen sich in einem betroffenen Gebiet aufhalten, desto größer wird die Katastrophe durch Menschenverluste und Sachschäden.<sup>3</sup> In Flüssen und kleineren Fließgewässern spricht man von Hochwasser, wenn der Wasserstand für längere Zeit (mehrere Tage) das Normalmaß deutlich übersteigt. Sie haben meist – je nach Art des Einzugsgebietes – eine jahreszeitliche Häufung, etwa bei der Schneeschmelze oder nach sommerlichen Starkregen.<sup>4</sup>

## **1.2 Hochwasserschutzanlagen**

Um das Wasser in seine Dienste stellen zu können oder um sich vor den Gefahren extremer Hochwasser oder Trockenperioden zu schützen, errichtet und nutzt der Mensch schon seit über fünftausend Jahren Bauwerke mit technischen Einrichtungen.

Definition Binnenentwässerung:

Abpumpen des Wassers aus Bächen und Flüssen durch Schöpfwerke und Pumpen, falls ein natürlicher Abfluss nicht mehr möglich ist, z.B. bei der Eindeichung von größeren Flüssen.

---

<sup>1</sup> Müller – „Hochwasserrisikomanagement“, 2010

<sup>2</sup> DIN 4049-3

<sup>3</sup> Fügner – „Hochwasserkatastrophen in Sachsen“, 1995

<sup>4</sup> www.wikipedia.de (11.10.2011)

Darunter ist die Ableitung von Wasser zu verstehen, das sich bei geschlossenem Schutzsystem im geschützten Bereich sammelt.

Die Entstehung dieses Wasser ist vielseitig möglich:

Sickerwasser, das unter dem eingestauten Hochwasserschutz im Boden auf die Binnenseite fließt, Regenwasser, das sich im geschützten Bereich sammelt, Bäche, die die Schutzlinie kreuzen und im Normalfall frei in den Fluss fließen können. Bei geschlossenem Schutzsystem ist eine freie Entwässerung nicht mehr möglich - es muss gepumpt werden.

Mischwasserkanäle, die die Schutzlinie queren und bei Regen in den Fluss entwässern.

Bei hohem Wasserspiegel müssen die Kanäle mit Schiebern geschlossen werden, um ein Fluten des Stadtbereiches über die Kanalisation zu verhindern. Das dennoch anfallende Wasser im Kanal muss abgepumpt werden.

### **1.3 Hochwasserschutzmaßnahmen**

Die Abwehr von Hochwassergefahren und die Beherrschung von Hochwasserschäden haben in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Szenarien wahrscheinlicher Klimaentwicklungen, die eher ein Ansteigen der Hochwassergefahren erwarten lassen, unterstreichen diese Bedeutung noch. Neben dem Ausbau technischer Schutzbauten wird dabei den Strategien der ergänzenden Hochwasservorsorge durch Kontrolle und Minderung von Schadenspotenzialen eine immer größere Bedeutung zugemessen.

Neben den Risiken von Hochwasser entlang großer und mittlerer Gewässerläufe sind gerade auch für Städte und Gemeinden die Risiken aus Sturzfluten infolge von örtlich eng begrenzten, extremen Niederschlagsereignissen nicht zu unterschätzen, die ab einer bestimmten Dimension technisch nicht beherrscht werden können. Nach den langjährigen Erfahrungen der Deutschen Versicherer resultieren mehr als die Hälfte der regulierten Schäden aus derartigen lokal begrenzten Extremereignissen.

Die Möglichkeiten, auf Schadenspotenziale Einfluss zu nehmen, sind vielfältig und komplex und nicht allein einer konkreten Zuständigkeit zuzuordnen. Beginnend mit der Auswahl des Standortes für eine Nutzung, der baulichen Gestaltung der Nutzung, dem Verhalten vor und während des Hochwasserereignisses bis hin zur materiellen Risikovorsorge für den Schadensfall sind der Gesetzgeber und die einschlägigen Fachverwaltungen, die Kommunen in ihrer örtlichen Kompetenz, aber auch Handwerk und Wirtschaft und nicht zuletzt

Bürgerinnen und Bürger für das eigene Handeln gleichermaßen gefordert, Verantwortung zu übernehmen.

Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, bedarf es der Diskussion und letztlich des Konsens aller Beteiligten über die erfolgreichen Strategien zur Begrenzung und Minderung von Schadenspotenzialen zu entscheiden.

Unter den heutigen Bedingungen, der dichten Besiedlung, der sensiblen Wirtschaftsstandorte, der Verkehrsdichte, würden sich die Schäden um das Vielfache erhöhen. Verhindern kann man das Naturereignis Hochwasser nicht, aber mit sinnvollen vorbeugenden Maßnahmen hat man die Möglichkeit, die Auswirkungen zu vermindern.

### **1.3 Hochwassergefährdungen**

Hochwasserabfluss ( $HQ_T$ ) - Höchster Wert der Abflüsse (Scheitel) mit der Wiederholungszeitspanne T in Jahren<sup>1</sup>

In der Hochwassernachrichten- und Alarmdienstverordnung des Freistaates Sachsen werden vier Alarmstufen festgelegt, die in Abhängigkeit zu den in der Hochwassermeldeordnung fixierten Hochwassermeldepegeln ausgerufen werden.

Die Wasserstände für die einzelnen Alarmstufen werden grundsätzlich so bestimmt, dass bei ihrem Erreichen am Hochwassermeldepegel folgende Situationen für den zugehörigen Flussabschnitt kennzeichnend und durch die Wasserwehren in der Regel nachstehende Maßnahmen und Handlungen vorzunehmen sind.

#### Alarmstufe 1 – Meldedienst (ca. HQ2):

Gewässerzustand:

- ✓ Beginn der Ausuferung der Gewässer

---

<sup>1</sup> DIN 4049-3

Tätigkeiten Wasserwehr:

- ✓ ständige Analyse der meteorologischen und hydrologischen Lage
- ✓ Beurteilung der Entwicklungstendenzen
- ✓ Überprüfung der Informations- und Meldewege und der technischen Einsatzbereitschaft

Handlungsbedarf ZWA:

- ✓ Vorbereitung zum Aufbau mobiler Technik

Zustand Abwasseranlage:

- ✓ volle Funktionsfähigkeit der Abwasseranlage

Alarmstufe 2 - Kontrolldienst: (ca. HQ5, zusätzlich zu Alarmstufe 1):

Gewässerzustand:

- ✓ Überschwemmung land- und/ oder forstwirtschaftlicher Flächen, Grünflächen einschließlich Gärten und einzeln stehender Gebäude oder
- ✓ leichte Verkehrsbehinderung auf Straßen und Notwendigkeit der Sperrung von Wegen
- ✓ Ausuferung bei eingedeichten Gewässern bis an den Deichfuß

Tätigkeiten Wasserwehr:

- ✓ Weiterleitung von Informationen über Gefährdungen aufgrund der täglichen periodischen Kontrolle der Gewässer, Hochwasserschutzanlagen, gefährdeten Bauwerke und Ausuferungsgebiete Herstellung der Arbeitsbereitschaft und Überprüfung der Einsatzbereitschaft bei den Teilnehmern am Hochwassernachrichten- und Alarmdienst
- ✓ Alarmierung der zuständigen Einsatzkräfte und erste Hochwasserabwehrmaßnahmen mit Beseitigung von Abflusshindernissen entsprechend der Zuständigkeiten

Handlungsbedarf ZWA:

- ✓ Aufbau der Hochwasser-Pumpanlagen

Alarmstufe 3 - Wachdienst: (ca. HQ10, zusätzlich zu Alarmstufen 1 und 2):

Gewässerzustand:

- ✓ Überschwemmung von Teilen zusammenhängender Bebauung oder überörtliche Straßen und Schienenwege bei Volleichen Wasserstand etwa in halber Deichhöhe
- ✓ Vernässung von Polderflächen durch Dränagewasser

Tätigkeiten Wasserwehr:

- ✓ Vorbereitung, der aktiven Hochwasserbekämpfung durch den zuständigen Wachdienst auf den Deichen mit vorbeugenden Sicherungsmaßnahmen an Gefahrenstellen und Beseitigung örtlicher Gefährdungen und Schäden
- ✓ Einrichtung von Einsatzstäben an Schwerpunkten der Hochwasserabwehr und Schaffung spezieller Nachrichtenverbindungen
- ✓ Auslagerung von Hochwasserschutzmaterialien an bekannte Gefahrenstellen Anforderung, Vorbereitung und Bereitstellung weiterer Kräfte und Mitarbeiter zur aktiven Hochwasserabwehr

Handlungsbedarf ZWA:

- ✓ Betrieb der Hochwasser-Pumpanlagen

Alarmstufe 4 - Hochwasserabwehr: (ca. HQ20, zusätzlich zu Alarmstufen 1 bis 3):

Gewässerzustand:

- ✓ Überschwemmung größerer bebauter Gebiete mit sehr hohen Schäden, unmittelbare Gefährdung für Menschen und Tiere
- ✓ Erreichen des Bemessungswasserstandes bei Volleichen unmittelbare Gefahr von Volleichenbrüchen

Tätigkeiten Wasserwehr:

- ✓ aktive Bekämpfung bestehender Gefahren für das Leben, die Gesundheit, die Versorgung mit lebensnotwendigen Gütern und Leistungen und für bedeutende Sachwerte
- ✓ Beseitigung von Schäden

Handlungsbedarf ZWA:

- ✓ Überflutungsgefahr der Hochwasserschutzanlagen
- ✓ Einsatz nach Katastrophenplan
- ✓ Rückzug mit Ausrüstungssicherung

## **2. Theoretische Grundlagen**

### **2.1 Allgemeine**

Die historische Herleitung des Wortes Logistik wurde aus dem französischen Begriff "loger" für Unterbringung und Quartier machen, abgeleitet.

Der Ursprung des Logistikbegriffs liegt im militärischen Bereich. Logistik wird dort als Sammelbegriff für die Gesamtheit der Aufgaben benutzt, die der Unterstützung der Streitkräfte dienen.<sup>1</sup>

In einer Welt zunehmender Arbeitsteilung müssen Güter und Waren von ihrem Entstehungsort zum Verbrauchs- bzw. Verwendungsort verbracht und die Zeitspanne von der Entstehung bis zur Nutzung der Güter überbrückt werden. Das gilt gleichfalls für Menschen und Informationen, die sich im Rahmen ihres Beitrags bei der Arbeitsteilung an unterschiedlichen Orten des Systems aufhalten und zu unterschiedlichen Zeiten verfügbar sind. Die damit verbundenen Aufgaben und Aktivitäten im Wirtschaftsprozess wurden erstmals Mitte des 20. Jahrhunderts unter dem Begriff Logistik systematisch zusammengefasst.<sup>2</sup>

#### **2.1.1. Begriff der Logistik<sup>3</sup>**

In der Fachliteratur wurde die Logistik grundsätzlich in 3 Ansätzen definiert. (Pfohl log.sys)

- Flussorientierter Ansatz:
  - Logistik bezieht sich auf alle Tätigkeiten zur raumzeitlichen Gütertransformationen (Güterfluss)
  - Schwerpunkt der Transformationsprozesse in Industriebetrieben sind materielle Güter und Informationen (materialflussorientierter Ansatz)
- Produktlebenszyklusorientierter Ansatz:
  - Logistik bezieht sich auf die Unterstützung der Transformationsaktivitäten in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines Erzeugnisses
  - Beispiele für Lebenszyklusphasen:  
Initiierungs-, Planungs-, Herstellungs-, Betriebs- und Stilllegungsphase

---

<sup>1</sup> Pfohl – "Logistiksysteme", 2004

<sup>2</sup> Gleißner, Femerling – „Logistik“ 2008

<sup>3</sup> Köbernik – „Logistik“, WS 2011/12

➤ Dienstleistungsorientierter Ansatz:

- Logistik bezieht sich auf die Koordination aller immateriellen Aktivitäten zur Erfüllung einer Dienstleistung am Kunden
- Schwerpunkte:  
Minimierung von Wartezeiten, Management der Dienstleistungskapazität und der Bereitstellung von Dienstleistung

Flussorientierte Ansatz:

„Logistik ist die wissenschaftliche Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Unternehmen.“<sup>1</sup>

„Logistik umfasst die komplexe Planung, Organisation, Durchführung und Kontrolle von effizienten raum-zeitlichen Transformationsprozessen von Gütern, Personen und damit zusammenhängenden Informationen entsprechend den Kundenanforderungen.“<sup>2</sup>

Materialflussorientierter Ansatz:

„Logistik ist die Organisation, Planung, Kontrolle und Durchführung eines Güterflusses von der Entwicklung und vom Kauf durch die Produktion und die Distribution bis zum endgültigen Kunden mit dem Ziel der Befriedigung der Anforderungen des Marktes bei minimalen Kosten und minimalem Kapitalaufwand.“<sup>3</sup>

„Logistik ist der Prozess der Planung, Realisierung und Kontrolle des leistungsfähigen, kostengünstigen Fließens und Lagerns von Rohmaterialien, teilbearbeitetem Werkstückbestand, Fertigerzeugnissen und der dazugehörigen Informationen vom Punkt der Entstehung bis zum Punkt des Verbrauches entsprechend der Kundenanforderung.“<sup>2</sup>

„Logistik wird verstanden als marktorientierte, integrierte Planung, Gestaltung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten Material- und dazugehörigen Informationsflusses zwischen einem Unternehmen und seinen Lieferanten, innerhalb eines Unternehmens sowie zwischen einem Unternehmen und seinen Kunden.“<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Jünemann – „Materialfluss und Logistik“, 1989

<sup>2</sup> Köbernik – „Logistik“, WS 2011/12

<sup>3</sup> Pfohl – „Logistiksysteme“, 2004

<sup>4</sup> Schulte – „Logistik“, 2009

Bemerkungen zum materialflussorientierten Ansatz:

- Logistik als Planung (Organisation), Steuerung (Durchführung) und Kontrolle von Transformationsprozessen;
- Objekte der Logistik: materielle Güter (Fertigungsmaterialien, Hilfs- und Betriebsstoffe, Zuliefer- und Ersatzteile, Halb- und Fertigerzeugnisse, Reststoffe, ...);

### 2.1.2. Logistikziele<sup>1</sup>

Ziel der Logistik ist die sichere Versorgung mit Materialien und Gütern zu optimalen Kosten und Beständen, also die sieben R der Logistik zu erfüllen, und

- die richtige Menge
- der richtigen Objekte
- am richtigen Ort
- zum richtigen Zeitpunkt
- in der richtigen Qualität
- zu den richtigen Kosten
- mit den zugehörigen Informationen

bereitzustellen. Diese Aufgabe enthält alle planenden, steuernden und ausführenden Maßnahmen und Instrumente.

### 2.1.3 Funktionelle Untergliederung der Logistik<sup>2</sup>

Betrachtet man die Logistik als betriebswirtschaftliche Funktion, so umfasst diese nicht nur die Realisation der Güterflüsse und der damit zusammenhängenden Objektflüsse, sondern auch das Management der logistischen Aufgaben. Die Logistik setzt sich aus Managementaufgaben und ausführenden Aufgaben zusammen.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Köther – „Taschenbuch der Logistik“, 2006

<sup>2</sup> Köbernik – „Logistik“, WS 2011/12

<sup>3</sup> Pfohl – „Logistiksysteme“ 2004

## Beschaffungslogistik<sup>1</sup>

Beschaffungslogistik beinhaltet die Güter- und Informationsflüsse zur Bereitstellung der Einsatzfaktoren unter Nutzung vorhandener Lieferkapazitäten.

Ziel der Beschaffungslogistik ist es, bei relativ kurzen Wiederbeschaffungszeiten und minimalen Materialbeständen ein hohes Versorgungsniveau der Produktion zu gewährleisten.

Bei der Transportoptimierung des mobilen Binnenentwässerungssystems kann man folgende Eigenschaften feststellen und zwar:

- Unterschiedlichen Leistungsbedarf an den jeweiligen Schächten
- Feste Reihenfolge nach Gefährdung
- Eingeschränkte Zeitfenster

Diese Eigenschaften können aus der Sicht von Beschaffungslogistik mit entsprechender Methodik wahrgenommen und bearbeitet werden.

Im Rahmen der Einsatzsicherung der mobilen Binnenentwässerungssysteme müssen an erster Stelle die Einleitstellen, in den vier Städten im Hochwasserereignisfall gesichert werden, die nach den HQ Werten zuerst gefährdet sind. Daraus folgt der verschiedene Bedarf von unterschiedlichen Transportflächen, die Mitführung von Notstromaggregaten und eine gut organisierte Ablaufplanung.

Neben der technischen Bedarfsermittlung wird die Reihenfolge nach Gefährdung des Prioritätenschemas eines kommenden Zeitraums zugrunde gelegt.

## Produktionslogistik<sup>2</sup>

Der Begriff Produktion hat identische Eigenschaften, wie Auftragserfüllung, und soll in weiterer Verwendung so verstanden werden.

Produktionslogistik umfasst den gesamten innerbetrieblichen Güterfluss durch das Produktionssystem eines Unternehmens sowie den zugehörigen Informationsfluss im Rahmen der betrieblichen Leistungserstellung zielorientiert organisatorisch und technisch zu planen, zu steuern, zu realisieren und zu kontrollieren.

---

<sup>1</sup> Köbernik – „Beschaffungslogistik“, WS 2011/12

<sup>2</sup> Köbernik – „Produktionslogistik“, WS 2011/12

Bei der Produktionslogistik spielt das Prinzip Ganzheitlichkeit eine große Rolle. Das Prinzip Ganzheitlichkeit besagt, dass jede Entscheidung und jede Aktivität unter Berücksichtigung ihrer Auswirkungen im gesamten System beurteilt wird.

Ausgangsbasis für die Implementierung des Fließprinzips in der Produktion ist die Struktur der Produktionsprozesse. Bei der Realisierung des Fließprinzips ist es möglich, die gesamte Durchlaufzeit zu verkürzen. Deshalb ist das Fließprinzip unvermeidbar, um Warte- und Stillstandszeiten zu reduzieren und insgesamt ein Optimum zu verbessern.

## **2.2 Fertigungssteuerung<sup>1</sup>**

Unter diesem Begriff Fertigungssteuerung sind alle Maßnahmen zur Bereitstellung der erforderlichen Güter (einschließlich Werkstattvorbereitung) sowie die Maßnahmen zur Lenkung der Fertigung (Terminsteuerung, Arbeitsverteilung, Fertigungsüberwachung) zu verstehen.

Auf der Basis der in der Produktionsplanung ermittelten Ecktermine der einzelnen Aufträge werden in der Feinterminierung die endgültigen Beginn- und Endtermine der Arbeitsvorgänge an jedem Arbeitsplatz ermittelt. Als Ergebnis liegt ein Maschinenbelegungsplan vor, in welchem zeitlich detailliert die Betriebsmittelzuordnung für jeden Arbeitsgang determiniert ist. Ziel der Feinterminierung ist in der Regel die Minimierung der Zykluszeit bei gleichzeitiger Beachtung der entstehenden Rüstkosten. Minimale Durchlaufzeit können unter anderem durch Losaufteilung (Splittung und Überlappung) oder Loszusammenfassung erzielt werden.

Reihenfolgeprobleme verfolgen das Ziel, die Elemente einer endlichen Menge so zu ordnen, dass die Restriktionen erfüllt werden und eine festgelegte Zielfunktion einen maximalen bzw. minimalen Wert annimmt.

---

<sup>1</sup> Käschel, Teich – „Produktionswirtschaft“, 2004

### 2.2.1 Ablauforganisation<sup>1</sup>

Die Ablauforganisation befasst sich mit der kurz- und mittelfristigen räumlichen, zeitlichen und sachlichen Strukturierung von Arbeits- und Bewegungsvorgängen innerhalb des Unternehmens.

Die Ablauforganisation lässt sich nach drei verschiedenen Aspekten unterteilen:

*Sachliche Aspekte:* Hierbei werden die einzelnen Arbeitsprozesse, die Arbeitssubjekte, die Arbeitsobjekte, der Arbeitsraum und die Arbeitszuordnung analysiert. Nach dieser Analyse erfolgt die Synthese der in der Regel komplexen Arbeitsabläufe. Zunächst werden die Arbeitstätigkeiten in Arbeitsgangfolgen untergesetzt. Hieraus entstehen die Arbeitsgänge enthaltenden Arbeitspläne. Zu den sachlichen Aspekten gehört auch die Zuordnung der Arbeitsgegenstände zu den Arbeitssubjekten bei gleichzeitiger Beachtung der Frage, ob die Arbeitstätigkeiten in isolierter Form einzelnen Personen oder einer Gruppe von Entscheidungsträgern übertragen werden soll. Anschließend erfolgt die zeitliche und räumliche Koordination der einzelnen Arbeitsgänge, welche üblicherweise in Form von Arbeitsablaufdiagrammen, Netzplänen usw. dokumentiert wird.

*Zeitliche Aspekte:* Der zeitliche Aspekt beschäftigt sich in erster Instanz mit der Frage, wann die festgelegten Arbeitsgänge auszuführen sind. Hierbei steht vor allem die Reihenfolgeplanung im Mittelpunkt des Interesses. Für die Berechnung von möglichen Lieferterminen für Aufträge ist es notwendig, dass die festgelegten Arbeitsgänge mit Zeiten behaftet werden. In der Praxis werden häufig nur Rüst- und Stückbearbeitungszeiten gepflegt. Diese Zeiten werden zum einen vom verantwortlichen Technologen geschätzt und bzw. oder zum anderen durch zweckmäßige Methoden wie das manuelle Begleiten eines Auftrags durch die Fertigung ermittelt.

*Räumliche Aspekte:* Gegenstand der Ablauforganisation in Räumlichen Hinsicht sind Gestaltungsmaßnahmen für den Materialfluss durch das Unternehmen, die Lösung von Standortproblemen und die Festlegung von Transporteinrichtungen. Kriterium für diese Betrachtungen sind sogenannte Raumüberbrückungskosten.

Im Rahmen der organisatorischen Rationalisierung geht es um eine effiziente Gestaltung des Produktionsablaufes durch entsprechende Planung und Steuerung. Während der Produktionsplanung werden Ziele<sup>1</sup> gesetzt, die bei der konkreten Ausführung von

---

<sup>1</sup> Weingarten – „Ressourceneinsatzplanung bei Werkstattproduktion“, 1995

Arbeitsaufgaben im Unternehmen erreicht werden sollen. Ein Ziel gibt einen zu erreichenden Systemzustand vor und enthält für Entscheidungsträger Informationen über die Bewertung von Handlungsalternativen.

Der Zielkonflikt zwischen Durchlaufzeitminimierung und maximaler Kapazitätsauslastung hat seinen Niederschlag im „Dilemma der Ablaufplanung“ gefunden.<sup>1</sup>

### 2.2.2 Durchlauf- und Kapazitätsterminierung<sup>2</sup>

Die Ressourceneinsatzplanung gehört in den operativen Bereich der Produktionsplanung. Aufgabe dieser, die konkret mit dem Eingang eines Kundenauftrages beginnt und über die Losgrößenplanung zu einem oder mehreren daraus resultieren Produktionsaufträgen führt, ist allgemein gesagt die Bereitstellung der erforderlichen Produktionskapazitäten sowie die Materialbeschaffung.

Grundlage der Ressourceneinsatzplanung sind zum einen die in der Losgrößenplanung festgelegten Ecktermine der Produktionsaufträge und zum anderen die Arbeitspläne der Erzeugnisse. Von der Reihenfolge der im Arbeitsplan angegebenen Arbeitsgänge lässt sich auf die erforderlichen Transportvorgänge schließen. Ein Arbeitsplan gibt zudem für jeden Vorgang dessen Dauer (Rüstzeit und Bearbeitungszeit) an. Weiterhin definiert die Beschreibung des Arbeitsganges, ob dieser auf nur einem Ressourcentyp bzw. einer Anlage ausgeführt werden kann oder ob Alternativen bestehen. Somit lässt sich ein Arbeitsplan als eine sachbezogene Darstellung definieren, die angibt, welche Arbeitsschritte in welcher Reihenfolge an welchem Arbeitsplatz zur Fertigung einer Outputeinheit ausgeführt werden müssen. Zusätzlich enthält der Arbeitsplan Informationen zu Fertigungshilfsmitteln. Werden die Arbeitspläne bereits zuvor bei der Losgrößenplanung genutzt, so ist es schon dabei möglich, die Kapazitäten der Anlagen zu berücksichtigen.

Die Ressourceneinsatzplanung erfolgt in zwei Schritten:

1. Der Durchlaufterminierung (ohne Beachtung der Kapazitätssituation), die zu den frühest- und spätestmöglichen Start- und Endterminen der Aufträge führt und
2. der sich anschließenden Kapazitätsterminierung, in der die Pläne modifiziert werden.

---

<sup>1</sup> Schulte – „Logistik“, 2009

<sup>2</sup> Käschele, Teich – „Produktionswirtschaft“, 2004

Die Aufgabe der Durchlaufterminierung besteht darin, für alle abzuarbeitenden Aufträge die Start- und Endtermine ihrer Bearbeitung auf den einzelnen Anlagen festzulegen. Falls verschiedene Zuordnungsmöglichkeiten bestehen, dann muss auch eine Zuordnung der Aufträge zu den Ressourcen erfolgen. Für die Terminplanung werden ebenfalls Angaben über die Transportzeiten benötigt, die in den Arbeitsplänen nicht eigens vermerkt sind. Der reale Produktionsprozess unterliegt jedoch vielerlei zufälligen, ungeplanten Einflüssen wie Maschinenausfällen, Werkzeugbrüchen, notwendige Nachbesserungsarbeiten oder Ausfall von Personal. Daher wird ein solcher "idealer" Plan kaum in seiner ursprünglichen Form umgesetzt. Zeitliche Verschiebungen, die zu Überschneidungen bei der Beanspruchung der Anlagen durch Aufträge führen, sind zu erwarten. Dieser Unsicherheit wird durch die Einbeziehung von geschätzten Wartezeiten der Aufträge an den Arbeitsstationen Rechnung begegnet. Nach den Rechenregeln der Netzplantechnik errechnen sich für jeden Arbeitsgang bzw. für jeden Auftrag der frühestmögliche und der spätestmögliche Start- bzw. Endtermin. Erst im sich anschließenden Schritt der Kapazitätsterminierung finden die Kapazitäten der Anlagen Beachtung.

Da der Durchlaufzeit eine enorme Bedeutung innerhalb der Fertigungssteuerung zukommt, inwiefern die Ablaufplanung und die Belegungsplanung überhaupt eine Verkürzung der Durchlaufzeit bewirken können und welche der oben beschriebenen Zeitgrößen dabei beeinflussbar sind.

*Abbildung Nr. 1: Einfluss der Ablaufplanung auf die Durchlaufzeit (REFA-Schema)*

<b>Durchlaufzeit</b>					
planmäßige Durchlaufzeit					Zusatzzeit
<b>Belegungszeit</b>		<b>Übergangszeit</b>			Zusatzzeit
Haupt-	Neben-				
Bearbeitungszeit	Rüstzeit	Wartezeit (ablaufabhängig)	Liegezeit (technologieabhängig)	Transportzeit	Zusatzzeit
					Zusatzzeit
		Durch die Ablaufplanung beeinflussbar			

Die Reduzierung der Übergangszeiten zielt auf eine Verkürzung der eingeplanten Pufferzeiten ab. Eine Reduzierung der Übergangszeit kann auch durch eine Verringerung der geplanten Liege- und Transportzeiten herbeigeführt werden. Einzelne Aufträge werden dabei mit einer Priorität versehen, d. h. sie werden an einzelnen Arbeitsplätzen bevorzugt abgearbeitet, so dass sich die gesamte Durchlaufzeit verkürzen lässt.<sup>1</sup>

Eine weitere Methode zur Durchlaufzeitverkürzung stellt die sogenannte Splittung dar, die es in zwei Formen gibt.<sup>2</sup> Die Auftragsplittung beinhaltet die mengenmäßigen Aufteilungen eines Fertigungsauftrags ab einem bestimmten Arbeitsgang oder von Beginn an in mindestens zwei Teilmengen, die getrennt voneinander durch die Fertigung laufen. Bei der Arbeitsvorgangssplittung wird das in einem Arbeitsvorgang zu fertigende Los in Teillose aufgespalten, die auf mehreren gleichartigen Bearbeitungsstellen zeitlich parallel oder zumindest teilweise parallel gefertigt werden.

Eine dritte Methode zur Verkürzung der Durchlaufzeit stellt die Überlappung dar. Hierbei wird nicht gewartet bis das gesamte Fertigungslos an einem bestimmten Arbeitsplatz vollständig abgearbeitet ist, sondern es werden bereits vorher Teilmengen des Loses an die nächste Bearbeitungsstelle weitergegeben. Eine Durchlaufzeitverkürzung wird somit durch eine teilweise gleichzeitige Bearbeitung von jeweils aufeinander folgenden Arbeitsvorgängen erreicht. Problematisch hierbei ist die exakte Transportkoordination, da einerseits das Teillos rechtzeitig an der folgenden Bearbeitungsstelle bereitzustellen ist, andererseits aber nicht zu früh abgeholt werden kann, da ansonsten noch zu wenig in der vorangegangenen Bearbeitungsstelle gefertigt wurde.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Schulte – „Logistik“, 2009

<sup>2</sup> Müller – „Splittung und Überlappung“, 1980

<sup>3</sup> Steinbuch, Olfert – „Fertigungswirtschaft“, 1978

### **3. Bewertung der Städte**

Neben den Baumaßnahmen an stationären Anlagen des technischen Hochwasserschutzes erstellt der ZWA das Konzept der mobilen Binnenentwässerung für folgende vier Städte, um die vorbeugende Hochwasserschutzmaßnahmen zu verbessern.

#### **3.1 Stadt Rochlitz<sup>1</sup>**

Rochlitz ist eine Große Kreisstadt im Landkreis Mittelsachsen im Freistaat Sachsen. Sie ist Sitz der Verwaltungsgemeinschaft Rochlitz mit den Mitgliedsgemeinden Königsfeld, Seelitz und Zettlitz. Die Stadt Rochlitz hat 5.269 Einwohner (Stand zum 31.12.2009).

In Rochlitz beginnt die Bundesstraße 7 nach Gera. Außerdem verlaufen durch Rochlitz die Bundesstraßen 107 Chemnitz–Grimma und B175 Zwickau–Döbeln.

Die Stadt liegt an der Zwickauer Mulde, einem Gewässer 1. Ordnung, und ist bekannt durch den Rochlitzer Berg und den dort anstehenden und abgebauten Rochlitzer Porphyr. Hochwasserereignisse der Zwickauer Mulde führen insbesondere in den ufernahen Bereichen der Stadt sowie den urbanen Auenflächen zu Überschwemmungen. Je nach Lage kann bei einem HQ100 der Wasserspiegel bis über 2 m über Gelände ansteigen.

Der Stadt Rochlitz wurde als eine der 2 Standorte für einen Binnenentwässerungssystemlager als Stützpunkt ausgewählt. Dort werden die BEP gelagert, überwacht und gewartet, damit die BEP nachhaltig deren technischen Zustand beibehalten und die Einsatzsicherheit gewährleistet wird.

Durch Realisierung von Restrukturierungsphasen des Zweckverbandes hat der Stadt Rochlitz bei der Personalbereitstellung im Hochwasserereignisfall bereits die notwendige Ausstattung erhalten.

---

<sup>1</sup> [www.rochlitz.de](http://www.rochlitz.de) (08.11.2011)

### 3.1.1 Gefährdungsanalysen

Im Rahmen der Umsetzung Hochwasserschutzkonzept an Fließgewässern 1. Ordnung hat der ZWA die Maßnahmen zur Binnenentwässerung an 7 Stellen für die Einleitungen in die Zwickauer Mulde in der Stadt Rochlitz zusammenzustellen.<sup>1</sup>

Jedes BEP wurde nach einem einheitlichen Kodierungsschema bezeichnet.<sup>2</sup>

Um den gesamten logistische Ablauf sinnvoll zu planen, werden die Einleitstellen in der Stadt Rochlitz nach Gefährdung wie folgt abgestuft. (Tabelle Nr. 1 )

*Tabelle Nr. 1: HQ Werten der BEP in der Stadt Rochlitz*

Nr.	BEP Bezeichnung	Aktuelle HQ Werte	Reihenfolge nach HQ
1	I R 06 01	HQ20	<b>III.</b>
2	I R 06 03	HQ10	<b>II.</b>
3	I R 06 04	HQ5	<b>I.</b>
4	I R 06 05	HQ5	<b>I.</b>
5	I R 06 06	HQ10	<b>II.</b>
6	I R 06 10	HQ50	<b>III.</b>
7	I R 06 11	HQ10	<b>II.</b>

### 3.1.2 Bedarfsermittlungen der benötigten Transportleistung

Die Bestandteile des Binnenentwässerungssystems sind BEP, Notstromaggregate, Leitungen und sämtliche Zubehörteile. Im Hochwasserereignisfall müssen Binnenentwässerungssysteme von den Lagerhallen bis zur jeweiligen Einleitstelle hin transportiert und vor Ort installiert werden. Um die Beschaffung und den Transport innerhalb der vorgegebenen Vorwarnzeit zu ermöglichen, müssen transporttechnische Ausstattungen des folgenden Transportbedarfes für die Binnenentwässerungssysteme bereitgestellt und dauerhaft vorgehalten werden.

In Rochlitz befinden sich 7 Einleitstellen, die durch ZWA mit mobilen BEP gesichert werden sollen. Bei allen Stellen wird der Strom des BEP durch Notstromaggregat erzeugt. Nach Berücksichtigung der technische Leistungen des einzelnen BEP und örtliche Positionierung

---

<sup>1</sup> Anhang Nr. 1

<sup>2</sup> Anhang Nr. 5

der Einleitstellen wurde festgestellt, dass ein Notstromaggregat bei einigen Stellen durch Kabelverbindung ein zweites Notstromaggregat ersetzen kann. Das trifft auf die Pumpwerke I R 06 03 und I R 06 04 zu. Insgesamt sind 7 BEP und dessen Stromversorgungen durch 5 Notstromaggregate in Stadt Rochlitz abgedeckt.

*Tabelle Nr. 2: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Rochlitz*

Nr.	BEP Bezeichnung	Pumpwerken		Leitungen			
		Transportpalette		Rungenpalette (1,0 x 2,0 x 1,0)		Stahlbox (1,24 x 0,835 x 0,97)	
		Maße / Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Gestapelte Fläche (m <sup>2</sup> )
1	I R 06 01	1,0 x 1,2 2	<b>2,4</b>	Entfällt		4	<b>2,07</b>
2	I R 06 03	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
3	I R 06 04	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
4	I R 06 05	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
5	I R 06 06	1,0 x 1,2 2	<b>2,4</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
6	I R 06 10	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
7	I R 06 11	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>

### 3.1.3 Grenzwerte nach Vorwarnzeiten

Die Tätigkeit des Hochwassernachrichten- und Alarmdienstes beginnt, sobald an einem

Hochwassermeldepegel der für die Alarmstufe 1 maßgebende Wasserstand erreicht wird und ein weiterer Wasseranstieg zu erwarten ist oder aufgrund der Wetterlage eine Hochwasserwarnung herausgegeben wird.<sup>1</sup>

Laut „Zustellungsplan für Hochwassernachrichten“ des Landeshochwasserzentrum Sachsen werden Hochwasserwarnungen für die Stadt Rochlitz in Zwickau-Pölbitz, Wolkenburg,

<sup>1</sup> Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO

Wechselburg 1 an der Zwickauer Mulde und Chemnitz 1 an dem Fluss Chemnitz erstellt und als Alarmstufen weitergegeben.<sup>1</sup> Hier wird Alarmstufe 1 ausgerufen und eine Vorwarnung an die Städte geleitet. Ab Alarmstufe 2 wird in den Städten die Zeiteinschränkung maßgebend direkt betrachtet. Zeitfenster von der ersten Hochwasserwarnung bis der vollständigen Inbetriebnahme der einzelnen BEP und unten dargestellt (siehe Tabelle Nr. 3). Vollständig installierte Pumpen können mit Hilfe von Messsonden ohne menschlichen Einfluss automatisch ein- und ausgeschaltet werden. Durch Messsonde wird der Wasserstand im Schacht erfasst.

Tabelle Nr. 3: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Rochlitz

HQ Werte	Alarmstufe (AS)	Einsatzreihfolge nach HQ (BEP Bezeichnung)	Zeitdauer Differenz zwischen Alarmstufen (h)	Zeitdauer von AS 1 bis zur entsprechenden Alarmstufe (h)
HQ2	AS 1		-	-
HQ5	AS 2	I R 06 04; I R 06 05	5,5	<b>5,5</b>
HQ10	AS 3	I R 06 03; I R 06 06; I R 06 11	3	<b>8,5</b>
HQ20	AS 4	I R 06 01; I R 06 10	3,5	<b>12</b>

### 3.2 Stadt Penig<sup>2</sup>

Penig ist eine Stadt im Landkreis Mittelsachsen im Freistaat Sachsen mit 5449 Einwohnern (Stand zum 30.09.2011).

Die Stadt Penig befindet sich unmittelbar an der Zwickauer Mulde, einem Gewässer 1. Ordnung. Das Hochwasserschutzkonzept des ZWA, welches die Stadt Penig mit einschließt, enthält Abwehrmaßnahmen vor Hochwasser durch mobile BEP gesichert werden. Der Stützpunkt Rochlitz ist zuständig für die Beschaffung den Transport von allen BEP.

Die Entfernung zwischen Stadt Rochlitz und Stadt Penig beträgt 18 km.

#### 3.2.1 Gefährdungsanalysen

Der maßgebenden Pegel für die Wasserstände und der daraus ableitbaren Vorwarnzeiten ist der Pegel in Wolkenburg. Der Stützpunkt Rochlitz ist gleichzeitig informiert und kann die

<sup>1</sup> Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO

<sup>2</sup> www.penig.de (08.11.2011)

Hochwasserabwehrmaßnahmen gemäß Reihenfolge nach Gefährdung bei allen Einleitstellen in der Stadt Penig sichern.

*Tabelle Nr. 4: HQ Werten der BEP in der Stadt Penig*

Nr.	BEP Bezeichnung	Aktuelle HQ Werte	Reihenfolge nach HQ
1	I R 18 01	HQ <sub>10</sub>	<b>III.</b>
2	I R 18 02	HQ <sub>N</sub> *	<b>II.</b>
3	I R 18 04	HQ <sub>N</sub> *	<b>II.</b>
4	I R 18 05	HQ <sub>5</sub>	<b>I.</b>
5	I R 18 06	HQ <sub>N</sub> *	<b>II.</b>

\* HQ<sub>5</sub> < HQ<sub>N</sub> < HQ<sub>10</sub> (genauer Wert liegt noch nicht vor)

### 3.2.2 Bedarfsermittlungen der benötigten Transportleistung

In die Stadt Penig müssen zu 5 Einleitstellen mobile BEP vor dem Bemessungswasserstand befördert werden<sup>1</sup>. Diese 5 BEP haben ein relativ große technische Leistungen und benötigen daher 6 Notstromaggregate zur Abdeckung der Stromversorgung, wie zum Beispiel 2 Notstromaggregate bei I R 18 05 BEP.

*Tabelle Nr. 5: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Penig*

Nr.	BEP Bezeichnung	Pumpwerken		Leitungen			
		Transportpalette		Rungenpalette (1,0 x 2,0 x 1,0)		Stahlbox (1,24 x 0,835 x 0,97)	
		Maße / Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Gestapelte Fläche (m <sup>2</sup> )
1	I R 18 01	1,0 x 1,2 2	<b>2,4</b>	entfällt		4	<b>2,07</b>
2	I R 18 02	1,2 x 1,5 3	<b>5,4</b>	entfällt		4	<b>2,07</b>
3	I R 18 04	1,2 x 1,5 1	<b>1,8</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
4	I R 18 05	1,2 x 1,5 4	<b>7,2</b>	entfällt		4	<b>2,07</b>
5	I R 18 06	1,2 x 1,5 3	<b>5,4</b>	entfällt		4	<b>2,07</b>

<sup>1</sup> Anlage Nr. 2

### 3.2.3 Grenzwerte nach Vorwarnzeiten

Die Hochwasserwarnungen für die Stadt Penig werden in Zwickau-Pölbitz und in Wolkenburg an der Zwickauer Mulde erstellt und die Alarmstufe an den ZWA weitergegeben.<sup>1</sup>

(ebd., S. x, 3.1.3 Grenzwerte nach Vorwarnzeiten)

*Tabelle Nr. 6: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Penig*

HQ Werte	Alarmstufe (AS)	Einsatzreihfolge nach HQ (BEP Bezeichnung)	Zeitdauer Differenz zwischen Alarmstufen (h)	Zeitdauer von AS 1 bis zur entsprechenden Alarmstufe (h)
HQ <sub>2</sub>	AS 1		-	-
HQ <sub>5</sub>	AS 2	I R 18 05	4	<b>4</b>
HQ <sub>N</sub>	AS 2 +	I R 18 02; I R 18 04; I R 18 06	1,5	<b>5,5</b>
HQ <sub>10</sub>	AS 3	I R 18 01	1,5	<b>7</b>
HQ <sub>20</sub>	AS 4			

### 3.3 Stadt Frankenberg<sup>2</sup>

Frankenberg/Sa. liegt im Bundesland Sachsen, im Regierungsbezirk Chemnitz und im Landkreis Mittelsachsen mit 15318 Einwohnern (Stand zum 15.10.2010).

Die Stadt liegt an der Anschlussstelle 72 der Bundesautobahn A4 und die Bundesstraßen B169 und B180 berühren direkt das Stadtgebiet.

Die Stadt Frankenberg wurde als der 2. Standort der Binnenentwässerungssystemlager als Stützpunkt ausgewählt. Dort werden die BEP gelagert, überwacht und gewartet, damit die BEP nachhaltig deren technischen Zustand beibehalten und die Einsatzsicherheit gewährleistet wird.

Durch Realisierung von Restrukturierungsphasen des Zweckverbandes hat der Stadt Rochlitz bei der Personalbereitstellung im Hochwasserereignisfall bereits die notwendige Ausstattung erhalten.

Der Stützpunkt Frankenberg ist zuständig für die Städte Frankenberg und Flöha.

<sup>1</sup> Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO

<sup>2</sup> www.frankenberg-sachsen.de (08.11.2011)

### 3.3.1 Gefährdungsanalysen

Die Zuordnung des Wasserstandes 248,60 müHN zu dem entsprechenden  $HQ_N$  nicht möglich ist, vergrößert sich die Gefährdungseinschätzung und verringert das Vorwarnzeitfenster. Da aber der Anzahl der BEP in der Stadt Frankenberg gering ist, stellt dies keine größeren Anforderungen an den logistischen Ablauf im Einsatzfall.

*Tabelle Nr. 7: HQ Werten der BEP in der Stadt Frankenberg*

Nr.	BEP Bezeichnung	Aktuelle HQ Werte	Reihenfolge nach HQ
1	IV F 20 01	$HQ_{10}$	<b>II.</b>
2	IV F 20 02	$HQ_N^*$	<b>I.</b>
3	IV F 20 03	$HQ_N^*$	<b>I.</b>

\*  $HQ_N < HQ_{10}$  (genauer Wert liegt noch nicht vor )

### 3.3.2 Bedarfsermittlungen der benötigten Transportleistung

Die 3 BEP in der Stadt Frankenberg benötigen jeweils 1 Notstromaggregate auf Anhänger<sup>1</sup>.

*Tabelle Nr. 8: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Frankenberg*

Nr.	BEP Bezeichnung	Pumpwerken		Leitungen			
		Transportpalette		Rungenpalette (1,0 x 2,0 x 1,0)		Stahlbox (1,24 x 0,835 x 0,97)	
		Maße / Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Gestapelte Fläche (m <sup>2</sup> )
1	IV F 20 01	1,0 x 1,2 2	<b>2,4</b>	<b>entfällt</b>		4	<b>2,07</b>
2	IV F 20 02	1,0 x 1,2 2	<b>2,4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
3	IV F 20 03	1,0 x 1,2 3	<b>3,6</b>	<b>entfällt</b>		4	<b>2,07</b>

<sup>1</sup> Anlage Nr. 3

### 3.3.3 Grenzwerte nach Vorwarnzeiten

Laut „Zustellungsplan für Hochwassernachrichten“ des Landeshochwasserzentrum Sachsen werden Hochwasserwarnungen für die Stadt Frankenberg in Hopfgarten und Lichtenwalde 1 an der Zschopau und in Borstendorf, Hetzdorf 1 an dem Fluss Flöha erstellt und Alarmstufe ausgerufen.<sup>1</sup>

Aufgrund der geringen Vorwarnzeit zwischen den Pegeln Lichtenwalde und Frankenberg wird der Pegel Hopfgarten als maßgeblich ausgewählt. Der Pegel Hopfgarten liegt 37,2 km oberhalb des Pegel Lichtenwalde 1. Die Fließzeit zwischen diesen beiden Pegeln wird mit 2,5 Stunden eingeschätzt. Diese Fließzeit wurde als gesamte Vorwarnzeit für die Stadt Frankenberg einkalkuliert.

*Tabelle Nr. 9: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Frankenberg*

HQ Werte	Alarmstufe (AS)	Einsatzreihfolge nach HQ (BEP Bezeichnung)	Zeitdauer Differenz zwischen Alarmstufen (h)	Zeitdauer von AS 1 bis zur entsprechenden Alarmstufe (h)
HQ <sub>2</sub>	AS 1		-	-
HQ <sub>5</sub>	AS 2	IV F 20 03; IV F 20 02	4	<b>4</b>
HQ <sub>10</sub>	AS 3	IV F 20 01	2,5	<b>6,5</b>
HQ <sub>20</sub>	AS 4			

### 3.4 Stadt Flöha<sup>2</sup>

Flöha ist mit ca. 10300 Einwohnern Große Kreisstadt im Landkreis Mittelsachsen. Sie grenzt unmittelbar an die Industriestadt Chemnitz. An dem Fluss Flöha, der der Stadt ihren Namen gab, durchquert sie gemeinsam mit dem Fluss Zschopau. Beide Flüsse vereinigen sich am Stadtrand.

Die Stadt Flöha liegt 8 km von der Stadt Farnkenberg entfernt, wo der Stützpunkt sich befindet. Beide Städte werden gleichzeitig vor einem Hochwasserereignis informiert.

<sup>1</sup> Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO

<sup>2</sup> www.floeha.de (08.11.2011)

### 3.4.1 Gefährdungsanalysen

In der Stadt Flöha sind sechs Pumpwerke für die mobile Binnenentwässerung geplant.

*Tabelle Nr. 10: HQ Werten der BEP in der Stadt Flöha*

Nr.	BEP Bezeichnung	Aktuelle HQ Werte	Reihenfolge nach HQ
1	IV F 23 01	HQ <sub>N</sub> **	<b>II.</b>
2	IV F 23 02	HQ <sub>40</sub>	<b>IV.</b>
3	IV F 23 03	HQ <sub>N</sub> **	<b>II.</b>
4	IV F 23 04	HQ <sub>50</sub>	<b>V.</b>
5	IV F 23 05	HQ <sub>20</sub>	<b>III.</b>
6	IV F 23 09	HQ <sub>10</sub>	<b>I.</b>

\*\* HQ<sub>10</sub> < HQ<sub>N</sub> < HQ<sub>20</sub> (genauer Wert liegt noch nicht vor)

### 3.4.2 Bedarfsermittlungen der benötigten Transportleistung

Die 6 BEP in der Stadt Frankenberg benötigen insgesamt 6 Notstromaggregate jeweils 1 auf dem Anhänger.<sup>1</sup>

*Tabelle Nr. 11: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Flöha*

Nr.	BEP Bezeichnung	Pumpwerken		Leitungen			
		Transportpalette		Rungenpalette (1,0 x 2,0 x 1,0)		Stahlbox (1,24 x 0,835 x 0,97)	
		Maße / Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Fläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Gestapelte Fläche (m <sup>2</sup> )
1	IV F 23 01	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
2	IV F 23 02	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
3	IV F 23 03	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
4	IV F 23 04	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
5	IV F 23 05	1,0 x 1,2 1	<b>1,2</b>	1	<b>2</b>	4	<b>2,07</b>
6	IV F 23 09	1,0 x 1,2 3	<b>3,6</b>	2	<b>4</b>	5	<b>3,1</b>

<sup>1</sup> Anlage Nr. 4

### 3.4.3 Grenzwerte nach Vorwarnzeiten

Der Stadt Flöha sind die Bezugspegel Hetzdorf 2 (für die Flöha) und Hopfgarten (für die Zschopau) zugeordnet. Diese sind zugleich Hochwassermeldepegel.<sup>1</sup>

Die Fließzeit zwischen Hopfgarten und Flöha ist mit 2,5 Stunden anzusetzen. Von Alarmstufe 1 bis Alarmstufe 4 benötigt der Zeitraum ca. 4 Stunden. Das bedeutet, spätestens 6,5 Stunden, nach ausrufen der Alarmstufe 1 für Flöha muss der Hochwasserschutz mit Binnenentwässerungssystem aufgebaut sein.

Der Zeitstrahl zeigt an, bei welchem Hochwasserereignis die Pumpwerke betriebsbereit sein müssen.

*Tabelle Nr. 12: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Flöha*

HQ Werte	Alarmstufe (AS)	Einsatzreihenfolge nach HQ (BEP Bezeichnung)	Zeitdauer zwischen Alarmstufen (h)	Differenz	Zeitdauer von AS 1 bis zur entsprechenden Alarmstufe (h)
HQ <sub>2</sub>	AS 1		-		-
HQ <sub>5</sub>	AS 2	IV F 23 09; IV F 23 03	5		<b>5</b>
HQ <sub>10</sub>	AS 3	IV F 23 01; IV F 23 05;	0,5		<b>5,5</b>
HQ <sub>20</sub>	AS 4	IV F 23 02; IV F 23 04	1		<b>6,5</b>

<sup>1</sup> Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO

## **4. Vorschläge zur Optimierung**

Um die Einsatzbereitschaft des ZWA im Hochwasserereignisfall zu verbessern, müssen die Anzahl der Einsatzfahrzeuge und deren technische Ausstattung dem aktuellen Zustand des Hochwasserschutzes in jeder Stadt entsprechen.

An der ersten Stelle wird der Anzahl des LKW aus der Sicht Zeitberechnung gesucht und die daraus resultierenden Ergebnisse müssen durch optimale Typisierung der Fahrzeuge verbessert werden.

Die Grundüberlegung bei den Berechnungen basiert auf Logik der Methodik zu Splittung und Überlappung, die in dem Fall zu einer maximalen Reduzierung der Durchlaufzeit bei gleichzeitiger Einbeziehung der zusätzlich entstehenden Anschaffungskosten der LKWs führt, basiert operativen Produktionsplanung.

### **4.1 Zeitermittlung durch Simulation**

Im Rahmen der Simulation wurden am 14.10.2011 fünf Teil Vorgänge in der Stadt Frankenberg untersucht.

Ziel: Realistische Zeiterfassung, die in weiteren Berechnungen als Grunddaten verwendet werden können.

Teil 1 - Vorbereitung:

Der ZWA hat die nötigen Mittel auf die Betriebsgelände der Kläranlage Frankenberg zum Verfügung gestellt, um die Simulation zu ermöglichen.

1. 3 ZWA Mitarbeiter
2. 1 Ladetechnik
3. 1 LKW mit Ladekran
4. 2 kleine mobilen Pumpen in 2 Gitterboxen
5. Rohrleitungen in 4 Gitterboxen
6. 1 Notstromaggregat
7. 1 Tankstelle
8. Je 1 Satz Sicherheitsgegenstände (Zaun, Sicherheitsbarken u. ä.)

## Teil 2 – Beladung

Mobilen BEP besteht aus Pumpe(n), Rohleitungen und Anschlusskabeln. Alle Teile befinden in und auf vorgeladen Transporthilfsmittel, dies sind Gitterboxen, Transport- und Rungenpaletten. Dieser Zustand erleichtert die Ladevorgänge mit Ladetechnik und den ordnungsgemäßen gesicherteren Transport durch LKWs.

Die Beladung von 6 Gitterboxen hat je 1 min gedauert, insgesamt 6 min. Während der Ladung werden die Transportsicherungen gleichzeitig befestigt.

Die Ankopplung des Notstromaggregats dauerte 4 min.

## Teil 3 – Tanken

In der Regel sind alle Fahrzeuge vor dem Einsatz vollgetankt bereitgestellt. Eine eigene Tankstelle dient zur Betankung von Notstromaggregaten. Je nach der Leistung werden alle Notstromaggregate mit entsprechender Dieselmenge betankt, so dass der Betrieb von 2 Stunde bis zur evtl. Nachbetankung gesichert.

Das Tanken dauerte 5 min.

## Teil 4 – Entladung

Um das Notstromaggregat abzustellen und die Ausfahrt zu erleichtern, musste der LKW rückwärts in Richtung der Schächte einfahren. Im Simulationsfall dauerte allein das Rückwärtsfahren mit Notstromaggregat auf Anhänger 2 min. In der realen Situation ist zu beachten, dass allein diese Vorgang je nach räumlicher Gestaltung und nach Zugänglichkeit der Schächte mehrere Minuten dauern könnte.

Aufstellen von Sicherheitsbarken und Straßenabsperungen ca. 2 min.

Abkopplung und Standsicherung des Notstromaggregats dauerte ca. 1 min.

Die Entladung wurde durch den Ladekran durchgeführt und wegen dieser Eigenschaft (langsamer als eingesetzte Frontlader mit Gabelzinke) war die Zeitdauer pro Gitterbox 1 min mehr im Gegensatz zur Beladung.

Die Entladung hat pro Gitterbox 2 min insgesamt 12 min gedauert.

## Teil 5 – Montage

Bei Montage werden folgende Arbeitsschritte nach Reihenfolge durchgeführt.

1. Schutzisoliationsmaßnahmen am Notstromaggregats und Inbetriebnahme wegen der Beleuchtung (1 min)
2. Rohleitungen (Schläuchen), Stromkabel miteinander verbinden (2 min)
3. Verbindung zwischen Pumpe , Rohleitungen und Notstromaggregat hergestellt (2 min)
4. Abschieberung der Kanäle (2 min)
5. Pumpe werden in die Schächte eingesetzt und Inbetriebnahme (2 min pro Pumpe, insgesamt 4 min)

Simulationsergebnis:

Um die Datenverwaltung von Arbeitszeiten zu erleichtern, wird die Zeiteinheit Minuten in den dezimal dargestellten Industrieminuten umgestellt.

### **1. Beladezeit (BZ) besteht aus Teil 2 und Teil 3.**

$$BZ = 0,01 \text{ h} * \text{Anzahl Förderhilfsmittel} + 0,15 \text{ h}$$

### **2. Entladezeit (EZ) besteht aus Teil 4.**

$$EZ = 0,03 \text{ h} * \text{Anzahl Förderhilfsmittel} + 0,08 \text{ h}$$

### **3. Montagezeit (MZ) besteht aus Teil 5.**

$$MZ = 0,03 \text{ h} * \text{Anzahlpumpen} + 0,11 \text{ h}$$

*Tabelle Nr. 13: Die Zeitberechnung, Stützpunkt Rochlitz*

Nr.	BEP Bezeichnung	BZ (h)	EZ (h)	MZ (h)
1.	I R 06 01	0,21	0,26	0,17
2.	I R 06 03	0,21	0,26	0,17
3.	I R 06 04	0,21	0,26	0,17
4.	I R 06 05	0,21	0,26	0,17
5.	I R 06 06	0,22	0,29	0,17
6.	I R 06 10	0,21	0,26	0,17
7.	I R 06 11	0,21	0,26	0,17
8.	I R 18 01	0,21	0,26	0,17
9.	I R 18 02	0,22	0,29	0,2
10.	I R 18 04	0,21	0,26	0,17
11.	I R 18 05	0,23*	0,32*	0,23*
12.	I R 18 06	0,22	0,29	0,2

\*- Maximum Wert

Die Differenz zwischen den Maximum- und den Minimumwerten sind bei diesen 3 Zeitspalten ziemlich gering. Im Rahmen der Simulation werden die Zeiten exakt und ohne Puffer gemessen. Aus diesem Grund werden Werte in den weiteren Berechnungen maximale allgemein bevorzugt. Zusätzlich wird eine Zulage in Höhe von 10% bei allen Zeiträume hinzugerechnet (Sicherheitszulage).

**Folgende Zeiten gelten als Grunddaten für alle Berechnungen von mobilem Binnenentwässerungssystemen im Gebiet des Zweckverbandes:**

$$\mathbf{BZ = 0,23\ h + 0,23\ h * 10\%}$$

$$\mathbf{BZ = 0,25\ h}$$

$$\mathbf{EZ = 0,32\ h + 0,32\ h * 10\%}$$

$$\mathbf{EZ = 0,35\ h}$$

$$\mathbf{MZ = 0,23\ h + 0,23\ h * 10\%}$$

$$\mathbf{MZ = 0,25\ h}$$

Transportzeit (TZ) ist von Stützpunkt bis zur Einleitstelle je nach Entfernung sehr unterschiedlich. Aber die Einleitstellen in jeder Stadt befinden sich in einen abgegrenzten Raum. Aus diesem Grund wird die TZ so gemessen und weiter betrachtet, dass die Entfernung vom jeweiligen Stützpunkt bis zur weitest entfernt liegenden Einleitstelle maßgebend angenommen wird und daher an allen anderen Einleitstellen in derselben Stadt einheitlich gilt. Dadurch wird eine geringfügige Pufferzeit gewonnen (Vorteil).

Da die 4 Städte durch mobilen Binnenentwässerungssystem im Hochwasserfall gesichert werden sollen, werden folgende vier unterschiedliche TZ für die weiteren Zeitberechnungen verwendet.

Die Transportzeit (TZ) enthält pro Fahrt 2 x 120 Sek. Ampelumlaufzeit und 10% Sicherheitszulage.

<b><math>TZ_{\text{Rochlitz}} = 0,16 \text{ h}</math></b>	TZ von Stützpunkt Rochlitz beliebige Einleitstelle in der Stadt Rochlitz
<b><math>TZ_{\text{Penig}} = 0,6 \text{ h}</math></b>	TZ von Stützpunkt Rochlitz beliebige Einleitstelle in der Stadt Penig
<b><math>TZ_{\text{Frankenberg}} = 0,16 \text{ h}</math></b>	TZ von Stützpunkt Frankenberg beliebige Einleitstelle in der Stadt Frankenberg
<b><math>TZ_{\text{Flöha}} = 0,4 \text{ h}</math></b>	TZ von Stützpunkt Frankenberg beliebige Einleitstelle in der Stadt Flöha

## 4.2 Berechnungsschema

### a) Durchlaufterminierung

Problemstellung:<sup>1</sup>

- gegeben sind BEP, die von der Lagerhalle beschafft, transportiert und an den Einleitstellen montiert werden sollen, mit einer Menge  $n > 1$
- jedes BEP kann als ein Auftrag verstanden und weiter so betrachtet werden
- die Weitergabe einer bearbeiteten Teilmenge (kleiner als die Auftragsmenge) eines Arbeitsvorgangs auf einem Arbeitssystem (Ressource, Maschine, LKW ...) zum nachfolgenden Arbeitsvorgang auf einem anderen Arbeitssystem ist jederzeit möglich
- damit ist es nicht unbedingt notwendig einen Auftrag an einem Arbeitssystem vollständig zu bearbeiten
- festgelegte Zeiteinschränkungen
- die gesamte Vorwarnzeit (brutto) wird in jeder Stadt 1 h durch Personalbereitschaft abgekürzt (24 h Bereitschaftsdienst ZWA)
- die Geschwindigkeit der Einsatzfahrzeuge wird innerhalb der Ortschaft mit 30 km/h und außerhalb der Ortschaft mit 40 km/h nach Test angenommen
- im ersten Ansatz kann 1 LKW pro Tour nur ein komplett BEP beschaffen und transportieren
- durch das Splitten von Arbeitsvorgängen (Zerlegung des Auftrags) lassen sich Zeitersparnisse erzielen
- das Splitten führt zu einer Erhöhung der Anschaffungskosten für die Ausrüstung, da zum gleichzeitigen Transport der Teilmengen dies erforderlich wird
- die Zeit- und Kapazitätsberechnungen und daraus resultierende Ergebnisse in jeder Stadt sind unabhängig voneinander durchgeführt

Gesucht:

Anzahl der LKW zum Transport;

---

<sup>1</sup> Käschel, Teich – „Produktionswirtschaft“, 2004

Bezeichnungen\*:

\* - alle Zeitangaben in Stunde [h]

$A_i$  - Auftrag  $i$  gleich  $BEP_i$  und nach der Gefährdung in Reihenfolge nummeriert

$DLZ_i$  - Durchlaufzeit von  $A_i$  und die Zeitsumme von Teilzeiten (siehe Simulation)

$t$  - Zeitfenster zwischen 2 nacheinander ausgerufene Alarmstufen

$T$  - Zeitfenster gesamt

$k$  - Koeffizient für Splitten

$k_i \in [0; 1]$   $k_i = 0$ , Splitten

$0 < k_i \leq 1$ , Teil Splitten

$k_i = 1$ , keinen Splitten

$$DLZ_i = BZ_i + TZ_i + EZ_i + MZ_i + TZ_i$$

Zielfunktion (ZF):

$$\sum_{i=1}^n k_i * DLZ_i \rightarrow \min$$

Nebenbedingungen (NB):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^x k_i * DLZ_i \leq t_1 \quad (I) \\ \sum_{i=1}^y k_i * DLZ_i \leq t_1 + t_2 \quad (II) \\ \sum_{i=1}^n k_i * DLZ_i \leq t_1 + t_2 + t_3 + TZ \quad (III) \\ \sum_{j=1}^3 t_j = T \\ k_i \in [0; 1]; \\ (i, j) \in \mathbb{N}; i = \{1, \dots, x, \dots, y, \dots, n\} \\ j = \{1, 2, 3\} \end{array} \right.$$

Rechnungsschritten:

1. Der Koeffizient für Splitten von I. NB wird durch 0 ersetzt bis die Summe der Durchlaufzeiten kleiner als oder gleich  $t_1$  wird.
2. Auf dem Balkendiagramm werden überlappte Aufträge miteinander und mit der Zeitachse parallel dargestellt.
3. Durch Parallelbelegung werden die Aufträge gruppiert. Die gesamt Summe von Durchlaufzeiten darf  $t_1$  nicht überschreiten werden. Es sei denn, dass neue Parallelbelegung entsteht.
4. Bei II. und III. NB werden die Rechnungsschritte von 1 bis 3 wiederholt bis für alle NB gleichzeitig ZF erfüllt sind.
5. Von dem Balkendiagramm wird die Mindestanzahl der LKWs festgestellt, da jede Parallelbelegung einem LKW Einsatz entspricht.

*Bemerkungen:*

- *Teilsplittungen bei TZ sind nur dann möglich, wenn allein die TZ pro Auftrag Zeitüberschreitungen verursacht.*
- *DLZ enthält Hin- und Rückfahrt des Einsatzfahrzeuges und muss bei der Erfüllung der NB berücksichtigt werden.*

b) Kapazitätsterminierung

Durch Auswertung der Durchlaufterminierung wird die Anzahl der Einsatzfahrzeuge im Grunde ermittelt. Bei einem weiteren Schritt ist durch Berücksichtigung der vorgegeben Kapazitäten festzustellen, welche Mindestanforderungen an den Transport gestellt werden. Dieses Ergebnis ermöglicht die Fokussierungen an kritischen Stellen, wo durch eine optimale Typisierungen von Fahrzeugeigenschaften Einspareffekte in der gesamten Durchlaufzeit erzielt werden können.

Ein komplettes BEP benötigt zwei Arten von Beförderungseigenschaften zum Transport. Ein Teil des jeweiligen BEP wird auf unterschiedlichen Paletten, mit den entsprechenden benötigten Ladeflächen transportiert und anderer Teil wird an dem Fahrzeug angeschlossen, sozusagen als benötigte Kuppelmöglichkeit.

### **4.3 Stützpunkt Rochlitz**

Der Stützpunkt Rochlitz ist zuständig für die Städte Rochlitz und Penig im Hochwasserereignisfall, um die mobilen BEP zu installieren.

#### Berechnung für die Stadt Rochlitz

a) Durchlaufterminierung

Problemstellung:

- gegeben sind 7 BEP und die dazugehörige 5 Notstromaggregate auf Anhänger
- innerhalb 11 h (netto) müssen alle BEP montiert werden
- ansatzgemäß kann 1 LKW kann pro Tour nur ein komplett BEP beschaffen und transportieren
- die Transportzeit beträgt einheitlich von Lagerhalle bis zu einzelner Einleitstelle 0,16h

Gesucht:

Anzahl der LKW zum Transport in der Stadt Rochlitz;

Bezeichnungen:

$$A_1 = \text{I R 06 04} \quad \text{DLZ}_1 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_2 = \text{I R 06 05} \quad \text{DLZ}_2 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_3 = \text{I R 06 03} \quad \text{DLZ}_3 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_4 = \text{I R 06 06} \quad \text{DLZ}_4 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_5 = \text{I R 06 11} \quad \text{DLZ}_5 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_6 = \text{I R 06 01} \quad \text{DLZ}_6 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_7 = \text{I R 06 10} \quad \text{DLZ}_7 = 1,17 \text{ h}$$

$$t_1 = 4,5 \text{ h}$$

$$t_2 = 3 \text{ h}$$

$$t_3 = 3,5 \text{ h}$$

$$k_i \in [0; 1] \quad k_i = 0, \text{ Splitten}$$

$$0 < k_i \leq 1, \text{ Teil Splitten}$$

$$k_i = 1, \text{ keine Splitten}$$

$$\text{DLZ}_i = \text{BZ}_i + \text{TZ}_i + \text{EZ}_i + \text{MZ}_i + \text{TZ}_i$$

$$\text{DLZ}_i = 0,25 \text{ h} + 0,16 \text{ h} + 0,35 \text{ h} + 0,25 \text{ h} + 0,16 \text{ h}$$

$$\text{DLZ}_i = 1,17 \text{ h}$$

Zielfunktion (ZF):

$$\sum_{i=1}^7 k_i * \text{DLZ}_i \rightarrow \min$$

Nebenbedingungen (NB):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^2 k_i * DLZ_i \leq 4,5 \quad (I) \\ \sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i \leq 7,5 \quad (II) \\ \sum_{i=1}^7 k_i * DLZ_i \leq 11 \quad (III) \\ \sum_{j=1}^3 t_j = 11 \\ k_i \in [0; 1]; \\ (i, j) \in \mathbb{N}; i = \{1, \dots, 7\} \\ j = \{1, 2, 3\} \end{array} \right.$$

Ohne Splittung ( $k_i = 1$ ):

$$\sum_{i=1}^7 k_i * DLZ_i = 8,19 h$$

ZF kann alle NB erfüllen, deshalb keine Splitten nötig.

Das Ergebnis:

**1 LKW für die Stadt Rochlitz**

b) Kapazitätsterminierung

Um die Transportierung der 7 BEP in Rochlitz zu gewährleisten, müsste 1 LKW mindestens 8 m<sup>2</sup> Ladefläche besitzen. Ein Ladekran muss auf dem LKW zum Entladen des installiert sein und auch technisch so ausgestattet sein, um ein Notstromaggregat auf Anhänger hinter sich zu führen.

Es wäre auch ein Alternativ, dass ein LKW mit Krannachläufer einzusetzen, wird statt Ladekran auf dem LKW.

Berechnung für die Stadt Penig

a) Durchlaufterminierung

Problemstellung:

- gegeben sind 5 BEP und die dazugehörige 6 Notstromaggregate auf Anhänger
- innerhalb 6 h (netto) müssen alle BEP montiert werden
- ansatzgemäß 1 kann LKW pro Tour nur ein komplett BEP beschaffen und transportieren
- die Transportzeit beträgt einheitlich von Lagerhalle bis zu einzelner Einleitstelle 0,6 h

Gesucht:

Anzahl der Lastkraftwagen zum Transport in der Stadt Penig;

Bezeichnungen:

$$A_1 = \text{I R 18 05} \quad \text{DLZ}_1 = 2,05 \text{ h}$$

$$A_2 = \text{I R 18 02} \quad \text{DLZ}_2 = 2,05 \text{ h}$$

$$A_3 = \text{I R 18 04} \quad \text{DLZ}_3 = 2,05 \text{ h}$$

$$A_4 = \text{I R 18 06} \quad \text{DLZ}_4 = 2,05 \text{ h}$$

$$A_5 = \text{I R 18 01} \quad \text{DLZ}_5 = 2,05 \text{ h}$$

$$t_1 = 3,0 \text{ h}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ h}$$

$$t_3 = 1,5 \text{ h}$$

$$k_i \in [0; 1] \quad k_i = 0, \text{ Splitten}$$

$$0 < k_i \leq 1, \text{ Teil Splitten}$$

$$k_i = 1, \text{ keine Splitten}$$

$$DLZ_i = BZ_i + TZ_i + EZ_i + MZ_i + TZ_i$$

$$DLZ_i = 0,25 \text{ h} + 0,6 \text{ h} + 0,35 \text{ h} + 0,25 \text{ h} + 0,6 \text{ h}$$

$$DLZ_i = 2,05 \text{ h}$$

Zielfunktion (ZF):

$$\sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i \rightarrow \min$$

Nebenbedingungen (NB):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^2 k_i * DLZ_i \leq 3 \quad (I) \\ \sum_{i=1}^4 k_i * DLZ_i \leq 4,5 \quad (II) \\ \sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i \leq 6 \quad (III) \\ \sum_{j=1}^3 t_j = 6 \\ k_i \in [0; 1]; \\ (i, j) \in \mathbb{N}; i = \{1, \dots, 5\} \\ j = \{1, 2, 3\} \end{array} \right.$$

Ohne Splittung ( $k_i = 1$ ):

Es muss einmal zusätzlich Tour stattfinden, um 6. Notstromaggregat zu beschaffen.

$$\sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i + 2 * TZ = 11,45 \text{ h}$$

ZF widerspricht II. und III. NB außer I.NB, deshalb müssen die Aufträge gesplittet werden.

I. NB:  $k_1 = 1$

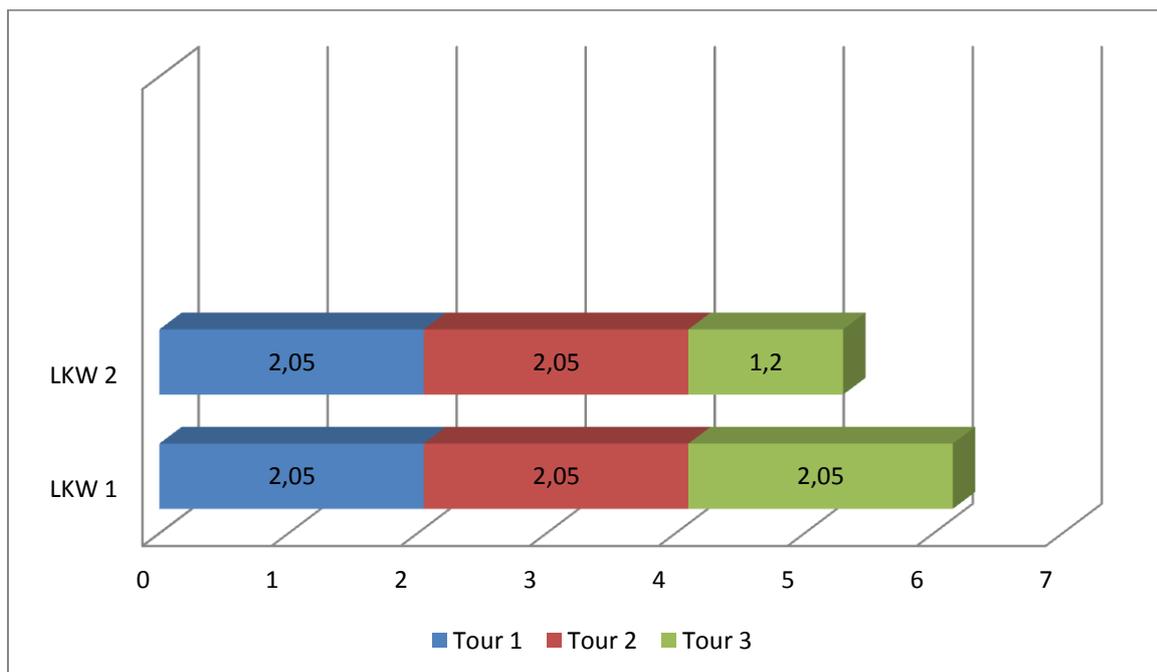
II. NB:  $k_2 = 1, k_3 = 0, k_4 = 0$

III. NB:  $k_5 = 1$

$$\sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i = 6,15 h$$

ZF kann mit Splitten alle NB erfüllen.

Abbildung Nr. 2: Splitten der Aufträge auf der Zeitachse, Stadt Penig



Beim Splitten besteht die Möglichkeit, dass eine Extrafahrt wegen dem zusätzlichen Notstromaggregat parallel ohne Einfluss auf die gesamte DLZ durchzuführen ist oder ein großes Notstromaggregat angeschafft wird.

Ergebnis:

**2 LKW für die Stadt Penig**

b) Kapazitätsterminierung

Um die Transportierung der 5 BEP in Penig zu gewährleisten, müssten 2 LKWs insgesamt netto  $34,55 \text{ m}^2$  Ladeflächenbedarf durch Mehrfachfahrten absichern. Um die zeitliche und technologische NB einzuhalten, muss ein LKW von den 2 LKWs mindestens  $13,75 \text{ m}^2$  an Ladefläche besitzen. Ein Ladekran muss auf diesem LKW zum Entladen des BEP installiert sein oder einen Krannachläufer hinter sich führen. In dem zweiten Fall muss das andere Fahrzeug technisch so ausgestattet sein, um 2 Notstromaggregate jeweils auf einen Anhänger gleichzeitig hinter sich zu führen. Sozusagen wäre das zweite Fahrzeug ein Zugfahrzeug mit oder ohne zulässige Hilfsladefläche.

#### **4.4 Stützpunkt Frankenberg**

Der Stützpunkt Frankenberg ist zuständig für die Städte Frankenberg und Flöha, um Hochwasserereignisfall der mobilen Binnenentwässerungspumpwerke zu transportieren und zu installieren.

##### Berechnung für die Stadt Frankenberg

a) Durchlaufterminierung

Problemstellung:

- gegeben sind 3 BEP und die dazugehörige 3 Notstromaggregate auf Anhänger
- innerhalb 5,5 h (netto) müssen alle BEP montiert werden
- Ansatzgemäß 1 kann LKW pro Tour nur ein komplett BEP beschaffen und transportieren
- die Transportzeit beträgt einheitlich von Lagerhalle bis zu einzelner Einleitstelle 0,16h

Gesucht:

Anzahl der LKW zum Transport in der Stadt Frankenberg;

Bezeichnungen:

$$A_1 = \text{IV F 20 03} \quad \text{DLZ}_1 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_2 = \text{IV F 20 02} \quad \text{DLZ}_2 = 1,17 \text{ h}$$

$$A_3 = \text{IV F 20 01} \quad \text{DLZ}_3 = 1,17 \text{ h}$$

$$t_1 = 3 \text{ h}$$

$$t_2 = 2,5 \text{ h}$$

$$k_i \in [0; 1] \quad k_i = 0, \text{ Splitten}$$

$$0 < k_i \leq 1, \text{ Teil Splitten}$$

$$k_i = 1, \text{ keine Splitten}$$

$$\text{DLZ}_i = \text{BZ}_i + \text{TZ}_i + \text{EZ}_i + \text{MZ}_i + \text{TZ}_i$$

$$\text{DLZ}_i = 0,25 \text{ h} + 0,16 \text{ h} + 0,35 \text{ h} + 0,25 \text{ h} + 0,16 \text{ h}$$

$$\text{DLZ}_i = 1,17 \text{ h}$$

Zielfunktion (ZF):

$$\sum_{i=1}^3 k_i * \text{DLZ}_i \rightarrow \min$$

Nebenbedingungen (NB):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^2 k_i * DLZ_i \leq 3 \quad (I) \\ \sum_{i=1}^3 k_i * DLZ_i \leq 5,5 \quad (II) \\ \sum_{j=1}^3 t_j = 5,5 \\ k_i \in [0; 1]; \\ (i, j) \in \mathbb{N}; i = \{1,2,3\} \\ j = \{1,2\} \end{array} \right.$$

Ohne Splittung ( $k_i = 1$ ):

$$\sum_{i=1}^3 k_i * DLZ_i = 3,51 h$$

ZF kann alle NB erfüllen, deshalb keine Splitten nötig.

Das Ergebnis:

**1 LKW für die Stadt Frankenberg**

b) Kapazitätsterminierung

Um die Transportierung der 3 BEP in Frankenberg zu gewährleisten, müsste 1 LKW mindestens 7 m<sup>2</sup> Ladefläche besitzen. Ein Ladekran muss auf dem LKW zum Entladen installiert sein und auch technisch so ausgestattet, um einen Notstromaggregat auf Anhänger pro Tour hinter sich zu führen.

Es wäre auch ein Alternativ, dass ein LKW mit Krannachläufer eingesetzt wird statt eine Ladekran auf dem LKW.

Berechnung für die Stadt Flöha

a) Durchlaufterminierung

Problemstellung:

- gegeben sind 6 BEP und die dazugehörige 6 Notstromaggregate auf Anhänger
- Innerhalb 4,5 h (netto) müssen alle BEP montiert werden
- ansatzgemäß kann 1 LKW pro Tour nur ein komplett BEP beschaffen und transportieren
- die Transportzeit beträgt einheitlich von Lagerhalle bis zu einzelner Einleitstelle 0,4 h

Gesucht:

Anzahl der LKW zum Transport in der Stadt Flöha;

Bezeichnungen:

$A_1 = \text{IV F 23 09}$                        $DLZ_1 = 1,65 \text{ h}$

$A_2 = \text{IV F 23 03}$                        $DLZ_2 = 1,65 \text{ h}$

$A_3 = \text{IV F 23 01}$                        $DLZ_3 = 1,65 \text{ h}$

$A_4 = \text{IV F 23 05}$                        $DLZ_4 = 1,65 \text{ h}$

$A_5 = \text{IV F 23 02}$                        $DLZ_5 = 1,65 \text{ h}$

$A_6 = \text{IV F 23 04}$                        $DLZ_6 = 1,65 \text{ h}$

$t_1 = 3 \text{ h}$

$t_2 = 0,5 \text{ h}$

$t_3 = 1 \text{ h}$

$$k_i \in [0; 1] \quad k_i = 0, \text{ Splitten}$$

$$0 < k_i \leq 1, \text{ Teil Splitten}$$

$$k_i = 1, \text{ keine Splitten}$$

$$DLZ_i = BZ_i + TZ_i + EZ_i + MZ_i + TZ_i$$

$$DLZ_i = 0,25 \text{ h} + 0,4 \text{ h} + 0,35 \text{ h} + 0,25 \text{ h} + 0,4 \text{ h}$$

$$DLZ_i = 1,65 \text{ h}$$

Zielfunktion (ZF):

$$\sum_{i=1}^6 k_i * DLZ_i \rightarrow \min$$

Nebenbedingungen (NB):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^2 k_i * DLZ_i \leq 4 \quad (I) \\ \sum_{i=1}^4 k_i * DLZ_i \leq 4,5 \quad (II) \\ \sum_{i=1}^6 k_i * DLZ_i \leq 5,5 \quad (III) \\ \sum_{j=1}^6 t_j = 5,5 \\ k_i \in [0; 1]; \\ (i, j) \in \mathbb{N}; i = \{1, \dots, 6\} \\ j = \{1, 2, 3\} \end{array} \right.$$

Ohne Splittung ( $k_i = 1$ ):

$$\sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i = 9,9 \text{ Std}$$

ZF widerspricht II. und III. NB außer I.NB, deshalb müssen die Aufträge splittet werden.

I. NB:  $k_1 = 1$

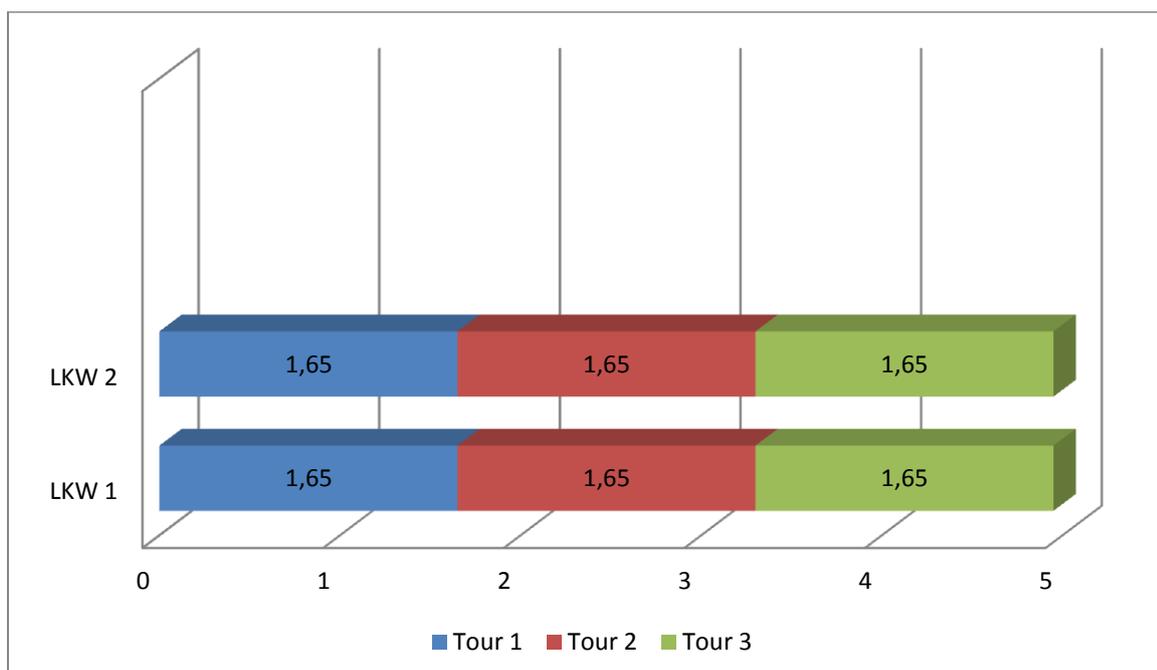
II. NB:  $k_2 = 1, k_3 = 0, k_4 = 0$

III. NB:  $k_5 = 0, k_6 = 1$

$$\sum_{i=1}^5 k_i * DLZ_i = 4,95 \text{ h}$$

ZF kann mit Splittungen alle NB erfüllen.

Abbildung Nr. 3: Splitten der Aufträge auf der Zeitachse, Stadt Flöha



Ergebnis:

**2 LKW für die Stadt Flöha**

b) Kapazitätsterminierung

Um die Transportierung der 5 BEP in Flöha zu gewährleisten, müssten 2 LKW insgesamt netto  $23,05 \text{ m}^2$  Ladeflächenbedarf durch Mehrfachfahrten abdecken und jeder LKW muss mindestens  $7 \text{ m}^2$  Ladefläche besitzen. Ein Ladekran muss auf diesem LKW Entladen des BEP installiert und technisch so ausgestattet sein, um einen Notstromaggregat auf Anhänger pro Tour hinter sich zu führen.

Es wäre auch eine Alternative, wenn ein LKW von den 2 LKWs mindestens  $13,75 \text{ m}^2$  an Ladefläche besitzt. Ein Ladekran muss auf diesem LKW zum Entladen des BEP installiert sein oder einen Krannachläufer hinter sich führen. In diesem Fall muss das andere Fahrzeug technisch so ausgestattet sein, um 2 Notstromaggregate jeweils auf einen Anhänger gleichzeitig hinter sich zu führen. Sozusagen wäre das zweite Fahrzeug ein Zugfahrzeug mit oder ohne zulässige Hilfsladefläche.

## 5. Ergebnisbetrachtung

Die Durchlauf- und Kapazitätsterminierungen dienen zur weiteren Planung des mobilen Binnenentwässerungskonzepts als Entscheidungsgrundlage.

### 5.1 Bedarfsplanungen für Einsatzpersonen und deren Aufgabenverteilung

Der ZWA leitet vorausgeplante Hochwasserabwehrhandlungen unter Nutzung aller vorhandenen Technologien zur Informationsgewinnung in den Zeiten der Hochwassergefährdung ab.

Nach Ausrufung der Hochwasserwarnstufe informiert der Einsatzleiter das einsatzfähige Personal und aktiviert die Arbeitseinteilung in den 4 Städten (lt. Bereitschaftsplan).

*Tabelle Nr. 14: Festlegung Verantwortliche und Beteiligte des ZWA*

	Einsatzbeteiligte der mobilen Binnenentwässerung		
	Einsatzleiter ist gleich Bereitschaftsdiensthabender Chef des ZWA	Lagerarbeiter	Team*
Anzahl	1	2	6 (je Stützpunkt 3 Teams)
Aufgaben	Planung, Steuerung, Durchführung und Überwachung während des Einsatzes	Bereitstellung, Beladung und Betankung in der Lagerhalle beim jeweiligen Stützpunkt	Transport und Entladung von mobilen Pumpen, Rohleitungen, Notstromaggregaten zwischen Lagerhalle und Einleitstelle ZWA, Abschieberung und Montage von BEP

\* - Ein Team besteht aus 2 qualifizierten Mitarbeitern des ZWA (lt. Bereitschaftsplan)

## 5.2 Darstellung einer Vorzugsvariante des Konzeptes

Gegeben:

Stützpunkt Rochlitz (R)

1. 1 LKW mit 13,75 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team R1)
2. 1 Zugmaschine mit oder ohne Hilfsladefläche (Team R2)
3. 1 LKW mit 8 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team R3)

Stützpunkt Frankenberg (F)

Alternative A:

1. 1 LKW mit 8 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team F1)
2. 1 LKW mit 8 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team F2)
3. 1 LKW mit 8 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team F3)

Alternative B:

1. 1 LKW mit 8 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team F1)
2. 1 LKW mit 13,75 m<sup>2</sup> Ladefläche + 1 Nachläuferkran (Team F2)
3. 1 Zugmaschine mit oder ohne Hilfsladefläche (Team F3)

Gesucht:

frühestmöglicher Zeitpunkt der Einsatzbereitschaft (FZE) des  $BEP_i = ?$

$$FZE \text{ des } BEP_i = \max\{A_i^* E; A_i^{**} E\}$$

Ergebnis:

*(siehe Tabelle Nr. 15)*



## 6. Ausblick

Die weitere Entwicklung des Einsatzes der mobilen Binnenentwässerungssysteme hängt von folgenden Einflussfaktoren ab.

- Veränderte Bewirtschaftung der Talsperre
- Neubau von Hochwasserrückhaltanlagen
- Klimaänderung (Regenspende ↑)
- Große Bebauungsverdichtung mit Schaffung befestigte Oberfläche
- Veränderung der Flächennutzung (z.B.: Aufforstung, Landwirtschaft - Grünland zu Ackerland)
- Energieprojekte

↳ **Haupteinflussfaktor bleibt der Mensch!**

Auf Grund der Bereitstellung von Einsatzfahrzeugen des ZWA ist der gesamte logistische Prozess der mobilen Binnenentwässerungssysteme im Hochwasserereignisfall realisierbar. Deshalb spielt die Fahrzeugeigenschaft eine große Rolle, davon hängen weitere vorstellbare Konsequenzen, die noch nicht untersucht wurden, ab. Andererseits handelt es sich um einen Katastropheneinsatz, der höchste Priorität hat.

Es wurde durch die Durchlauf- und Kapazitätsterminierung festgestellt, dass die Fahrzeugauswahl vielfältig sein kann. Allein der Versuch zu kürzesten Durchlaufzeiten pro Einsatz stellt große Herausforderungen an die Fahrzeugtypisierungen. Deshalb sollten die Einsatzfahrzeuge möglichst so technisch ausgestattet sein, dass diese Einsatzfahrzeuge aus Sicherheitsgründen (externe Störungen während des Einsatzes, technische Ausfall etc.) durch andere standardisierte LKWs des Fuhrparks des ZWA ersetzbar sind, um logistische Leistungen an der mobilen Binnenentwässerung gewährleisten zu können.

Dies ermöglicht eine Bevorzugung bei der Anschaffung des Krannachläufers statt sonderfertigte LKWs mit Ladekran.

Dadurch sind nicht nur Sach- und Zeitziele, sondern auch eine Wirtschaftlichkeit des „Konzeptes der Binnenentwässerung“ erreichbar.

## **IV. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung Nr. 1: Einfluss der Ablaufplanung auf die Durchlaufzeit (REFA-Schema).....	23
Abbildung Nr. 2: Splitten der Aufträge auf der Zeitachse, Stadt Penig.....	48
Abbildung Nr. 3: Splitten der Aufträge auf der Zeitachse, Stadt Flöha.....	54

## **V. Tabellenverzeichnis**

Tabelle Nr. 1: HQ Werten der BEP in der Stadt Rochlitz.....	26
Tabelle Nr. 2: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Rochlitz.....	27
Tabelle Nr. 3: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Rochlitz.....	28
Tabelle Nr. 4: HQ Werten der BEP in der Stadt Penig.....	29
Tabelle Nr. 5: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Penig.....	29
Tabelle Nr. 6: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Penig.....	30
Tabelle Nr. 7: HQ Werten der BEP in der Stadt Frankenberg.....	31
Tabelle Nr. 8: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Frankenberg.....	31
Tabelle Nr. 9: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Frankenberg.....	32
Tabelle Nr. 10: HQ Werten der BEP in der Stadt Flöha.....	33
Tabelle Nr. 11: Technische Daten der mobilen BEP in der Stadt Flöha.....	33
Tabelle Nr. 12: Zeitfenster im Hochwasserereignisfall, Stadt Flöha.....	34
Tabelle Nr. 13: Die Zeitberechnung, Stützpunkt Rochlitz.....	38
Tabelle Nr. 14: Festlegung Verantwortliche und Beteiligte des ZWA.....	56
Tabelle Nr. 15: Darstellung einer Vorzugsvariante des Konzeptes .....	58

## **VI. Literaturverzeichnis**

Christof Schulte: Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain, Verlag Franz Vahlen, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, München 2009

Dieter Fügner: Hochwasserkatastrophen in Sachsen, Tauchaer Verlag, I Auflage, Leipzig 1995

Hans-Christian Pfohl: Logistiksysteme, Springer Verlag, 7., korrigierte und aktualisierte Auflage, Berlin Heidelberg 2004

Hans-Christian Pfohl: Logistikmanagement, Springer Verlag, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin Heidelberg New York 2004

Harald Gleißner; Christian Femerling: Logistik, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH, 1. Auflage, Wiesbaden 2008

H. J. Müller: Splitting und Überlappung, in: FB/IE, 1980

Helmut Wannenwetsch: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik, Springer-Verlag, 3., aktualisierte Auflage, Berlin Heidelberg 2007

Joachim Käschel; Tobias Teich: Produktionswirtschaft – Band 1, Verlag der GUC, Lehrbuchreihe 7, Chemnitz 2004

Jochen Schwarze, Projektmanagement mit Netzplan, Verlag Neue Wirtschaftsbriefe, 9., überarbeitete Auflage, Herne/ Berlin 2006

P. A. Steinbuch; K. Olfert: Fertigungswirtschaft, Ludwigshafen 1978

Reinhardt Jünemann: Materialfluss und Logistik – Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen, Springer Verlag, 1989

Reinhard Köther: Taschenbuch der Logistik, Fachbuchverlag Carl Hanser Verlag, 2., aktualisierte Auflage, München Wien 2006

Richard Vahrenkamp | Dirk C. Mattfeld: Logistiknetzwerke, Gabler Verlag, 1. Auflage, Wiesbaden 2007

Timm Gudehus: Logistik, Springer-Verlag, 3., neu bearbeitete Auflage, Berlin Heidelberg 2005

Prof. Dr. Gunnar Köbernik: „Logistik“ Vorlesungsskript, Hochschule Mittweida, WS 2011/12

Prof. Dr. Gunnar Köbernik: „Beschaffungslogistik“ Vorlesungsskript, Hochschule Mittweida, WS 2011/12

Prof. Dr. Gunnar Köbernik: „Produktionslogistik“ Vorlesungsskript, Hochschule Mittweida, WS 2011/12

Prof. Dr. Gunnar Köbernik: „Transportlogistik“ Vorlesungsskript, Hochschule Mittweida, WS 2011/12

Uwe Müller: Hochwasserrisikomanagement, Vieweg + Teubner Verlag von Springer Fachmedien GmbH, I Auflage Wiesbaden 2010

U. Weingarten: Ressourceneinsatzplanung bei Werkstattproduktion, Physica Verlag, Heidelberg 1995

DWA- Regelwerk: Merkblatt DWA-M 103, Dezember 2006

DWA- Regelwerk: Merkblatt DWA-M 551, Dezember 2010

Hochwassermeldeordnung – VwV HWMO, 1. August 2008

Anlage 1: Zustellungsplan für Hochwassernachrichten, Landeshochwasserzentrum Sachsen

Internetquellen:

[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de) (11.10.2011)

[www.rochlitz.de](http://www.rochlitz.de) (08.11.2011)

[www.penig.de](http://www.penig.de) (08.11.2011)

[www.frankenberg-sachsen.de](http://www.frankenberg-sachsen.de) (08.11.2011)

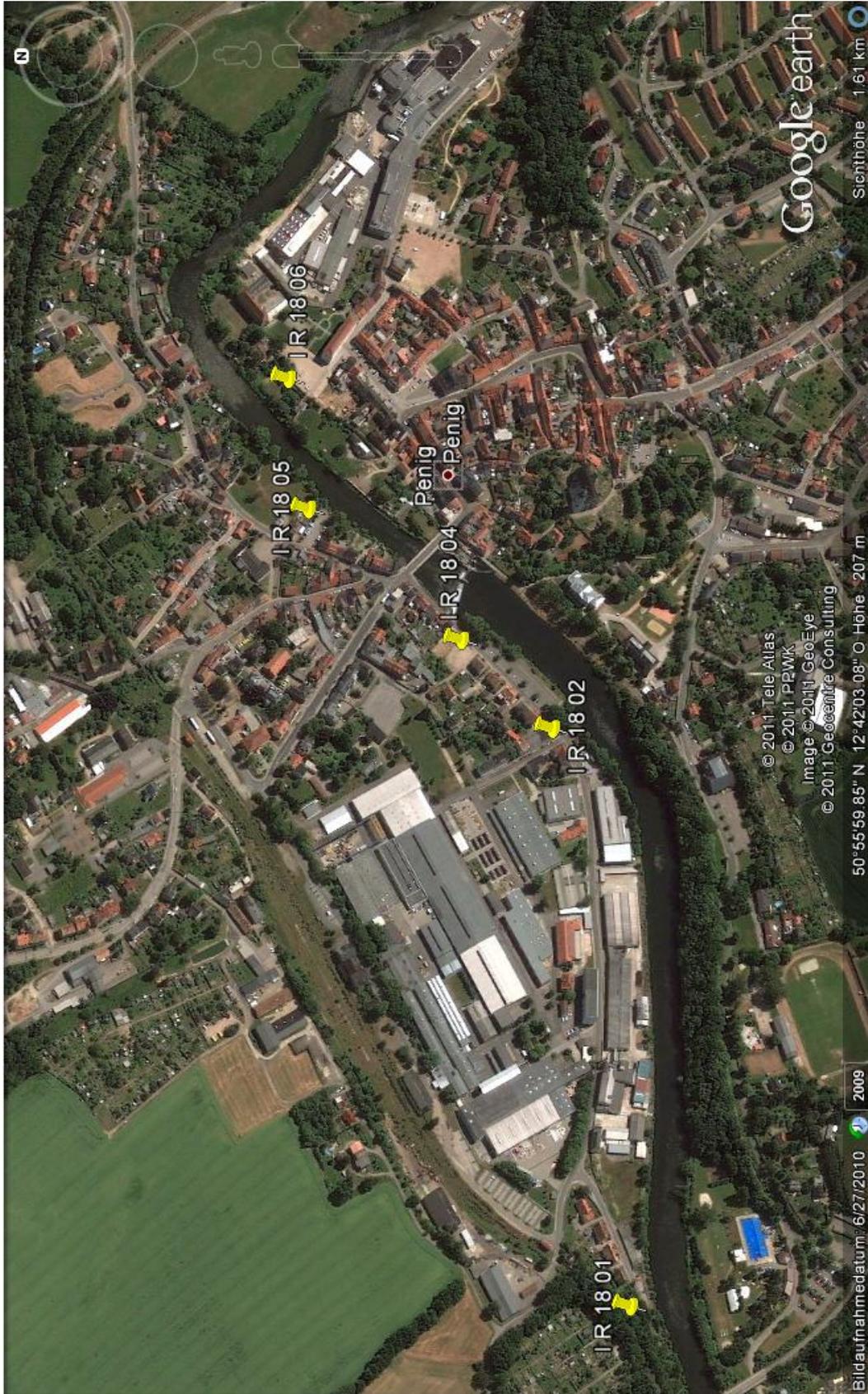
[www.floeha.de](http://www.floeha.de) (08.11.2011)

## VI. Anhang

### Anhang 1: Positionierung der BEP in der Stadt Rochlitz



Anhang 2: Positionierung der BEP in der Stadt Penig



### Anhang 3: Positionierung der BEP in der Stadt Frankenberg



#### Anhang 4: Positionierung der BEP in der Stadt Flöha



Anhang 5: Codierungsschema der BEP

