

DIPLOMARBEIT Master Thesis

Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen auf Baustellen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs/ einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger

und als verantwortlich mitwirkender Assistent

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Christoph Winkler

234

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Antonia Simova

1029213

Al. Konstantinov Str. Nr.9
6500 Svilengrad

Svilengrad, am 13. Oktober 2016

.....
Antonia Simova

Danksagung

Vor dem Abschluss meines Studiums möchte ich allen danken, die mir während des Studiums und bei der Bearbeitung meiner Diplomarbeit geholfen und mich unterstützt haben.

Danke an Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl für die Möglichkeit meine Diplomarbeit am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement zu verfassen. Danke auch an Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger für die Hilfe bei der Fertigstellung dieser Diplomarbeit und für die schnelle Beurteilung.

Danke an Univ.Ass. Dipl.-Ing. Christoph Winkler für die Hilfe bei der Bearbeitung dieser Diplomarbeit. Er hatte mir immer wertvolle Ratschläge gegeben und er hatte mir mit den Kontakten mit den Österreichischen Bauunternehmen geholfen, so dass die Besuche der Baustellen in Österreich sehr erfolgreich waren.

Ein weiteres großes Dankeschön geht an die Unternehmen HABAU, Gebr. HAIDER; PORR Bau, KOLLER ERDBAU und Moni 07 und alle ihrer Mitarbeiter, mit denen ich gesprochen habe, für Ihre Geduld, alle meine Fragen zu beantworten und für die bereitgestellten Informationen. Ohne sie wäre diese Diplomarbeit nicht möglich gewesen.

Ein Danke geht auch an meinen Kollegen und guten Freund Gerald Gruber für die Hilfe mit der deutschen Grammatik und dem Ausdruck.

Und nicht zuletzt möchte ich meiner Familie, meinen Freunden und Studienkollegen danken, die mir immer helfend zur Seite standen und mich in allen Lebenslagen unterstützt haben.

VIELEN DANK.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen auf Baustellen, als ein Teil der Baulogistik. Das Interesse der Bauwirtschaft an der Baulogistik ist in letzter Zeit wesentlich gestiegen. Die Hauptursache dafür ist das Faktum, dass die Baulogistik Möglichkeiten für die Optimierung von Logistikprozessen und eine Kostenersparnis bietet.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die derzeitige Situation im Bereich der Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen auf Baustellen und analysiert die Struktur der eingesetzten Logistiksysteme auf Baustellen. Bei der Bearbeitung dieser Arbeit wurden Untersuchungen hinsichtlich der derzeitigen Umsetzung von Logistiksystemen betreffend der Betriebsstoffe auf Baustellen verschiedener Größe und Randbedingungen durchgeführt. Die gewählten Baustellen sind meistens Linienbaustellen mit intensiven Erdbauarbeiten, wo die Anzahl der Großbaumaschinen 15 Maschinen nicht unterschreitet. Die Angaben über die Logistiksysteme wurden in Gesprächen mit Bauleitern, Polieren und anderen verantwortlichen Personen gesammelt. Auf dieser Grundlage wurde die Struktur der Logistiksysteme beschrieben und analysiert.

Diese Arbeit zeigt, dass sich einige Strukturtypen von Betankungs- und Wartungssystemen als die Effektivsten und die Kostengünstigsten im Baubetrieb durchgesetzt haben. Das Streben nach Kostensenkung und Erhöhung der Effizienz von Betankung und Wartung resultiert in einer erheblichen Umstrukturierung von Bauunternehmen und einem Masseneinsatz von Außendienstleistern. Im Bereich der Logistik der Betriebsstoffe auf Baustellen gibt es noch ein großes Optimierungspotenzial, besonders in Bezug auf Datensammlung, Koordination und Logistikplanung.

Abstract

The subject of this master thesis is the logistics of supplies for construction machinery on construction sites, as part of construction logistics. The interest of the entire sector in the construction logistics has vastly increased recently. The main reason for this is the fact that the construction logistics offers possibilities for optimization of logistics processes and cost decrease.

The present thesis describes the current situation in the field of logistics of supplies within construction sites and analyses the texture of the logistics systems on construction sites. During the development of this thesis researches was carried out in order to establish the implementation of the current logistics systems concerning the operating supplies on construction sites with different size and conditions. The chosen construction sites are mainly linear sites with intensive earth works, where the number of big construction machines does not fall below 15. The information about the logistics systems are collected in interviews with project managers, site managers and other responsible persons. On this basis, the structure of logistics systems was described and analysed.

This thesis shows that some structure types of refueling and maintenance systems have established as the most efficient and cost saving in construction. The striving to reduce costs and increase the efficiency of refuelling and maintenance results in significant restructuring of construction companies and mass use of service providers. In the logistics of supplies on construction sites there is still a large potential for optimization especially on data collection, coordination and logistics planning.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 | ZIELSETZUNG UND METHODIK | 1 |
| 1.2 | AUFBAU UND UMFANG DER ARBEIT | 2 |
| 2 | GRUNDLAGEN DER BAUMASCHINEN | 3 |
| 2.1 | ALLGEMEINES | 3 |
| 2.2 | ARTEN VON BAUMASCHINEN | 3 |
| 2.3 | ANTRIEBSKONZEPTE | 7 |
| 2.3.1 | <i>Konventionelle Antriebe</i> | <i>7</i> |
| 2.3.1.1 | <i>Dieselmotor</i> | <i>7</i> |
| 2.3.1.2 | <i>Benzinmotor (Ottomotor)</i> | <i>8</i> |
| 2.3.1.3 | <i>Elektromotor</i> | <i>8</i> |
| 2.3.1.4 | <i>Hydrauliksystem</i> | <i>9</i> |
| 2.3.2 | <i>Alternative Antriebe</i> | <i>9</i> |
| 2.3.2.1 | <i>Hybridtechnologie</i> | <i>10</i> |
| 2.4 | BETRIEB UND WARTUNG VON BAUMASCHINEN | 12 |
| 2.4.1 | <i>Baumaschinenmanagement</i> | <i>12</i> |
| 2.4.2 | <i>Instandhaltung von Baumaschinen</i> | <i>13</i> |
| 2.4.2.1 | <i>Instandhaltung</i> | <i>13</i> |
| 2.4.2.2 | <i>Häufige Schäden</i> | <i>14</i> |
| 2.4.2.3 | <i>Wartungskonzepte</i> | <i>15</i> |
| 2.4.3 | <i>Telematiksysteme</i> | <i>17</i> |
| 3 | ARTEN VON BETRIEBSSTOFFEN | 19 |
| 3.1 | BEGRIFFSBESTIMMUNG | 19 |
| 3.2 | KRAFTSTOFFE | 19 |
| 3.2.1 | <i>Konventionelle Kraftstoffe</i> | <i>19</i> |
| 3.2.1.1 | <i>Dieselmotor (DK)</i> | <i>20</i> |
| 3.2.1.2 | <i>Benzin (Ottomotor)</i> | <i>21</i> |
| 3.2.1.3 | <i>Strom</i> | <i>22</i> |
| 3.2.2 | <i>Alternative Kraftstoffe</i> | <i>23</i> |
| 3.2.2.1 | <i>Biodiesel (Fettsäure-Methylester)</i> | <i>24</i> |
| 3.2.2.2 | <i>Ethanol</i> | <i>26</i> |
| 3.2.2.3 | <i>Erdgas</i> | <i>27</i> |
| 3.2.2.4 | <i>Weitere alternative Kraftstoffe</i> | <i>28</i> |
| 3.2.3 | <i>Umwelteinfluss von Kraftstoffen und Abgasnachbehandlung</i> | <i>28</i> |
| 3.2.3.1 | <i>Abgasemissionen</i> | <i>28</i> |
| 3.2.3.2 | <i>Abgasnachbehandlung</i> | <i>31</i> |
| 3.3 | SCHMIERSTOFFE | 32 |
| 3.3.1 | <i>Hydrauliköle</i> | <i>33</i> |
| 3.3.2 | <i>Motoröle</i> | <i>35</i> |
| 3.3.3 | <i>Weitere Schmierstoffe</i> | <i>36</i> |
| 3.3.4 | <i>Umwelteinfluss von Schmierstoffen</i> | <i>37</i> |
| 3.4 | KÜHLMITTEL | 38 |
| 3.5 | VORSCHRIFTEN UND REGELUNGEN IM BEREICH DER BETRIEBSSTOFFE | 39 |
| 3.5.1 | <i>Internationale und EU Regelungen</i> | <i>39</i> |
| 3.5.1.1 | <i>Qualitätsanforderung und Emissionsbegrenzung</i> | <i>39</i> |
| 3.5.1.2 | <i>Anforderungen an den Transport</i> | <i>40</i> |
| 3.5.2 | <i>Vorschriften für den Umgang mit Betriebsstoffen von Baumaschinen (Österreich)</i> | <i>41</i> |
| 3.5.2.1 | <i>Umweltschutz</i> | <i>41</i> |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.5.2.2 | Lagerung..... | 41 |
| 3.5.2.3 | Anforderungen an Betriebstankstellen..... | 43 |
| 3.5.2.4 | Transport von Kraftstoffen..... | 44 |
| 4 | LOGISTIK DER BETRIEBSSTOFFE AUF BAUSTELLEN | 46 |
| 4.1 | LOGISTIK..... | 46 |
| 4.1.1 | Begriffsbestimmung..... | 46 |
| 4.1.2 | Logistiksysteme..... | 47 |
| 4.1.3 | Unternehmenslogistik..... | 48 |
| 4.2 | BAULOGISTIK | 49 |
| 4.2.1 | Versorgungslogistik (Beschaffungslogistik)..... | 50 |
| 4.2.2 | Baustellenlogistik (Produktionslogistik)..... | 51 |
| 4.2.3 | Entsorgungslogistik..... | 52 |
| 4.2.4 | Informationslogistik..... | 52 |
| 4.3 | BAULOGISTIKPLANUNG..... | 52 |
| 4.3.1 | Ausgangsdaten und Einflussfaktoren..... | 52 |
| 4.3.2 | Baulogistikkonzepte..... | 53 |
| 4.4 | BAUSTELLENLOGISTIK DER BETRIEBSSTOFFE..... | 56 |
| 4.4.1 | Logistik der Kraftstoffe..... | 56 |
| 4.4.1.1 | Betankung mit Kanistern und Fässern..... | 56 |
| 4.4.1.2 | Mobile Tankanlagen..... | 57 |
| 4.4.1.3 | Tankfahrzeuge | 58 |
| 4.4.1.4 | Stationäre Tankanlagen..... | 59 |
| 4.4.1.5 | Tankrhythmen | 61 |
| 4.4.1.6 | Personal..... | 62 |
| 4.4.1.7 | Betankungssysteme..... | 63 |
| 4.4.1.8 | Planung der Betankung | 66 |
| 4.4.2 | Logistik der Schmierstoffe..... | 67 |
| 4.4.2.1 | Maschinenmanagement | 67 |
| 4.4.2.2 | Werkstätten und Bauhöfe..... | 68 |
| 4.4.2.3 | Lagerung von Schmierstoffen auf der Baustelle | 68 |
| 4.4.2.4 | Transportmittel und Verpackungen..... | 69 |
| 4.4.2.5 | Mengen und Wartungsintervalle..... | 70 |
| 4.4.2.6 | Schmierstofflogistik..... | 70 |
| 4.4.2.7 | Personal..... | 74 |
| 4.4.2.8 | Planung der Schmierstofflogistik | 74 |
| 4.4.3 | Controlling..... | 75 |
| 4.5 | BEISPIELE AUS DER PRAXIS | 76 |
| 4.5.1 | Umbau Knoten Prater, Wien, Österreich..... | 77 |
| 4.5.1.1 | Projektdateien | 77 |
| 4.5.1.2 | Baustelleneinrichtung..... | 79 |
| 4.5.1.3 | Baugeräte | 79 |
| 4.5.1.4 | Logistik der Kraftstoffe | 80 |
| 4.5.1.5 | Logistik der Schmierstoffe | 82 |
| 4.5.1.6 | Zusammenfassung..... | 83 |
| 4.5.2 | Verlängerung U1, Wien, Österreich | 83 |
| 4.5.2.1 | Projektdateien | 83 |
| 4.5.2.2 | Baustelleneinrichtung..... | 85 |
| 4.5.2.3 | Baugeräte | 85 |
| 4.5.2.4 | Logistik der Kraftstoffe | 85 |
| 4.5.2.5 | Logistik der Schmierstoffe | 88 |
| 4.5.2.6 | Zusammenfassung..... | 89 |
| 4.5.3 | B40/B46 Umfahrung Mistelbach, Österreich..... | 89 |
| 4.5.3.1 | Projektdateien | 90 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.5.3.2 | Baustelleneinrichtung..... | 91 |
| 4.5.3.3 | Baugeräte | 92 |
| 4.5.3.4 | Logistik der Kraftstoffe | 94 |
| 4.5.3.5 | Logistik der Schmierstoffe | 95 |
| 4.5.4 | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad, Bulgarien (Erdbau – Fa „MONI 07“) | 98 |
| 4.5.4.1 | Projektdatei | 98 |
| 4.5.4.2 | Baustelleneinrichtung..... | 99 |
| 4.5.4.3 | Baugeräte | 100 |
| 4.5.4.4 | Logistik der Kraftstoffe | 100 |
| 4.5.4.5 | Logistik der Schmierstoffe | 102 |
| 4.5.5 | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad, Bulgarien (Oberbau – Fa „PORR“) | 103 |
| 4.5.5.1 | Projektdatei | 103 |
| 4.5.5.2 | Baustelleneinrichtung..... | 103 |
| 4.5.5.3 | Baugeräte | 105 |
| 4.5.5.4 | Logistik der Kraftstoffe | 107 |
| 4.5.5.5 | Logistik der Schmierstoffe | 109 |
| 4.6 | VERGLEICH DER BEISPIELE | 112 |
| 5 | FAZIT UND AUSBLICK..... | 115 |
| 5.1 | ERKENNTNISSE IM BEREICH DER BETANKUNGSLOGISTIK | 115 |
| 5.1.1 | Zentralbetankungssystem / separate Betankungssysteme | 115 |
| 5.1.2 | Externe Kraftstofflieferanten | 116 |
| 5.1.3 | Betankungsplanung | 116 |
| 5.1.3.1 | Planung in der Arbeitsvorbereitungsphase | 117 |
| 5.1.3.2 | Tägliche Betankungsplanung..... | 117 |
| 5.2 | ERKENNTNISSE IM BEREICH DER SCHMIERSTOFFLOGISTIK | 118 |
| 5.2.1 | Wartungskonzepte..... | 118 |
| 5.2.2 | Wartungs- und Schmierstofflogistikplanung..... | 119 |
| 5.3 | WEITERE ERKENNTNISSE..... | 119 |
| 5.4 | AUSBLICK..... | 120 |
| 5.4.1 | Neue Betriebsstoffe und Versorgungsmethoden | 120 |
| 5.4.2 | Telematiksysteme | 121 |
| 6 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 122 |
| 7 | TABELLENVERZEICHNIS..... | 126 |
| 8 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 128 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------|--|
| ADR | Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (Abkürzung ADR von Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route) |
| ARGE | Arbeitsgemeinschaft |
| B20 | Gemisch von Biodiesel (20%) und Diesel (80%) |
| BGBI | Bundesgesetzblatt |
| Bh | Betriebsstunde |
| BTL | Biomass to Liquid |
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | circa |
| CH | Kohlenwasserstoff |
| CNG | Compressed Natural Gas (komprimiertes Erdgas) |
| CO | Kohlenstoffmonoxid |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| CTL | Coal to Liquid |
| DK | Dieselmotortreibstoff |
| et al. | et alii (lat.) und andere |
| E85 | Gemisch von Ethanol (85%) und Benzin (15%) |
| ETBE | Ethyl Tertiary Butyl Ether |
| etc. | et cetera |
| EU | Europäische Union |
| FAME | Fettsäure Methylester – Biodiesel |
| GTL | Gas to Liquid |
| i.d.R. | in der Regel |
| IBC | Intermediate Bulk Container |
| idgF | in der gültigen Fassung |
| inkl. | inklusive |
| LKW | Lastkraftwagen |
| LNG | Liquefied Natural Gas (verflüssigtes Naturgas) |
| LPG | Liquefied Petroleum Gas (verflüssigtes Erdölgas) |
| NKW | Nutzfahrzeug |
| NO _x | Stickoxid |
| Nr. | Nummer |
| ÖBGL | Österreichische Baugeräteliste |
| PKW | Personenkraftwagen |
| PM | Feinstaubpartikel (Particulate Matter) |
| tm | Ton-Meter |
| u.a. | unter anderem |
| v.a. | vor allem |
| VbF | Verordnung über brennbare Flüssigkeiten |
| Vgl. | vergleiche |
| z.B. | zum Beispiel |
| zw. | zwischen |

1 Einleitung

Die konjunkturell schwierige Lage, in der sich die Baubranche in den letzten Jahren befindet, erhöht immer mehr die Anforderungen an die Bauunternehmen, Kosten zu senken. Als ein wirksames Instrument zur Erreichung dieses Ziels wird die Baulogistik in letzter Zeit intensiv diskutiert. Die effektive Bauablaufplanung und Baulogistik bringen Einsparungen bei Kosten und in der Bauzeit und somit auch Wettbewerbsvorteile.¹

In diesem Sinne könnte die gut geplante und effektive Logistik der Betriebsstoffe von Baugeräten auf Baustellen, die ein Teil der Baulogistik ist, zur wesentlichen Ersparnis von Betriebskosten beitragen. Grundsätzlich lassen sich die Kosten für Bereitstellung und Betrieb eines Baugerätes in folgende Gruppen unterteilen:

- Kosten der Gerätevorhaltung (Abschreibung, Verzinsung und Reparaturkosten)
- Kosten des Gerätebetriebs
 - Bedienungskosten
 - **Betriebsstoffkosten (Kraft- und Schmierstoffe)**
 - Wartungs- und Pflegekosten
- Kosten der Gerätebereitstellung (An- und Abtransport, Auf- und Abladen, Auf- und Abbau z. B. für Krane mit Autokraneinsatz)
- Allgemeine Gerätekosten (Lagerung auf dem Gerätehof, Geräteverwaltung, Versicherung)

Die Betriebsstoffkosten bilden einen großen Teil der Kosten des Gerätebetriebs. Bei den sogenannten „Leistungsgeräten“ werden die Gerätekosten in den Leistungspositionen kalkuliert. Auf diese Weise beeinflussen die Betriebsstoffkosten die Leistungspreise und die Wettbewerbsfähigkeit eines Bauunternehmens.² Die Optimierung der Logistik der Betriebsstoffe von Baugeräten als ein Teil der Baulogistik könnte zu einer Senkung der Kosten und zur Reduzierung der Bauzeit beitragen.

1.1 Zielsetzung und Methodik

Ziel dieser Diplomarbeit ist die derzeitige Situation im Bereich der Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen auf Baustellen zusammenzufassen und die Struktur der eingesetzten Logistiksysteme auf Baustellen zu analysieren. Zu diesem Zweck wurde eine Literatur- und Internetrecherche in Richtung Betriebsstoffe für Baumaschinen, Baustellenlogistik und Logistikplanung durchgeführt und weiters wurde eine Untersuchung der eingesetzten Logistiksysteme auf verschiedenen Baustellen von verschiedenen Bauunternehmen vorgenommen. Aufgrund der Beobachtungen und Erkenntnisse aus der Praxis, sowie anhand des aktuellen wissenschaftlichen-technischen Standes, werden Empfehlungen zur Verbesserung der derzeitigen Situation vorgeschlagen.

¹ Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, Vorwort

² Vgl. Berner (et al.): Grundlagen der Baubetriebslehre 1 – Baubetriebswirtschaft, 2007, S.148-149

Die gewählten Baustellen und Logistiksysteme für Betriebsstoffe sind meistens Linienbaustellen von verschiedener Größe mit umfangreichen Erdbauarbeiten, wobei die Anzahl der Großbaumaschinen 15 Maschinen nicht unterschreitet. Auf allen Baustellen wurde ein Logistiksystem für die Betriebsstoffe über die ganze Bauzeit eingesetzt. Die Angaben über die Logistiksysteme wurden in Gesprächen mit Bauleitern, Polieren und anderen verantwortlichen Personen gesammelt. Auf dieser Grundlage konnte eine Analyse der Logistiksysteme durchgeführt werden.

1.2 Aufbau und Umfang der Arbeit

In Kapitel 2 werden die Grundlagen von Baumaschinen behandelt. Hier werden neben den konventionellen Antriebskonzepten auch die typischen Arbeitssysteme sowie die Trends für alternative Antriebskonzepte erörtert. Der zweite Teil des Kapitels gibt einen Überblick über den Betrieb und die Wartung von Baumaschinen.

Kapitel 3 betrachtet die Arten von Betriebsstoffen, die im Baumaschinenbetrieb verwendet werden. Die Entwicklung und der Einsatz von alternativen und neuen Betriebsstoffen werden auch zu einem gewissen Grad behandelt. Beschrieben werden ihre Eigenschaften, Anwendungsmöglichkeiten und Umwelteinflüsse. Punkt 3.5 gibt einen Überblick über die Vorschriften im Bereich der Betriebsstoffe bezüglich der Qualitätssicherung, der Emissionsbegrenzung sowie des Umganges mit Betriebsstoffen.

In Kapitel 4 werden zuerst die Grundlagen der Logistik und besonders der Baulogistik behandelt. Die Logistik der Betriebsstoffe ist in zwei Bereiche unterteilt: Logistik der Kraftstoffe und Logistik der Schmierstoffe (inkl. sonstiger Betriebsstoffe). In dieser Arbeit wird die Logistik der Betriebsstoffe aus stationärer Sicht betrachtet, d.h. das Hauptthema dieser Arbeit ist die Struktur der logistischen Systeme. In diesem Kapitel sind auch fünf Beispiele aus der Praxis eingeschlossen. Einige Baustellen wurden besucht, um die Charakteristiken von reellen Logistiksystemen zu untersuchen und zu beschreiben. Punkt 4.6 gibt einen Vergleich über die besuchten Baustellen und die behandelten Logistiksysteme.

Abschließend werden unter Kapitel 5 die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und Empfehlungen zur Verbesserung vorgeschlagen. In diesem Kapitel sind die Trends und die Zukunftsaussichten im Bereich der Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen beschrieben.

2 Grundlagen der Baumaschinen

Bevor man die Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen betrachtet, muss man eine gute Übersicht über die Baugeräte, ihre Bauweise und Bestandteile, den Betrieb und die Wartungskonzepte haben. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Vielfalt der Baugeräte, erläutert die Antriebsarten und Arbeitssysteme und umfasst die neuen Trends in der Baumaschinenbranche. Die Grundlagen des Betriebes und der Wartung von Baumaschinen sind auch in diesem Kapitel dargestellt.

2.1 Allgemeines

Baumaschinen gehören genauso wie Landmaschinen, Kommunalmaschinen und Fördermaschinen zu den Off-roadmaschinen. Sie sind Maschinen mit Spezialfunktionen, die oft für die Ausführung einer konkreten Leistungsart produziert wurden und sehr große Lasten übernehmen müssen. Die Baumaschinen arbeiten unter sehr verschiedenen und oft erschwerten Bedingungen, welche die Konstruktion, den Antrieb und das Fahrwerk sehr stark belasten. Die Konstruktionsbesonderheiten der Baumaschinen sind desweiteren in diesem Kapitel erläutert.

Als erstes müssen die Grundbegriffe definiert werden. Die Begriffe „Maschinen“ und „Geräte“ werden in dieser Arbeit sehr oft verwendet. Sie sind auf den Baubereich bezogen und haben die folgende Bedeutung:

„Maschinen sind aus beweglichen Teilen zusammengesetzte Vorrichtungen, die das Ziel haben, Arbeit umzusetzen. Sie sind als eigenständige Einheit funktionsfähig. Geräte werden dagegen als Oberbegriff für alle möglichen Gegenstände verwendet, mit denen etwas bearbeitet oder bewirkt werden kann. Insofern kann der Begriff Gerät auch sinnverwandt mit Maschine verwendet werden.“³

Nach ÖN B 2061 gehören auch Gerüste, Baubaracken, Container, Schalungen etc. zu den Baugeräten.⁴ Gegenstand dieser Arbeit sind jedoch mobile Maschinen, die durch einen Motor und Kraftstoff betrieben werden. Um einen umfassenden Überblick zu geben, werden zu einem gewissen Grad stationäre Maschinen und Anlagen betrachtet.

2.2 Arten von Baumaschinen

Die sehr unterschiedlichen Bauabläufe und Arbeitsbedingungen stellen viele Erfordernisse an Baugeräten. Dies führt zu zahlreichen und unterschiedlichen Arten von Baugeräten. Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht werden sie so konstruiert, dass sie normalerweise eine oder mehrere Tätigkeiten ausführen können. Deswegen hat jeder Baubereich wie z.B. Erdbau, Straßenbau usw. spezialisierte Baugeräte.

Die zum Beispiel für den Erdbaubereich typischen Operationen werden in der Regel von den folgenden Baumaschinen ausgeführt.

³ Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb - Grundlagen und Anwendung, 2008, S.3.

⁴ Vgl. ÖNORM B 2061:1999 09 01 Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm, S.5

- Lösen von Material: Bagger, Scraper u.a.
- Laden von Material: Radlader, Bagger
- Transport von Material: Muldenfahrzeuge
- Einbau bzw, Planieren von Material: Planierdraupe, Grader
- Verdichtung von Material: Walzen.

Abbildung 1 zeigt Baumaschinen mit verschiedener Anwendung, Fahrwerk und Arbeitseinrichtungen.



Abbildung 1: Vielfalt von mobilen Baumaschinen⁵

Die Gliederung der Geräte kann nach verschiedenen Merkmalen erfolgen: Anwendung, Antrieb, Fahrwerk, Größe etc. In der Fachliteratur kann man zahlreiche Gliederungssysteme finden. Eine gute und ausführliche Unterteilung der Baugeräte ist beschrieben von „König“ im Buch „Maschinen im Baubetrieb, Grundlagen und Anwendung“. König unterteilt die Baugeräte in Gruppen, die in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst sind:

Tabelle 1: Gruppen von Baugeräten⁶

| Nr. | Gruppe | Baugeräte |
|-----|--------------------------------------|--|
| 1 | Betonherstellung und Betonverteilung | Betonmischanlagen |
| | | Fahrmischer |
| | | Betonpumpen |
| | | Betonvibratoren |
| | | Spritzbetongeräte (Trocken- und Nassspritzverfahren) |
| | | Betongleitmaschinen |
| 2 | Hebezeuge | Turmdrehkräne |
| | | Portalkräne |
| | | Raupenkräne |
| | | Mobilkräne |
| | | Bauaufzüge |
| | | Winden und Greifzügen |

⁵ ATZ offhighway, März 2013, S.51

⁶ Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb - Grundlagen und Anwendung, 2008

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| 3 | Erdbaugeräte | Hydraulikbagger <ul style="list-style-type: none"> • Minibagger, Kompaktbagger • Raupen- und Mobilseilbagger (als Bagger, Kran oder Trägergerät für Spezialtiefbaumaschinen: <ul style="list-style-type: none"> - Verrohrungsmaschine und Bohrgreifer - Drehbohrgerät am Mäkler - Schlitzwandgreifer - Schlitzwandfräse - Rammmäkler • Schreitbagger • Zweiwege-Fahreinrichtung • Zusatzgeräte (Hydraulikhammer, Vibrationsplatte, Erdbohrgerät, Vakuumgerät) |
| | | Radlader |
| | | Baggerlader und Teleskopmaschinen |
| | | Muldenkipper |
| | | Planierraupen |
| | | Laderaupen |
| | | Schürfkübelraupen |
| | | Scraper (Schürfwagen) |
| | | Grader |
| 4 | Bodenverdichtung | Vibrationsstampfer |
| | | Vibrationsplatten |
| | | Vibrationswalzen |
| 5 | Geräte für den bituminösen Straßenbau | Asphaltmischanlagen |
| | | Straßenfräsen für Kaltasphalt |
| | | Schwarzdeckenfertiger |
| | | Walzen für Asphaltverdichtung |
| | | Remix-Maschine für Heißrecycling |
| | | Kaltrecycling-Verfahren |
| Geräte zur Bodenstabilisierung | | |
| 6 | Geräte für Betondeckenbau | Betondeckenfertiger |
| | | Gleitschalungsfertiger |
| | | Fugenschneiden in Betondeckenbau |
| 7 | Pumpen und Wasserhaltung | Schmutzwasserpumpen |
| | | Schlammumpen |
| | | Förderleitungen |
| 8 | Kompressoren, Druckluftwerkzeuge, mechanische Werkzeuge | Fahrbare Schraubenkompressoren |
| | | Druckluftanlagen für Baustellen mit hohem Luftbedarf |
| | | Druckluftwerkzeuge |
| | | Mechanische Werkzeuge |
| 9 | Kanalbau, Rohrvortrieb und Rohrleitungsbau | Grabenverbaueinheiten |
| | | Erdraketen und Rohrrahmen |
| | | Mikro-Vortriebsmaschinen |
| | | Horizontalbohrgeräte |
| | | Grabenfräsen |
| 10 | Ramm- und Ziehgeräte | Trägergeräte für leichte Vibrationsrammen |
| | | Trägergeräte für schwere Vibrationsrammen |
| | | Vibrations-Ziehgeräte |
| | | Spundwandpressen |
| 11 | Bohr und Schlitzwandgeräte | Bohrgreifer |
| | | Drehbohrwerkzeuge |
| | | Meißel |
| | | Schlitzwandgreifer |
| | | Schlitzwandfräse |
| | | Drehbohrgerät für Kleinlochbohrungen |
| 12 | Tunnelbaugeräte | Schildvortriebsgeräte |

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| | | Teilschnittmaschinen und Tunnelbagger |
| | | Tunnelbelüftung und -entstaubung |
| | | Materialtransport im Tunnelbau |

Diese Unterteilung ist umfangreich, aber sie beinhaltet nicht alle Gruppen von Baugeräten. Um eine vollständigere Übersicht über die Arten und Gruppen von Baugeräten zu bekommen, kann man die Gliederung der Österreichischen Baugeräteleiste (ÖBGL) betrachten. Die letzte Auflage der ÖBGL 2015 folgt dem Gliederungsschema der EUROLISTE (entwickelt von Frankreich und Deutschland). Die Hauptgruppen stellen sich wie folgt dar:

- A Geräte zur Materialaufbereitung
- B Geräte Herstellung, zum Transport und zur Verteilung von Beton, Mörtel und Putz
- C Hebezeuge
- D Geräte zur Erdbewegung und Bodenverdichtung
- E Straßenbaugeräte
- F Gleisoberbaugeräte
- G Schwimmende Geräte
- H Geräte für Tunnel- und Stollenbau
- J Ramm- und Ziehgeräte, Geräte für Injektionsarbeiten
- K Bohrgeräte, Schlitzwandgeräte
- L Geräte für horizontalen Rohrvortrieb und Geräte für Pipelinebau
- M Geräte und Anlagen zur Dekontamination und zum Umweltschutz
- P Transportfahrzeuge
- Q Druckluftgeräte, Druckluftwerkzeuge
- R Geräte für Energieerzeugung, Energieumwandlung und Energieverteilung
- S Hydraulikzylinder und Hydraulikaggregate
- T Kreisel- und Kolbenpumpen, Rohrleitungen
- U Schalungen und Rüstungen
- W Maschinen und Geräte für Werkstattbetrieb
- X Baustellenunterkünfte, Container
- Y Vermessungsgeräte, Laborgeräte, Büromaschinen, Kommunikationsgerät⁷

Einige der oben gelisteten Gruppen sind keine Maschinen sondern Hilfsmittel und Ausrüstungen. Aber sie gehören zu den Baugeräten, gemäß der Definition der ÖN B 2061.

Beide oben angegebenen Unterteilungen der Baugeräte wurden bezüglich ihrer Anwendung vorgenommen. Die Geräte lassen sich weiters nach Antrieb, Laufwerk und Größe unterteilen. In Abhängigkeit vom Antrieb gibt es:

- kraftstoffbetriebene Maschinen,
- elektrischbetriebene Maschinen und
- hybridbetriebene Maschinen (z.B. Kombination Elektrisch und Kraftstoff).

Nach dem Laufwerk gliedern sich die Baumaschinen in:

- Raupenmaschinen,
- mobile Maschinen (mit Reifen, die für den Straßenverkehr geeignet sind),

⁷ ÖBGL 2015, <http://www.bgl-online.info/BGL/frameset.html?start=1>, 2015

- Gleismaschinen,
- Schreitmaschinen (Schreitbagger) und
- schwimmende Maschinen⁸

Die Baumaschinen lassen sich auch nach der Größe gruppieren. Das beste Beispiel hier ist der Bagger. In Abhängigkeit vom Betriebsgewicht lassen sich drei Baugrößen unterscheiden:

- Baugröße 1 (10 – 25t) Mobil- und Raupenbagger
- Baugröße 2 (30 – 60t) Raupenbagger mit Einsatz auf Baustellen, wo größere Erdmassen zu bewegen sind
- Baugröße 3 (70 – 225t) mit Einsatz im Steinbruch, Tagebau etc.⁹

2.3 Antriebskonzepte

Damit ein Baugerät mit den enormen Lasten normal arbeiten kann, ist es notwendig, dass der Antriebsmotor eine genügende Leistung aufweist. Die Baugeräte brauchen in Abhängigkeit von ihrer Größe, Gewicht und Arbeitseinrichtung eine Motorleistung bis ungefähr 550 kW (gilt nicht für Industriegeräte).¹⁰ Der heute am meisten verwendete Antrieb für Baugeräte (auch für Landgeräte und LKWs) ist der Dieselmotor. Manche kleinere Baumaschinen sind mit Elektro- oder Benzinmotor ausgerüstet, aber sie sind eher eine Ausnahme.¹¹

2.3.1 Konventionelle Antriebe

2.3.1.1 Dieselmotor

Die optimale Leistung und Anpassung an die enormen Lasten und Baumaschinenausrüstungen wird durch einen Dieselmotor erreicht. Das ist eine der Ursachen für die überwiegende Anwendung des Dieselmotors für Baumaschinen. Mit seinen spezifischen Eigenschaften (hohem Drehmoment, hohe Effizienz, lange Lebensdauer) wird der Dieselmotor seit Jahrzehnten für LKWs, Busse, landwirtschaftliche Geräte, Baugeräte und Schiffe bevorzugt.¹²

Vorteile des Dieselmotors sind geringerer Kraftstoffverbrauch, größeres Drehmoment in dem meist genutzten Drehzahlbereich, Wirtschaftlichkeit, Robustheit, Zuverlässigkeit, Servicefreundlichkeit und nicht zuletzt, nachdem der Dieselmotor gestartet ist, arbeitet er problemlos unabhängig von der Kraftstoffqualität. Dies ist von großer Bedeutung für Baustellen, wo die Arbeitsbedingungen oft sehr schwer sind.¹³

Die Dieselmotoren in Baumaschinen gleichen in den meisten Charakteristiken den Motoren in LKWs. In der Regel sind sie Vierzylinder-Dieselmotoren mit Wasser- oder Luftkühlung. Die Motoren sind wegen der höheren Effizienz und niedrigeren Emissionen mit Abgasturboladern

⁸ Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb - Grundlagen und Anwendung, 2008

⁹ Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb - Grundlagen und Anwendung, 2008, S.84

¹⁰ König: Maschinen im Baubetrieb, Grundlagen und Anwendung, 2008, S.133

¹¹ Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb, Grundlagen und Anwendung, 2008

¹² Vgl. Reif: Dieselmotor-Management, Systeme, Komponenten, Steuerung und Regelung, 2012

¹³ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991

2.3.1.4 Hydrauliksystem

Um das Antriebskonzept von Baugeräten zu beschreiben, ist es nicht genug nur den Motor zu behandeln. Ein Baugerät hat verschiedene Arbeitseinrichtungen, die mechanisch oder hydraulisch betrieben werden. Heutzutage dominieren Geräte mit Hydraulikantrieben. „Zum hydraulischen Antrieb der Ausrüstung eines Gerätes gibt es keine Alternative.“ – so beschreibt „Höpke“ das Hydrauliksystem¹⁹. Im Prinzip kann das Hydrauliksystem mit verschiedenen Motorenarten kombiniert werden. Ein Hydrauliksystem betätigt fast alle beweglichen Systeme in den Baugeräten. Es wird zur Kraftübertragung und Erzeugung von Bewegung verwendet. Abbildung 3 zeigt das Prinzip eines Hydrauliksystems.

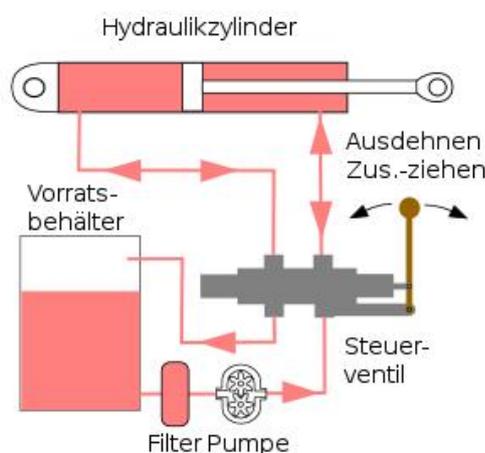


Abbildung 3: Schematische Darstellung einer einfachen Hydraulikanlage mit einem Zylinder ²⁰

Der Hydraulikkreislauf wird durch Hydraulikpumpe(n) angetrieben. Die Pumpen leiten die Hydraulikflüssigkeit zu den Hydraulikverbrauchern - Hydraulikzylindern und Hydraulikmotoren. In den Verbrauchern wird die hydraulische Energie in mechanische Energie umgewandelt. Nach der ausgeführten Arbeit strömt die freiwerdende Flüssigkeit in den Tank zurück und wird wieder von der Pumpe angesaugt.

Die Fahr- und Drehantriebe sind in den meisten Fällen auch hydraulisch. Turbokupplungen und Drehmomentwandler ermöglichen die Vollnutzung der Motorleistung. Die modernen Baugeräte verfügen über Kontrollsysteme, die zu jeder Zeit Daten über den Istzustand der wichtigsten Systeme liefern. Das sind Voraussetzungen für vorbeugende Wartungsmaßnahmen und eine hohe Verfügbarkeit des Gerätes.²¹

2.3.2 Alternative Antriebe

Aufgrund der erhöhten Anforderungen für Abgasreduzierung und Kraftstoffverbrauch, ist eine Entwicklung hinsichtlich energieeffizienter Antriebe und niedrigerer Abgasemissionen zu beobachten. Es sind schon relativ viele alternative Lösungen für effizientere Antriebe entwickelt worden. Die Hersteller von Baugeräten präsentieren jedes Jahr neue Geräte mit viel geringeren

¹⁹ Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.7

²⁰ Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hydraulik>, 11.2014

²¹ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.7

Abgasemissionen und neuen alternativen und verbesserten Antrieben. Aber in der Praxis haben die neuen Technologien noch eine sehr beschränkte Anwendung. Zu einer serienmäßigen Herstellung sind nur einige alternative Lösungen gekommen. Aus verschiedenen Gründen (wie z.B. Betriebsproblemen und unkalkulierbaren Kosten) entscheiden sich die Bauunternehmen nicht für innovative Maschinen mit alternativen Antrieben und Komponenten. Allerdings wird sich das mit der Zeit sicher verändern, die Einführung jeder neuen Lösung oder Technologie braucht Zeit.²²

2.3.2.1 Hybridtechnologie

Gegenwärtig werden die Baumaschinen meistens von Dieselmotoren angetrieben und mit hydraulischen und mechanischen Arbeitskomponenten ausgestattet. Nur bei manchen Maschinen sind schon dieselelektrische Hybridantriebe vorhanden (v.a. Muldenkipper, Radlader).²³

Der Hybridantrieb ist ein Antriebskonzept, bei dem mindestens zwei Energieumwandler und zwei Energiespeichersysteme vorhanden sind. Als Energieumwandler können ein Verbrennungsmotor (Diesel- oder Ottomotor), ein Elektromotor oder ein Hydraulikmotor zur Anwendung kommen. Energiespeicher sind der Kraftstofftank, eine Batterie oder ein Hydraulikspeicher. Die gespeicherte Energie wird für Unterstützung bei Bedarf oder als Ersatz des Verbrennungsmotors benutzt. Es gibt zahlreiche Forschungen und Entwicklungen verschiedener Hybridvarianten. Der klassische Hybridantrieb ist eine Kombination aus Verbrennungs- und Elektromotor (dieselelektrischer Hybridantrieb). Eine weitere effektive Kombination ist der hydraulische Hybridantrieb.²⁴

Dieselelektrischer Hybridantrieb: Bei den zahlreichen Untersuchungen kommen auch unterschiedliche Varianten des dieselelektrischen Hybridantriebs infrage. Bei den größten mobilen Maschinen, wie Muldenkipper, wurde ein System von Dieselmotor, Generator und zwei Wechselstrommotoren (aber ohne Batterien) entwickelt.²⁵

Bei mittelgroßen Maschinen gibt es Prototypen mit integriertem Motor-Generator (E-Maschine). Die E-Maschine wird in den Dieselmotor integriert. Der Rotor der E-Maschine ersetzt das Schwungrad des Dieselmotors und der Stator wird in das Schwungradgehäuse montiert. Das ist eine sehr kompakte Bauweise, die die Anwendung dieses System bei Serienmaschinen erleichtert. Der Hybridantrieb, besteht aus Dieselmotor, E-Maschine, Batterie und Kontrollsysteme. Abbildung 4 stellt eine Systemübersicht eines Radlader-Prototyps mit dieselelektrischem Hybridantrieb dar. Der Dieselmotor und die E-Maschine sind als eine Einheit unten links gezeigt. Die Batterie und einige der Kontrollsysteme sind oben links dargestellt. Die Hydraulikpumpe und die Arbeitseinrichtungen sind mit blau rechts gezeigt.²⁶

²² Vgl. ATZ offhighway, 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.4-11

²³ Vgl. ATZ offhighway, 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.9

²⁴ Vgl. ATZ offhighway, 03.2009 Sonderausgabe, Kliffken (et al.): Kosten bremsen und Umwelt schonen mit hydraulischem Hybridantrieb, S.37

²⁵ Wikipedia: de.wikipedia.org/wiki/Liebherr_T282, 11.2014

²⁶ Vgl. ATZ offhighway, 03.2009, Burow: Hybridantrieb für mobile Arbeitsmaschinen, S.8

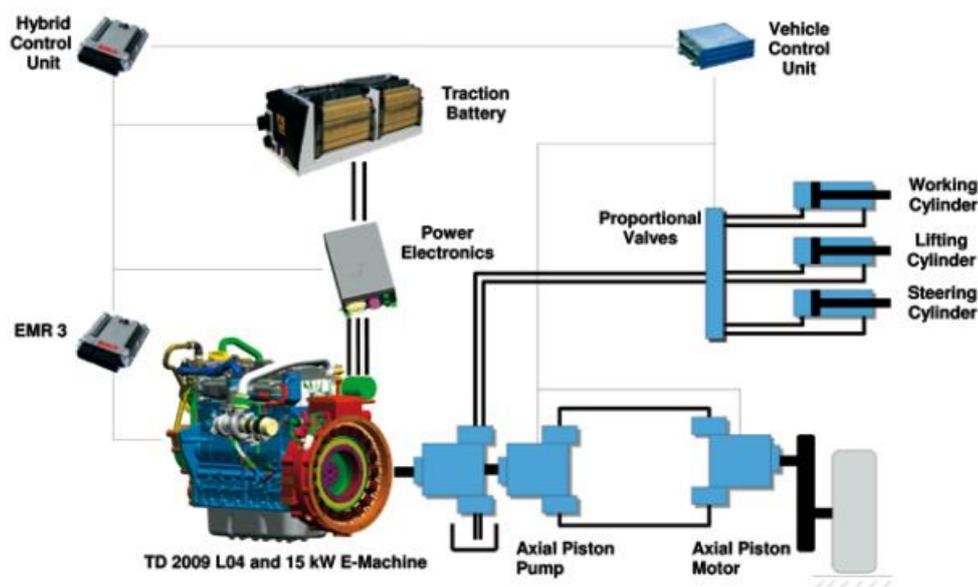


Abbildung 4: Beispiel eines Hybridsystems²⁷

Bei dem elektrischen Hybridantrieb werden auch mehrere Energiespeichervarianten (Batterien) untersucht. Gemäß den Untersuchungen von „Deutz“ reichen bipolare Bleibatterien für die Zwecke der meisten Hybridlösungen für mobile Maschinen. Im Vergleich mit den Lithium-Ionen-Batterien sind die Bleibatterien preiswert, robust und mit niedrigeren Anforderungen hinsichtlich Temperaturkonditionierung. Die Lithium-Ionen-Batterie ist eine sehr teure, aber auch sehr leistungsfähige Technologie. Der Betrieb dieser Batterien ist sehr aufwändig. Eine ständige Überwachung und Temperaturkonditionierung sind in allen Fällen erforderlich. Der Einsatz dieser Technologie ist nur bei sehr hohen Anforderungen an leistungsverbundenen Charakteristiken sinnvoll.²⁸

Bei allen Untersuchungen und Prototypen wurde eine wesentliche Energieeinsparung (zw. 15% und 30%) und Verminderung der Abgasemissionen beobachtet. Die Hybridlösungen erleichtern allerdings die Einhaltung der strengen Emissionsrichtlinien. Die Verbrauchersparnis bei dieser Technologie liegt bei ungefähr 20%. Die höheren Kosten für die Energiespeicherungssysteme sind aber bis jetzt nicht gelöst, was die Einführung in der Praxis hindert.²⁹

Hydraulischer Hybridantrieb: Bei dem hydraulischen Hybridantrieb wird die kinetische Energie beim Bremsen in hydraulische Energie transformiert und in einem Hydraulikspeicher zwischengespeichert. Beim nächsten Beschleunigungsvorgang wird die gespeicherte Energie wieder eingesetzt und unterstützt auf diese Weise den Verbrennungsmotor. Bosch Rexroth AG hat ein „Hydrostatisch Regenerative Bremssystem“ (HRB) entwickelt - ein Energieumwandler (kinetische Energie in hydraulische Energie). Gemäß Rexroth, kann HRB sowohl in Nutzfahrzeugen als auch in mobilen Arbeitsmaschinen eingesetzt werden. Nach den Forschungsergebnissen erreichte dieser Hybridantrieb eine Kraftstoffersparnis von bis zu 25% und eine entsprechende Reduzierung der CO₂-Emissionen. Der hydraulische Hybridantrieb eignet sich für Fahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen, deren Betriebsverhalten mit hohen Brems- und Anfahrleistungen verbunden ist, wie zum Beispiel Gabelstapler oder

²⁷ ATZ offhighway, 03.2009, Burow: Hybridantrieb für mobile Arbeitsmaschinen, S.12

²⁸ Vgl. ATZ offhighway, 03.2009, Burow: Hybridantrieb für mobile Arbeitsmaschinen, S.11-12

²⁹ Vgl. ATZ offhighway, 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.9

Entsorgungsfahrzeuge.³⁰ Hydraulische Hybridantriebe in Serienherstellung gibt es schon bei Hafenkranen (Liebherr), Müllsammlern und Verteilfahrzeugen (Bosch Rexroth, Eaton).³¹

2.4 Betrieb und Wartung von Baumaschinen

Die meisten Bauabläufe im Bauwesen sind vollständig mechanisiert. Hauptziel jedes Bauunternehmens ist es ein optimales Bauprozessmanagement zu erreichen. Damit eine Baumaßnahme wirtschaftlich und erfolgreich ist, müssen zuerst in der Phase der Arbeitsvorbereitung die richtigen Geräte ausgewählt und im Bauablauf zweckmäßig eingesetzt werden.³² Das Wichtigste bei der Auswahl ist eine zuverlässige Arbeit bei minimalen Unterhaltungskosten sicherzustellen. Die Bereitstellung der Baugeräte und ihre minimalen Stillstandzeiten beeinflussen sehr stark die Bauleistung und in dieser Weise auch die Bauzeiten. Dieser Effekt hat finanzielle Auswirkungen, die am Ende auch kritisch für den Erfolg des ganzen Projekts sein können. Deswegen ist die Hauptaufgabe des Baumaschinenmanagements die Kostenoptimierung bei der Baumaschinenbereitstellung.

2.4.1 Baumaschinenmanagement

Jedes Bauunternehmen hat eine eigene **Strategie** in Bezug auf die Baugeräte. Die meisten größeren Bauunternehmen haben eine maschinentechnische Abteilung (MTA), die die Organisation der eigenen Baumaschinen übernimmt. Diese Abteilung kann als rechtlich unabhängige Unternehmenseinheit funktionieren, um Kosten zu minimieren. Eine weitere Möglichkeit für Kostenoptimierung ist, die Anzahl der Eigengeräte auf die Grunddeckung zu reduzieren. Bei Bedarf können die notwendigen Geräte angemietet werden. Es gibt zahlreiche Unternehmen, die in der Vermietung von Baugeräten spezialisiert sind. Die Geräte können mit oder ohne Bedienung angemietet werden. Die Wartungs- und Reparaturkosten können auch in der Miete eingeschlossen werden.³³

Die **Maschinentechnische Abteilung** kann bei den einzelnen Unternehmen unterschiedlich gestaltet werden, aber die Hauptaufgaben sind generell dieselben:

- Maschinen- und Fuhrpark, entsprechend dem Unternehmensbedarf, vorhalten und bereitstellen
- Bedienung der Geräte (Maschinisten)
- Wartung und Reparatur der Geräte (Werkstatt)
- Außendienst (Disposition auf der Baustelle, Wartung- und Reparaturarbeiten vor Ort)
- Verwaltung und Optimierung der Kosten³⁴

³⁰ Vgl. ATZ offhighway, 03.2009 Sonderausgabe, Kliffken (et al.): Kosten bremsen und Umwelt schonen mit hydraulischem Hybridantrieb, S.36-46

³¹ Vgl. ATZ offhighway, 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.9

³² Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb, Grundlagen und Anwendung, 2008, S.V

³³ Vgl. Berner (et al.): Grundlagen der Baubetriebslehre 1 – Baubetriebswirtschaft, 2007, S.149

³⁴ Vgl. Habau: Bericht Geräte – Präsentation, 2015

Ein Beispiel der organisatorischen Struktur einer MTA wurde vom Unternehmen HABAU GmbH bereitgestellt. Zur MTA des Unternehmens gehören neben dem Gerätemanagement auch der Lagerplatz und der Bauhof. Abbildung 5 stellt die Struktur der MTA dar.

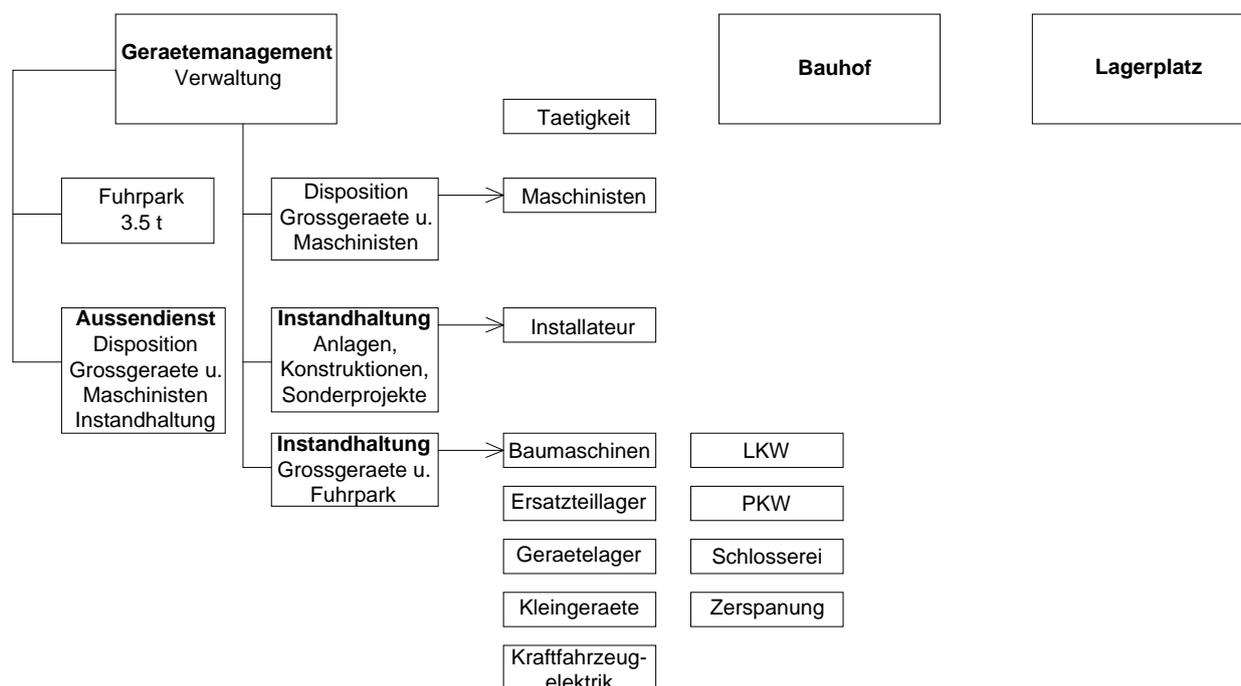


Abbildung 5: Struktur des Maschinenmanagements des Bauunternehmens HABAU GmbH³⁵

Als Teil der Instandhaltung ist auch die Logistik der Betriebsstoffe von Baugeräten eine der Aufgaben der MTA. Sie versorgt die Werkstatt sowie die Baustellen mit den notwendigen neuen Betriebsstoffen und kümmert sich um die Entsorgung der verbrauchten Betriebsstoffe von den Baustellen und der Werkstatt.³⁶

Großteils werden die Reparaturen an Baugeräten in der zentralen Werkstatt des Unternehmens durchgeführt. Kleinere Wartungs- und Reparaturarbeiten werden vor Ort mit Werkstattfahrzeugen ausgeführt. Die sogenannten Servicewagen sind mit einer Werkstatteinrichtung ausgestattet. Unter diesen Bedingungen ist keine Baustellenwerkstatt notwendig. Eine Baustellenwerkstatt wird dann eingerichtet, wenn die Baustelle groß ist und wenn geräteintensive Bauarbeiten durchzuführen sind, wie z.B. bei Erd- Tunnel- oder Wasserbaustellen.³⁷

2.4.2 Instandhaltung von Baumaschinen

2.4.2.1 Instandhaltung

Die Hauptaufgabe der Instandhaltung ist einen sicheren und arbeitsfähigen Zustand der Geräte mit minimalen Wartungs- und Reparaturzeiten zu garantieren. Das bedeutet, die Schaden- und Sicherheitsrisiken zu minimieren. Die minimalen Anforderungen für einen sicheren Zustand

³⁵ Habau: Bericht Geräte – Präsentation, 2015

³⁶ Vgl. Habau: Bericht Geräte – Präsentation, 2015

³⁷ Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.94

eines Gerätes (jährliche Untersuchungen etc.) sind in einigen Verordnungen vorgegeben. Die gesetzlichen Grundlagen darüber bilden in Österreich das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz und die Arbeitsmittelverordnung.

Um Schäden zu vermeiden und die Lebensdauer der Geräte zu verlängern, müssen die Herstelleranleitungen in Bezug auf den Betrieb, die passenden Betriebsstoffe, die Wartungsintervalle etc. beachtet werden. Daher spielt die Qualifizierung des Instandhaltungspersonals eine große Rolle.

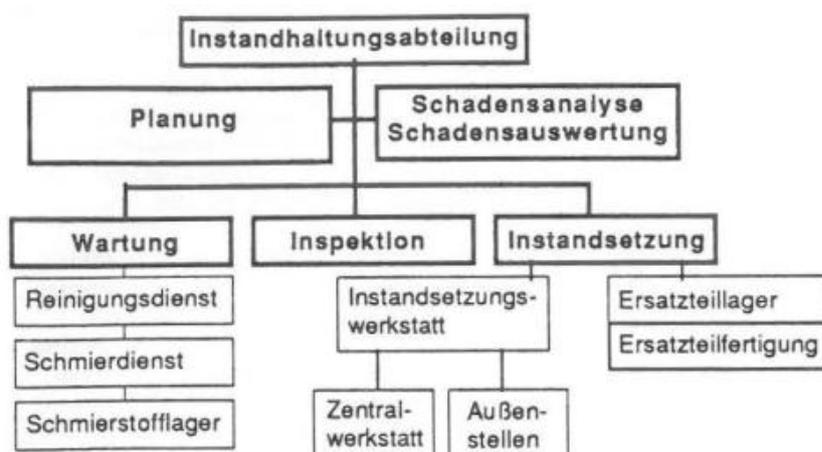


Abbildung 6: Inhaltshaltungsmaßnahmen³⁸

Die Wartung und regelmäßige Überprüfung der Baugeräte sind Maßnahmen der Instandhaltung. Sie sind von größter Bedeutung, nicht nur aus der Sicht der Kostenminderung, sondern auch für die Arbeitssicherheit. Ein wesentlicher Anteil der Unfälle mit Baugeräten wird durch eine mangelnde Instandhaltung verursacht. Bei Ausführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten besteht auch eine Gefahr für das Personal.

Ziel der Instandhaltung ist es, eventuelles Versagen von Geräten durch Verringerung des Verschleißes und rechtzeitige Behebung der entstandenen Schäden zu vermeiden. Weiters ist eine der wichtigsten Aufgaben der Instandhaltung die organisierte Durchführung der Wartungen und der Inspektionen. Diese Arbeiten werden im Regelfall nach einem Wartungskonzept durchgeführt (siehe Punkt 2.4.2.3).³⁹

2.4.2.2 Häufige Schäden

Im Betrieb von Baugeräten, genauso wie in der Medizin gilt: Vorbeugen ist besser als Heilen. Bei Überlastungen der Baugeräte und bei nicht angemessener Wartung treten verschiedene Schäden auf.⁴⁰ Die Wartung und die Inspektionen können keine Garantie gewährleisten, dass kein Versagen einer Maschine auftreten wird, aber es ist nachgewiesen, dass das Leben einer Maschine durch eine Qualitätswartung deutlich verlängert wird. Die meisten Schäden können früh erkannt werden und rechtzeitig behoben werden. Wenn die Schadenssymptome bekannt sind, können sie sehr leicht von qualifiziertem Personal festgestellt und repariert werden.

³⁸ Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.48

³⁹ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S. 26-43

⁴⁰ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.2

Schäden im Hydrauliksystem entstehen am häufigsten durch Überlastungen und mangelhafte Wartung. Überlastungen führen zu Zerstörung der Dichtungen, Verbiegen von Kolbenstangen und Schäden in anderen Systemteilen. Der Einfluss des Fahrers und die Einsatzbedingungen sollten auch nicht unterschätzt werden. Abrasive Partikeln in der Hydraulikflüssigkeit erhöhen den Verschleiß an allen Systemorganen (Dichtungen, Pumpe, Führungen). Bald kann man diesen Prozess sehr leicht durch Leistungsabfall erkennen.

Weitere Ursachen für Auftreten von Schäden sind auch die Phänomene wie Ölverschäumung und Kavitation. Beide haben verschiedenen Herkunft aber verursachen ähnliche Schäden: mangelhafte Schmierung Verminderung der Pumpenförderleistung. Durch Blasen in der Hydraulikflüssigkeit wird Kompressibilität der Flüssigkeit hervorgerufen und es treten Druckschwankungen auf, die den normalen Betrieb stören.

Damit große Schäden im Hydrauliksystem vermieden werden, muss die Hydraulikflüssigkeit regelmäßig diagnostiziert werden. Mit einer vorbeugenden Diagnose können die beginnenden Verschleißschäden erkannt werden. Nach dem Wert und der Art fremder Partikeln können viele Probleme festgestellt werden. Wenn der Anteil der fremden Partikeln die zugelassenen Werte überschreitet, muss die Hydraulikflüssigkeit gefiltert werden. So kann die gefilterte Menge wiederverwendet werden und dadurch auch den Verbrauch fast um 50% reduziert werden.

Bei der Wartung des Motors ist es von größter Bedeutung die Luftfilter regelmäßig zu prüfen und zu wechseln. Eine mangelnde Wartung der Luftfilter könnte zu Leistungsabfall des Motors oder starkem Rauchen sowie zu erhöhtem Ölverbrauch führen. Ungefilterte Ansaugluft beinhaltet viele Staubpartikeln, die Verschleiß im Motor und Schäden des Turboladers verursachen. Staub und Fremdkörper im Kraftstoff sind die Ursache für große Schäden im Motor und im Kraftstoffsystem. *„Sauberer Schmierstoff ist für die Leistung und Funktionssicherheit genauso wichtig wie sauberer Kraftstoff.“⁴¹*

2.4.2.3 Wartungskonzepte

Wie in Punkt 2.4.2.1 erläutert ist das Ziel der Instandhaltung und entsprechender Wartung, einen sicheren und arbeitsfähigen Zustand der Geräte mit minimalen Wartungs- und Reparaturzeiten zu garantieren. Das wird durch Verringerung des Verschleißes und des Versagensrisikos erreicht. Die geplanten Wartungsmaßnahmen eines Unternehmens werden Wartungskonzept oder -programm genannt. Ein Wartungskonzept besteht grundsätzlich aus Anleitungen für systematische und in vorgeschriebenem Zeitabstand und Umfang durchgeführte Inspektionen und Wartungsmaßnahmen. Bei der Entwicklung eines Wartungskonzeptes sind an erster Stelle die Betriebsanleitungen des Herstellers, die Arbeitsschutzvorschriften und auch die sicherheitstechnischen Vorschriften zu befolgen. Die Wartungskonzepte werden unternehmensintern in Übereinstimmung mit der Firmenstrategie entwickelt. Die Konzepte müssen auch an die Baustellenrandbedingungen angepasst werden. Bei der Entwicklung eines Konzeptes sind die folgenden Faktoren von Bedeutung:

- Strategie des Unternehmens hinsichtlich der Geräte (Eigengeräte / Anmieten)
- Unternehmensinfrastruktur (Bauhof, Werkstatt, mobile Werkstätten)

⁴¹ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.10-48

- Baustellenrandbedingungen (Art und Größe der Baustelle, Entfernung vom Unternehmensbauhof, notwendige Geräte usw.)

Für eine erfolgreiche Wartung und generell Instandhaltung ist das qualifizierte Personal von größter Bedeutung. Der sichere Zustand der Baugeräte wird durch die Maßnahmen der Instandhaltung erhalten. Die Basismaßnahmen der Wartung sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Wartungsmaßnahmen⁴²

| Wartung | | Inspektionen | |
|----------------------------|---|--|--|
| Putzen | Äußere Säuberung an leicht zugänglichen Stellen | Terminliche festgelegte Überprüfung zur Feststellung aufgetretener oder zu erwartender Mängel bzw. Schäden | |
| Reinigung | Innere gründliche Reinigung bei der u.U. Teildemontagen erforderlich sind | Laufende Inspektionen | Überwachung durch das Maschinenpersonal |
| Schmieren | Versorgen der Schmierstellen mit Schmierstoff | Periodische Inspektionen | Sichtkontrollen leicht zugänglicher Teile hinsichtlich Verschleiß und Beschädigung; Funktionskontrolle |
| Schmierstoffwechsel | Austausch des verbrauchten Schmierstoffes gegen frischen Schmierstoff | | |

Die Wartung wird mithilfe von verschiedenen Hilfsmitteln durchgeführt. Dazu gehören Checklisten, Formulare, Maschinen-Tagesberichte etc. und auch die ziemlich neuen Telematiksysteme. Ein Maschinen-Tagesbericht (siehe Abbildung 7) beinhaltet die wichtigsten Betriebsdaten über eine Baumaschine. Der Bericht wird i.d.R. vom Maschinenfahrer ausgefüllt und enthält Informationen über Arbeitsstelle, Arbeitszeit, ausgeführte Arbeit, verbrauchte Betriebsstoffe und eventuelle Wartungs- und Reparaturarbeiten. Die Telematiksysteme unterstützen und erleichtern alle Wartungsarbeiten (siehe Punkt 2.4.3).⁴³

⁴² Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.47

⁴³ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.26-47

MASCHINEN — TAGESBERICHT

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|
| | | Fahrer: | | Datum: | |
| | | Baustelle: | | Nr.: | |
| Maschine / Gerät: | | Arbeitsbeginn | Uhr | Gesamtstunden | |
| | | Arbeitsende | Uhr | | |
| Betriebsstundenzähler | Anfang: | Davon | | von | bis |
| | Ende: | Pausen | | | Stunden |
| Bemerkungen: | | Wartung | | | |
| | | Reparatur | | | |
| | | Transport | | | |
| Ausgeführte Arbeit | | Handarbeit | | | |
| Menge | Einheit | Art der Arbeit | | von | bis |
| | | | | | Stunden |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Wartung | Ölwechsel | <input type="checkbox"/> | Abschmieren | <input type="checkbox"/> | Maschinengesamtstunden |
| | Batterie | <input type="checkbox"/> | Hydraulik | <input type="checkbox"/> | |
| | Filter | <input type="checkbox"/> | Beleuchtung | <input type="checkbox"/> | |
| Verbrauch | Diesel | Ltr. | Fette | kg | Geprüft: |
| | Benzin | Ltr. | Sonstiges | | |
| | Öle | Ltr. | | | Ausgewertet: |

Beispiel Nr. 10 PATZER VERLAG Berlin-Hannover, Köpenicker Allee 65, 14103 Berlin - Nachdruck nicht gestattet.

Abbildung 7: Beispiel für Maschinen-Tagesbericht⁴⁴

2.4.3 Telematiksysteme

Telematik- sowie Flottenmanagementsysteme sind schon in der Nutzfahrzeugbranche weit verbreitet. Im Bauwesen werden heutzutage die ersten Schritte im Einsatz von solchen Systemen gemacht. Die Vielfalt der Baugeräte, die unterschiedlichen Funktionen und Leistungsdaten, die von Bedeutung sind, sowie weitere Faktoren verursachen teilweise Schwierigkeiten bei der Entwicklung und Anwendung dieser Systeme.⁴⁵

Die Bestandteile und die Funktionsweise eines Telematiksystems sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Maschinen werden mit Sensoren, Controllern sowie einer Telematikeinheit ausgerüstet. Die Daten werden z.B. mittels Mobilfunk übermittelt und in einem Datenserver gespeichert. Danach sind die Daten vom Büro oder einer beliebigen Stelle auf der Welt zugänglich.

Telematiksysteme für Flotten- und Maschinenmanagement werden sowohl von Baumaschinenherstellern als auch von spezialisierten Unternehmen entwickelt und angeboten. Damit ein Telematiksystem funktioniert, ist es notwendig die Baumaschinen mit einer entsprechenden Box für die Datenübermittlung auszurüsten. Die Möglichkeiten von diesen Systemen entwickeln sich sehr schnell. Telematiksysteme haben grundsätzlich die folgenden Funktionen:

⁴⁴ Patzer Verlag: <https://patzerverlag.de/Shop/Produkte/Formulare/tabid/82/ProductID/37/Default.aspx>, 12.2014

⁴⁵ Vgl. tHIS: Flottenmanagement 2.0 Flottengewinne, 02.2012, S.49

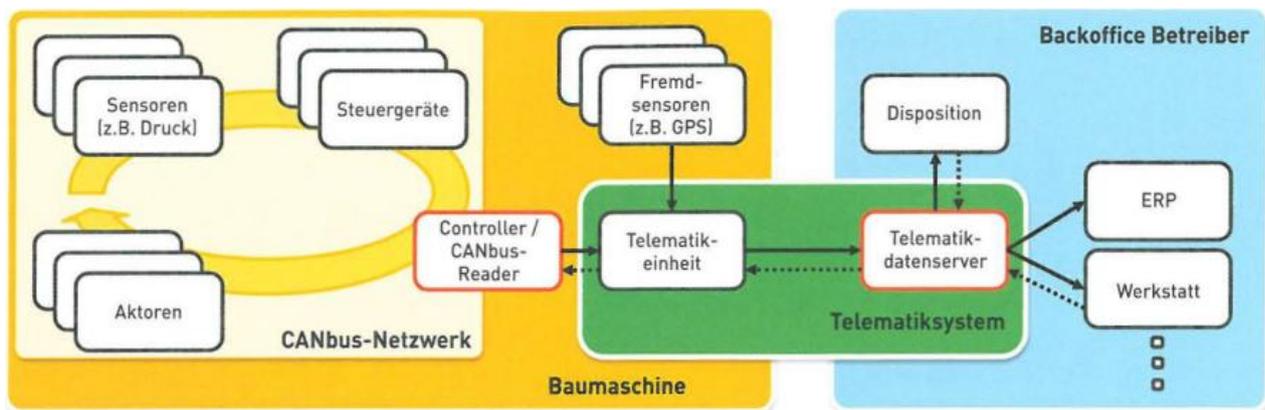


Abbildung 8: Bestandteile und Funktionsweise eines Telematiksystems⁴⁶

- Ferndiagnose zur Schadensprävention
- Maschineneinsatzzeit
- Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs
- Überwachung von Diebstahl bzw. Dieseldiebstahl
- Leistungsbestimmung
- Bedienerauthorisierung
- Erfassung von Baumaschinen-Positionsdaten
- Verrechnung des Baumaschinen-Einsatzes
- Erfassung der Rüstzustände
- Erfassung von Einsatzmodi⁴⁷

Die Telematiksysteme bieten einerseits eine Verfolgung aller Maschinen auf der Baustelle in Echtzeit. Dies ist hilfreich für die Optimierung der Planung und Kontrolle der Arbeit. Andererseits ermittelt dieses System die wichtigsten Betriebsdaten der Maschinen in Echtzeit. Damit kann die Wartung erleichtert und optimiert werden. Controlling des Kraftstoffverbrauchs ist dank des Telematiksystems sehr leicht, genau und schnell möglich. Damit diese neuen Systeme wirklich von Vorteil für ein Unternehmen sein können, müssen sie richtig im Maschinenmanagement und in das Wartungskonzept integriert werden.⁴⁸

⁴⁶ tHIS: Flottenmanagement 2.0 Flottengewinne, 02.2012, S.50

⁴⁷ Vgl. tHIS: Flottenmanagement 2.0 Flottengewinne, 02.2012, S.50-51

⁴⁸ tHIS: Telematik für Baumaschinen aus der Ferne betrachtet, Dipl.-Ing. H.H. Cohrs, Grube/Holst, 10.2012, S.58

3 Arten von Betriebsstoffen

In diesem Kapitel werden die Begriffe in Bezug auf die Betriebsstoffe für Baumaschinen definiert und ein Überblick über die Arten von Betriebsstoffen gegeben. Das Kapitel betrachtet die wichtigsten Vorschriften und Regelungen in Bezug auf den Umweltschutz und die Arbeitssicherheit. Hier werden vorrangige EU Vorschriften und staatliche Vorschriften in Österreich behandelt.

3.1 Begriffsbestimmung

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff „Betriebsstoff(e)“ mit der folgenden Bedeutung verwendet:

Gemäß ÖN B 2061 sind Betriebsstoffe „*Materialien, die zum Betrieb und zur Wartung der für die Erbringung der Leistung eingesetzten Geräte, Anlagen und sonstigen Betriebsmittel benötigt werden.*“⁴⁹ Dazu gehören Kraftstoffe, Schmierstoffe, Strom und weitere Betriebsmittel. Im Folgenden sind die am meisten verwendeten Betriebsstoffe definiert:

- Kraftstoffe sind jene Brennstoffe, die zum Betrieb von Verbrennungsmotoren bestimmt sind.⁵⁰
- Strom wird für die Betätigung von stationären Anlagen, manchen mobilen Arbeitsmaschinen sowie kleineren Handgeräten benutzt. Die Stromversorgung erfolgt sowohl von dem Stromnetz als auch von Stromerzeugungsgeräten.⁵¹
- Schmierstoffe dienen zur Reibungs- und Verschleißverringerung. Weitere wichtige Eigenschaften sind Kräfteübertragung, Kühlung und Korrosionsschutz.⁵²
- Kühlmittel werden im Kühlsystem des Motors verbraucht. Sie müssen einen sicheren Frostschutz der Kühlflüssigkeit sowie Korrosionsschutz gewährleisten. Sie ermöglichen den Betrieb von Baugeräten bei Minustemperaturen.⁵³

Das sind die Basisbetriebsstoffe für Baugeräte. Die Schmierstoffe haben viele Subgruppen mit Spezialeigenschaften und diversen Anwendungszwecken. Dies beeinflusst den Betrieb und die Wartung der Baugeräte und entsprechend auch die Logistik der Betriebsstoffe.

3.2 Kraftstoffe

3.2.1 Konventionelle Kraftstoffe

Wenn man über konventionelle Kraftstoffe im Bauwesen spricht, versteht man im Prinzip Dieselkraftstoff sowie Motorenbenzin (auch Ottokraftstoff genannt). Wie im Punkt 2.3 erläutert,

⁴⁹ ÖNORM B 2061:1999 09 01:Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm

⁵⁰ Vgl. Kraftstoffverordnung 2012, § 2 Begriffsbestimmungen, S.1

⁵¹ Vgl. Schach (et.al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.168-171

⁵² Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmierstoff.html>, 01.2015

⁵³ Vgl. Robert Aebi AG: http://www.robert-aebi.com/domains/robert-ebi_com/data/free_docs/01.2015

überwiegt der Dieselmotor beim Antrieb von Baumaschinen. Das bedeutet automatisch, dass der Dieselmotor auch der meist verbrauchte Kraftstoff im Baubetrieb ist.

3.2.1.1 Dieselmotor (DK)

Der Dieselmotor ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen und ist ein Erdölprodukt, genauso wie Benzin (Ottomotor). Er wird im Wesentlichen durch Destillation und Cracken hergestellt.⁵⁴ Die Qualität des Dieselmotors ist sehr stark von den Eigenschaften und Komponenten des Rohöls beeinflusst. Die Qualität des Endproduktes wird durch die Rohölerkunft und den Komponentenanteil bestimmt. Die wichtigsten Qualitätskenngrößen von DK sind Kraftstoffdichte, Cetanzahl (Zündeigenschaft), Viskosität, Aromatengehalt, Schwefelgehalt und gutes Kälteverhalten. In Tabelle 3 sind die wesentlichen Einflüsse dieser Kenngrößen dargestellt.⁵⁵

Tabelle 3: Einfluss der wichtigsten Kenndaten von Dieselmotor auf Motorbetrieb und Emission

| | |
|---|--|
| Cetanzahl | Kaltstart, Geräusch, Weißrauch, NO _x , HC und Partikel-Emission |
| Dichte | Leistung, Kraftstoff-Verbrauch, Schwarzrauch und Partikel-Emission |
| Aromatengehalt | Einfluss wird im Wesentlichen über Cetanzahl und Dichte erfasst, zusätzlicher Einfluss auf PAH-Emission |
| Schwefelgehalt | SO ₂ und Partikel-Emission |
| CFPP* / Cloud Point** | Betriebssicherheit bei Kälte |
| Anders als beim Ottomotor hat der Dieselmotor zwei generell unterschiedliche Kraftstoff-Anforderungen | |
| Betriebsverhalten | Einmal gestartet arbeitet der Dieselmotor mit sehr unterschiedlicher Kraftstoffqualität völlig unproblematisch |
| Abgasemission | Abgasemission wird durch die Dieselmotorqualität beeinflusst. |

*CFPP (Cold filter plugging point) ist die englische Bezeichnung für Filtrierbarkeitsgrenze

**Cloud Point ist eine Kälteeigenschaft von Dieselmotor

Um die Kraftstoffeigenschaften zu optimieren werden dem Dieselmotor verschiedene Additive zugegeben. Zündwilligkeit, Filtrierbarkeitsgrenze und Cloud Point sowie Schmierfähigkeit und weitere Eigenschaften werden mit Zugabe von Additiven verändert.⁵⁶ In Tabelle 3 sind einige negative Umweltauswirkungen von Dieselmotor erwähnt. Ein umfassender Überblick über den Umwelteinfluss der Kraftstoffe ist in Punkt 3.2.3 gegeben.

Die Erfordernisse für optimales Betriebsverhalten der Baumaschinen und Fahrzeuge sowie für niedrigere Abgasemissionen stellen sehr enge Grenzwerte für die Qualitätskenngrößen des Dieselmotors dar. Die Grenzwerte sind gesetzlich definiert. Die europäische Norm EN 590 stellt die folgenden Anforderungen an Dieselmotor:

Die Filtrierbarkeitsgrenze (CFPP) wird von jedem Mitgliedsstaat individuell bestimmt. In Abhängigkeit von den spezifischen Klimabedingungen wählt jeder Staat eine Winter- und eine Sommerklasse aus. In Tabelle 4 sind die gewählten Klassen für Österreich und Bulgarien dargestellt.

⁵⁴ Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Dieselmotor.html>, 12.2014

⁵⁵ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.96-98

⁵⁶ Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Dieselmotor.html>, 12.2014

Tabelle 4: Allgemein anwendbare Anforderungen für Dieselkraftstoff⁵⁷

| KenngroÙe | Anforderung an Dieselkraftstoff |
|--|--|
| Dichte bei 15 °C | 820,0 – 845,0 kg/m ³ |
| Cetanzahl | > 51 |
| Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe | < 8,0 %(m/m) |
| Schwefelgehalt | <10 mg/kg |
| Mangengehalt | <2,0 mg/l (ab 2014-01-01) |
| Flammpunkt | >55°C |
| Viskosität bei 40 °C | 2,000 – 4,500 mm ² /s |
| CFPP | Österreich: Sommerware – Klasse A (+5°C) Winterware – Klasse F (-20°C) --- Bulgarien: Sommerware – Klasse A (+5°C) Winterware – Klasse F (-20°C) |

Gemäß ÖNORM EN 590:2014-05-01 darf man bis zu 7% Biodiesel dem fossilen Dieselkraftstoff zugeben, wobei die Mischung nicht als ein neuer Kraftstoff betrachtet wird. Die Mischung wird mit B7 bezeichnet (d.h. 7% Biodiesel). Höherer Biodiesel-Gehalt in fossilem Diesel hat ohne Umrüstung negative Auswirkungen in Bezug auf Motorteile, Funktionalität der Additive, Motoröl etc.⁵⁸

3.2.1.2 Benzin (Ottokraftstoff)

Wie in Punkt 2.3.1 erläutert, wird Benzin als Kraftstoff mancher kleinerer Baugeräte wie z.B. Betonvibratoren, Vibrationsverdichtungsgeräte, Wasserpumpen eingesetzt. Das sind vorwiegend Geräte mit leistungsschwächeren Motoren.

Benzin (Motorbenzin) ist ein Ottokraftstoff und wird nach der Oktanzahl bezeichnet (Normalbenzin ROZ 91, Superbenzin ROZ 95, Super Plus Benzin ROZ 98).⁵⁹ Die wichtigsten Anforderungen an Benzin sind in Tabelle 5 aufgelistet:

Tabelle 5: Anforderungen für einen unverbleiten Ottokraftstoff⁶⁰

| KenngroÙe | Anforderung an unverbleiten Ottokraftstoff |
|-------------------------|---|
| Dichte bei 15 °C | 720,0 – 775,0 kg/m ³ |
| Research-Oktanzahl, ROZ | >95,0 |
| Motor-Oktanzahl, MOZ | >85,0 |
| Bleigehalt | <5,0 mg/l |
| Schwefelgehalt | <10,0 mg/kg |
| Mangengehalt | <2,0 mg/l (ab 2014-01-01) |

⁵⁷ Vgl. ÖNORM EN 590: 2014-05-01 Kraftstoffe für Fahrkraftzeuge – Dieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren, S.8

⁵⁸ Vgl. ÖNORM EN 590: 2014-05-01 Kraftstoffe für Fahrkraftzeuge – Dieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren, S.7

⁵⁹ ÖNORM EN 228:2013-01-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Unverbleiter Ottokraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren, S.2-3

⁶⁰ ÖNORM EN 228:2013-01-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Unverbleiter Ottokraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren

Ottokraftstoff darf bis zu 10% (Volumenanteil) Ethanol enthalten. Das zugegebene Ethanol muss der Norm EN 15376 entsprechen. Die Mischung von Benzin und Ethanol und ihre Anwendung ist in Punkt 3.2.2.2 behandelt.

3.2.1.3 Strom

Strom kann nicht als Kraftstoff direkt klassifiziert werden, jedoch wird er nach Definition den Betriebsstoffen zugeordnet. Die Baustromzuführung einer Baustelle hängt von der Stromversorgungsinfrastruktur sowie vom Strombedarf der konkreten Baustelle ab. Manchmal ist es notwendig, eigene Hochspannungsleitungen und Trafostation zu errichten. Grundsätzlich gibt es drei Stromversorgungsvarianten:

- Stromversorgung über das öffentliche Netz
In der Regel werden auf Baustellen Drehstrom (400 V) zum Antrieb von Geräten und Einphasenwechselstrom (230 V) für Bedienung der Beleuchtung und kleinen Geräten verwendet. Das Baustellenstromnetz besteht aus Anschluss- und Verteilerschränken sowie weiteren sekundären Komponenten. Die Anschlussschränke gewährleisten die Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz bzw. von einem Transformator. Die Anschlussschränke sind mit Zählertafeln, Anschlussklemmen für Verteilerschränke, Sicherungsanlagen etc. ausgerüstet. Die Verteilerschränke bilden das Innenversorgungsnetz. Der Typ und die Anzahl hängen von den konkreten Baustellenbedingungen ab. Eine besondere Stellung nimmt der Kranverteilerschrank ein, weil er getrennt von den anderen Verteilern angeschlossen werden soll. Im Falle einer Störung soll der Kran weiterhin mit Strom versorgt bleiben.
- Netzanschluss mit Notstromversorgung
Die Notstromversorgung muss die ununterbrochene Stromversorgung im Falle eines Ausfalls der primären Energiequelle sichern. Sie ist dann sinnvoll, wenn ein eventueller Stromausfall Schäden an Bauwerk und Geräten sowie eine Gefährdung von Personen verursachen kann. Um Kosten zu sparen, wird die Notstromversorgung nur für kritische Geräte bereitgestellt.
- Eigenstromerzeugung
Wenn die Baustelle sich sehr weit entfernt vom Stromnetz befindet, oder wenn es keine Anschlussmöglichkeit gibt, braucht die Baustelle eine eigene Stromerzeugungsanlage. Diese ist ein Maschinensatz, der aus Generator, Verbrennungsmotor (meistens Dieselmotor), Steuerung und Schaltanlage besteht. Außerdem muss eine Tankanlage mit ausreichendem Volumen für die Kraftstofflagerung bereitgestellt werden. Für einen problemlosen Betrieb ist die passende Dimensionierung des Energiebedarfes von größter Bedeutung.⁶¹

Die Errichtung und die Unterhaltung des Stromversorgungsnetzes unterliegen sehr strengen Regeln und Richtlinien, um die Sicherheit von Personen und Geräten zu garantieren.

⁶¹ Vgl. Schach (et.al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.134-171

3.2.2 Alternative Kraftstoffe

Von den zahlreichen Forschungen und Untersuchungen im Bereich der alternativen Energieressourcen für Straßenverkehr und mobile Arbeitsmaschinen haben einige Varianten großes Potential gezeigt. Für den Einsatz des einen oder anderen alternativen Kraftstoffes sind die folgenden Kriterien von Bedeutung:

- Großtechnische Herstellbarkeit
- Kosten
- Rohstoffverfügbarkeit
- Umweltvorteile (Abgasemissionen)
- Logistiksystem
- Kundenakzeptanz
- Gesamtenergiebilanz⁶²

Wichtig ist natürlich auch die Anpassungsfähigkeit an gegenwärtige Motoren und Maschinenteile. Die leichte Umrüstung der jetzt betriebenen Maschinen ist eine der Grundsätze für den kurzfristigen, erfolgreichen Markteinsatz. Die alternativen Kraftstoffe brauchen auch neue Additive, die die optimalen Qualitätseigenschaften des neuen Kraftstoffes sichern müssen. Die neuen Arten von Kraftstoffen finden allerdings Anwendung zuerst beim PKW- und LKW-Verkehr. Wenn man hier zuverlässige Resultate beobachtet, beginnen auch die Bau- und Landmaschinenhersteller, unter dem Druck zur Senkung der Abgasemissionen und Verbesserung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von mobilen Arbeitsmaschinen, alternative Kraftstoffe einzusetzen.

Bei Baumaschinen, die überwiegend mit Dieselmotoren betrieben werden, gibt es Untersuchungen meistens in der Richtung einen Ersatzkraftstoff für den Dieselmotor zu finden, obwohl die Baumaschinenhersteller auch neue Antriebslösungen ständig suchen. Aber weil die neuen Antriebskonzepten nicht ausreichend fortgeschritten sind, würden die alternativen Kraftstoffe (besonders diese für Dieselmotor) die leichteste Variante für einen kurzfristigen Einsatz sein.⁶³

Die alternativen Kraftstoffe lassen sich in folgenden Arten unterteilen:

- Fossile Kraftstoffe
 - Erdgas (CNG; LNG)
 - Flüssiggas (LPG)
- Biogene Kraftstoffe
 - Biogas
 - Methanol / Ethanol (ETBE; E85) / Butanol
 - Pflanzenöle (pur / hydriert)
 - Fettsäure-Methylester (Biodiesel)
- Synthetikraftstoffe (fossil: GTL, CTL; biogen: BTL)
- Wasserstoff (fossil, biogen, erneuerbar)⁶⁴

⁶² LVA 315.227 Kraft- und Schmierstoffe, alternative Kraftstoffe, 11.2013, Folie 108

⁶³ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, 34-56

⁶⁴ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008

Die biogenen Kraftstoffe werden nach sogenannten „Generationen“ unterteilt.

1. Generation
Gebrauch von Pflanzenfrüchten. Die restliche Biomasse wird als Futtermittel benutzt.
2. Generation
Die ganze Pflanze wird als Rohstoff für die Kraftstoffe benutzt.
3. Generation
Neue Produktionsmethode. Z.B. Biodiesel aus Algen oder Bio-Wasserstoff mit speziell gezüchteten Bakterienstämmen.

Die gegenwärtigen Biokraftstoffe gehören zu der ersten und zweiten Generation. Kraftstoffe der dritten Generation sind noch im Forschungsstadium.⁶⁵

Nur einige von den oben gelisteten alternativen Kraftstoffarten kommen im Bereich der Baumaschinen in Frage. Das sind Biodiesel (Fettsäure-Methylester) sowie Ethanol gemischt mit Benzin und Erdgas. Die meisten alternativen Kraftstoffe sind eigentlich noch in der Untersuchungs- und Erprobungsphase bei PKW, LKW, sowie NKW und mobilen Arbeitsmaschinen. Trotzdem haben sie ein großes Potential gezeigt und werden ein wichtiger Teil der Zukunft des Betriebes von Baumaschinen sein.

3.2.2.1 Biodiesel (Fettsäure-Methylester)

An erster Stelle bei den Ersatzmöglichkeiten von Dieselmotorkraftstoff kommt der Biodiesel. Er ist in hohem Maße an den Anforderungen des Dieselmotors angepasst. Mit gewissen Umrüstungen können die Baumaschinen Biodiesel verbrauchen. Biodiesel wird in der Praxis nicht als reiner Kraftstoff sondern in einem Mischgut aus Biodiesel und fossilem Diesel verbraucht. Die Hersteller geben Auskünfte, ob und welche ihrer Baumaschinen Biodiesel als Zugabe verbrauchen dürfen. Der Betrieb mit Biodiesel verursacht Änderungen in der Wartung, wie verkürzte Wechselintervalle der Schmierstoffe. Deswegen empfehlen die meisten Maschinenhersteller Anwendung von einem Mischgut bis maximal B20, d.h. ein höchstmöglicher Anteil an Biodiesel von 20%.⁶⁶

Biodiesel ist ein Sammelbegriff für alle Fettsäure-Methylester (FAME – Fatty Acid Methyl Ester) und ist chemisch sehr verschieden von fossilem Dieselmotorkraftstoff. Biodiesel wird aus pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten hergestellt. Die Rohstoffe für die Herstellung von Biodiesel werden in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen gewählt. In Amerika wird Sojaöl bevorzugt und in Asien das Palmöl. Für Europa ist das Rapsöl der Grundrohstoff für die Herstellung, es werden aber noch Sonnenblumen, Altspeiseöl und tierische Fette verwendet.

Pflanzenöle können sowohl für die Herstellung von Biodiesel (FAME) als auch selbst ohne weitere chemische Behandlung als ein Kraftstoff für Dieselmotoren benutzt werden. Als Kraftstoff kann das Pflanzenöl in jedem Verhältnis mit fossilem Diesel gemischt werden. Umrüstungen von Fahrzeugen und Maschinen sind aber notwendig. Für die Zündung wird Diesel verbraucht, weil er besser dafür geeignet ist, danach kann der Motor mit beiden Kraftstoffen gemischt oder nur

⁶⁵ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008

⁶⁶ Vgl. CATERPILLAR: Betriebs- und Wartungshandbuch, 01.2009, S.60

mit einem von beiden arbeiten. Pflanzenölbetrieb ist sehr kostengünstig, aber wegen der hohen Viskosität sowie anderen Eigenschaften treten viele Probleme im Betrieb auf.⁶⁷

Im Vergleich mit dem Biodiesel weisen Pflanzenöle niedrigere Eignung für Dieselmotoren auf. Trotzdem werden sie, wegen den niedrigeren Kosten, bei PKW-Verkehr oft verbraucht. Es gibt auch Forschungen für den Einsatz von Pflanzenöl-Diesel-Gemisch bei Baumaschinen (Periode von 2005 bis 2008 „Umotec GmbH“). Der Betrieb ist aber komplizierter und problematisch. Pflanzenöle verursachen oft Motorschäden. Daher ist die weitere Bearbeitung von Pflanzenölen zu Biodiesel die bessere Technologie.⁶⁸

Tabelle 6 gibt die in Europa geltenden Grenzwerte für die wichtigsten Kenngrößen des Biodiesels gemäß EN 14214 an.

Tabelle 6: Allgemeine Anforderungen an Biodiesel⁶⁹

| Kenngröße | Anforderung an Biodiesel |
|---------------------------------|---|
| Dichte bei 15 °C | 860,0 – 900,0 kg/m ³ |
| Cetanzahl | > 51 |
| Fettsäure-Methylester-Gehalt | >96,5% (m/m) |
| Schwefelgehalt | <10 mg/kg |
| Flammpunkt | >101°C |
| Viskosität bei 40 °C | 3,50 – 5,00 mm ² /s |
| CFPP | Österreich Sommerware – Klasse A (+5°C) Winterware – Klasse F (-20°C) Bulgarien Sommerware – Klasse A (+5°C) Winterware – Klasse F (-20°C) |
| Kraftstoffäquivalenz zu Diesel* | 0,91 ⁷⁰ |

* Energiegehalt im Vergleich mit Diesel

Die Hersteller von Baumaschinen müssen sich an die immer strenger werdenden Richtlinien bezüglich Abgasemissionen anpassen. Die in den letzten Jahren neu hergestellten Baumaschinen sind mit einem Abgasnachbehandlungssystem ausgerüstet und eignen sich im Prinzip auch für den Betrieb mit Biodiesel. Aber weil der Biodiesel noch ein sehr junger Kraftstoff ist, fehlen noch zuverlässige Erfahrungen für die gegenseitige Beeinflussung von Biodiesel und Baumaschine. Die Liefermöglichkeiten für Biodiesel sind auf internationaler Ebene noch sehr beschränkt. Aber zu einem gewissen Anteil (7% gemäß EN590) kann Biodiesel problemlos dem Dieselmotoren zugegeben werden. Die Hersteller von Baumaschinen empfehlen eine Zugabe von Biodiesel nur bis maximal 20%, um das Schadensrisiko zu vermindern. Probleme könnten wegen der unterschiedlichen Wartung, des nicht gut erforschten Kälteverhaltens und des Betriebes bei realen Arbeitsbedingungen entstehen. Diese Probleme, sowie die unkalkulierbaren Kosten, sind oft für die Bauunternehmen entscheidend im Hinblick auf ihre Auswahl an Baumaschinen und Kraftstoffen.⁷¹

⁶⁷ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.62-70

⁶⁸ Vgl. <http://pflanzenoele.blogspot.co.at/2008/07/baumaschinenbetrieb-mit-pflanzenl.html>, 12.2014

⁶⁹ Vgl. ÖNORM EN 14214:2014 04 01 Flüssige Mineralölerzeugnisse – Fettsäure-Methylester (FAME) zur Verwendung in Dieselmotoren und als Heizöl – Anforderungen und Prüfungen, S. 9-10

⁷⁰ Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.63

⁷¹ Vgl. Energiepoint Forum: <http://forum.energiepoint.de/post9906.html>, 12.2014

3.2.2.2 Ethanol

Der Ethanol-Kraftstoff wird überwiegend als Beigabe zum Ottokraftstoff verwendet. Eine Beigabe zum Benzin bis zu 10% Ethanol wird gemäß EN 228 noch als Benzin bezeichnet.⁷²

Ethanol ist ein farbloser, leichtentzündlicher Alkohol und kann sowohl aus fossilen Rohstoffen, als auch aus biogenen Rohstoffen hergestellt werden. Zwischen beiden gibt es keinen chemischen Unterschied und sie haben dieselben Eigenschaften. Bioethanol wird aus zucker- oder stärkehaltigen Pflanzen (Zuckerrohr, Mais) durch Vergärung produziert. Es ist möglich auch zellulosehaltige Pflanzenbestandteile (z.B. Holz, Stroh) zu verwenden, aber dieses Verfahren ist noch sehr teuer. Die Kohlenhydrate oder Stärke, die in den Rohstoffen enthalten sind, werden durch Enzyme oder Hefepilze in Alkohol umgewandelt. Die größten Bioethanol-Produzenten sind in Brasilien, USA, China, Indien und Spanien zu finden, weil die vorhandenen Ausgangspflanzen einen höheren Zuckergehalt haben, was die Herstellung und überhaupt den Verbrauch wesentlich wirtschaftlicher macht.⁷³

Ethanol wird nicht nur als Kraftstoff benutzt, sondern auch als Lösungsmittel, in Parfümerieprodukten, Reinigungsmittel, Frostschutzmittel und als Lebensmittelzusatz. Die Hauptmenge des hergestellten Ethanols wird in Form von alkoholischen Getränken verbraucht.

Tabelle 7: Eigenschaften von Bioethanol⁷⁴

| Kenngroße | Anforderung an Bioethanol |
|---|---|
| Ethanolgehalt und Gehalt an höheren gesättigten Alkoholen | >98,7%(Massenanteil) |
| Dichte bei 15 °C | 760,0 – 800,0 kg/m ³ |
| Oktanzahl | >100,0 |
| Flammpunkt | <21 °C |
| Aussehen | Klar und farblos |
| Wassergehalt | <0,400%(m/m) |
| Phosphorgehalt | <0,15 mg/l |
| Schwefelgehalt | <10 mg/kg |
| Klimatisch abhängige Anforderungen (Dampfdruck und Gehalt von Ethanol und höhere gesättigte Alkohole) | Sommerware – Klasse A Winterware – Klasse B Übergangsperiode – Zwischengrenzwerte |
| Kraftstoffäquivalenz zu Benzin* | 0,65 l |

*Energiegehalt im Vergleich mit Benzin

Ethanol hat eine höhere Oktanzahl im Vergleich zu Benzin (Ethanol >100, Benzin >95), deshalb bringt Ethanol eine höhere Leistung. Wegen seiner geringen Zündwilligkeit ist reiner Ethanol nicht für den Verbrauch in Verbrennungsmotoren geeignet. Bei niedrigeren Temperaturen können Startprobleme auftreten. Um diese zu vermeiden wird Ethanol mit 15% Benzin gemischt. Dieses Gemisch wird als E85 bezeichnet.⁷⁵ Die Anforderungen an E85 sind in EN 15293:2014-05-01 geregelt. Und die Anforderungen an Ethanol als Blendkomponente (Beimischung) in Ottokraftstoff (gültig auch für E85) sind in EN15376:2014-12-01 geregelt.

⁷² Vgl. ÖNORM EN 228:2013-01-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Unverbleiter Ottokraftstoff

⁷³ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.84-87

⁷⁴ Quellen: EN15376:2014-12-01; EN 15293:2014-05-01; Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.84

⁷⁵ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.84-85

Gegenwärtig wird Ethanol für Baumaschinen nicht genutzt. Untersuchungen sowie Erprobungen in der Praxis gibt es schon bei Nutzfahrzeugen und LKWs. Bei PKWs wird Ethanol erfolgreich in Brasilien und Schweden eingesetzt.⁷⁶

Für die Anwendung von Ethanol in einem Dieselmotor sind gewisse Umrüstungen notwendig. Im Jahre 2008 präsentierte „bioltec systems GmbH“ eine neue Technologie für Verbrauch von Ethanol in Seriidieselmotoren. Ein Gemisch von Diesel und Ethanol in variablen Gehalten wird durch das bioltec® System zum Motor gebracht. Das Gemisch wird unmittelbar im Betrieb erzeugt. Mit diesem System braucht der Motor selbst keine Modifikationen. Die gemessenen Partikelemissionen weisen eine drastische Senkung auf. Mit dem bioltec System können sowohl Ethanol als auch Methanol, Butanol und E85 benutzt werden. Diese Technologie wurde in der Praxis bei LKWs erprobt. Bei guten Ergebnissen kann der Einsatz bei Baumaschinen erfolgen.⁷⁷

3.2.2.3 Erdgas

Erdgas ist ein fossiler Energieträger, der gemäß den Vorratsschätzungen eine höhere Verfügbarkeit als Mineralöl hat. Außerdem erzeugt Erdgas deutlich weniger Schadstoffe. Gemäß vielen Experten könnte Erdgas als ein Übergangskraftstoff im Prozess der Abkehr von fossilen Mineralölprodukten benutzt werden. Erdgas wird seit langem für die Hausenergieversorgung verwendet. Weitere Anwendungen sind z.B. als Kraftstoff für Heizkraftwerke mit Gasmotoren und im Bereich des Straßenverkehrs als alternativer Kraftstoff für Ottomotoren.

Erdgas ist ein Gasgemisch, das hauptsächlich aus Methan (CH₄) besteht. In Abhängigkeit vom Ursprung beinhaltet das Erdgas mehr oder weniger Methan. Je höher der Anteil an Methan ist, desto höher ist der Heizwert. Deswegen sind zwei Gruppen definiert: Gruppe H (high caloric gas) und Gruppe L (low caloric gas). Tabelle 8 gibt einen Vergleich von Erdgas mit Benzin und Diesel in Bezug auf den Heizwert.

Tabelle 8: Vergleich des Energiegehalts von Erdgas, Benzin und Diesel⁷⁸

| | Benzin | Diesel |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 1 kg Erdgas (H-Gas) | 1,5 l | 1,33 l |
| 1 kg Erdgas (L-Gas) | 1,3 l | 1,1 l |

Erdgas wird in der Regel unter Druck in Gasbehältern gespeichert (CNG – Compressed Natural Gas). Es kann durch Kühlung bis zu tiefen Temperaturen verflüssigt werden (LNG – Liquefied Natural Gas). Der Transport über große Entfernungen ist in flüssiger Form effizienter.⁷⁹

Als Alternative zum Benzin für Ottomotoren in PKWs hat Erdgas schon seit Jahrzehnten einen Teilerfolg erzielt. Die Ursache dafür sind die niedrigeren Kosten. Es gibt kleine Maschinen, die mit Erdgas betrieben werden, wie z.B. Gabelstapler. Aber für schwere Baumaschinen gilt der Einsatz von Erdgas und Ottomotor als eine nicht ausreichend effiziente und wirtschaftliche Lösung. Forschungen aus den letzten Jahren zeigen, dass ein Dieselmotor erfolgreich mit einer Erdgas-Diesel-Mischung arbeiten kann. Ein Erdgas-Diesel-Motor kann mit bis zu 90% Erdgas

⁷⁶ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.86

⁷⁷ bioltec systems GmbH: <http://www.bioltec.de/index.php?hp=633>, 12.2014

⁷⁸ Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.118

⁷⁹ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S. 117-130

betrieben werden. Mit Hilfe eines Elektromotors kann ein Hybridsystem gebaut werden und mehr Kraftstoff eingespart werden. Nach Aussagen der Forscher eignet sich diese Technologie für den Betrieb größerer Maschinen.⁸⁰

3.2.2.4 Weitere alternative Kraftstoffe

Es wird erforscht, ob **Biogas** (Biomethan) als Ersatz oder Beimischung zu Erdgas dienen kann. Dadurch könnte Erdgas noch umweltfreundlicher werden. Biogas ist klimaneutral, weil bei der Verbrennung nur so viel CO₂ ausgeschieden wird wie beim Pflanzenwachstum gebunden wurde. Es gibt eine Vielfalt an Rohstoffen für die Herstellung von Biogas - verschiedene landwirtschaftliche Reststoffe wie z.B. Stroh, Gras, organische Abfälle von den Haushalten und Großküchen. Die Voraussetzung ist nur ein niedriger holziger Anteil. Bei der Herstellung wird die Gewinnung von Biogas mit einem ähnlich hohem Gehalt an Methan wie Erdgas erzielt, so dass die Beimischung von Biogas mit Erdgas zweckmäßig wäre.

Flüssiggas (LPG – Liquefied Petroleum Gas, oder auch Autogas) wird erfolgreich im Ottomotor eingesetzt und ist weit verbreitet im PKW-Verkehr. Flüssiggas ist ein Gasgemisch von Propan und Butan, das unter Druck verflüssigt wird. LPG ist ein Produkt der Verarbeitung von Öl in Raffinerien, d.h. es hat einen fossilen Ursprung. Daher kann Flüssiggas langfristig als alternativer Kraftstoff nicht angesehen werden.

Wasserstoff als Kraftstoff wird seit langem erforscht. Aber er gilt noch als eine Technologie der Zukunft. Einige Erprobungen im Bereich des PKW-Verkehrs werden von den Automobilkonzernen durchgeführt. Trotzdem gibt es noch viele wichtige Aufgaben zu lösen. Eine schwierige Aufgabe ist die Speicherung von Wasserstoff sowie die Betankungsinfrastruktur. Langfristig gesehen ist es wahrscheinlich dass sich die Wasserstofftechnologie als effizient und umweltfreundlich durchsetzen kann.

3.2.3 Umwelteinfluss von Kraftstoffen und Abgasnachbehandlung

Die Kraftstoffe stellen eine Gefahr sowohl für die Luftqualität nach der Verbrennung in einem Motor, als auch in flüssiger Form dar. Sie sind sehr stark brand- und explosionsgefährlich. Um einen gefahrlosen Transport und Lagerung der Kraftstoffe sicherzustellen, müssen strenge Regeln eingehalten werden. Die Mineralöle, zu den auch die Kraftstoffe gehören, sind gefährliche Abfälle. Sie sind wassergefährdend und dürfen in die Umwelt nicht freigegeben werden. Die Vorschriften über den Umgang mit den Kraftstoffen und den Schmierstoffen sind in Punkt 3.5 erläutert. Dieser Punkt behandelt den Umwelteinfluss von Kraftstoffen beim Verbrennen. Die Umweltauswirkungen von Mineralölen werden im Detail in Punkt 3.3.4 behandelt.

3.2.3.1 Abgasemissionen

Bei der Verbrennung von Kraftstoffen werden Abgase freigesetzt, die Umwelt- und Gesundheitsschäden wie z.B. sauren Regen, den Treibhauseffekt und verschiedene

⁸⁰ Springer: <http://www.springerprofessional.de/eth-forscher-entwickeln-erdgas-diesel-hybridmotor/4708110.html>, 12.2014

Erkrankungen bei Menschen und Tieren verursachen. Diese Emissionen, die als sehr giftig oder schädlich erwiesen sind, werden gesetzlich limitiert. Die folgenden Emissionen haben nachweislich schädliche Auswirkungen:

- *Kohlenwasserstoffe* (C_nH_m) entstehen bei nicht vollständiger Verbrennung der Kraftstoffe und gelten als krebserregend. Kohlenwasserstoffe mit einer starken karzinogenen Wirkung sind die polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) sowie Benzol, Toluol, Xylol (BTX).
- *Kohlenmonoxid* (CO) stört die Sauerstoffaufnahme des Blutes und ist sehr gefährlich für die Gesundheit.
- *Stickoxide* (NO_x) entstehen bei hohen Verbrennungstemperaturen im Motor und tragen zur Smogbildung, sauren Regen und Erkrankungen der Atmungsorgane bei.
- *Ruß- und Feinpartikeln* haben eine krebserzeugende Wirkung.
- *Schwefeldioxid* (SO_2) treten bei Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Energieträgern auf. Vermischt mit Wasser und Salpetersäure führt Schwefeldioxid zur Bildung von saurem Regen.
- *Kohlendioxid* (CO_2) ist grundsätzlich nicht schädlich und ist ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Trotzdem, trägt CO_2 zum Treibhauseffekt bei und gilt deswegen als schädlich.
- *Formaldehyd* (HCHO oder CH_2O) ist ein Nebenprodukt bei jedem Verbrennungsprozess und hat karzinogene Wirkung.⁸¹

Die Abgasbestandteile hängen von der Art und Qualität der Kraftstoffe sowie vom Verbrennungsprozess ab. Tabelle 9 stellt ein Vergleich zwischen den verschiedenen Energiequellen in Bezug auf Abgasemissionen dar. Aus der Tabelle kann man feststellen, dass die alternativen Kraftstoffe eher ungünstig im Vergleich zu den konventionellen Kraftstoffen sind. In Bezug auf die Abgase weist Diesel bessere Parameter als Benzin auf, ausschließlich Stickoxide- und Rußpartikelemissionen. Verglichen mit dem Benzin ist LPG viel umweltfreundlicher, aber leider findet LPG fast keinen Einsatz im Bereich der Baumaschinen. Pflanzenöl und Biodiesel verursachen geringere Mengen CO_2 als gewöhnlicher Diesel, aber Pflanzenöle produzieren mehr Partikelemissionen.

Tabelle 9: Vergleich verschiedener Energieträger⁸²

| | Benzin mit Kat. | LPG mit Kat. | Diesel | Biodiesel | Pflanzenöl | CNG mit Kat. | Wasserstoff | Batterie |
|----------|-------------------------------|--------------|--------|-----------|-----------------------------------|--------------|-------------|----------|
| Eignung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Kosten | 0 | 0 | + | - | - | - | --- | --- |
| CO | 0 | +++ | + | + | + | +++ | +++ | + |
| HC | 0 | +++ | + | + | + | ++ | +++ | + |
| NO_x | 0 | ++ | - | - | - | +++ | ++ | + |
| CO_2 | 0 | ++ | + | ++ | ++ | ++ | +++ | - |
| Partikel | 0 | +++ | - | - | --- | +++ | +++ | +++ |
| +++ | Viel besser als Durchschnitt | | | - | Etwas schlechter als Durchschnitt | | | |
| ++ | Besser als Durchschnitt | | | -- | Schlechter als Durchschnitt | | | |
| + | Etwas besser als Durchschnitt | | | --- | Viel schlechter als Durchschnitt | | | |
| 0 | Durchschnitt | | | | | | | |

⁸¹ Vgl. Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.40-46

⁸² Geitmann: Alternative Kraftstoffe, 2008, S.116

Es gibt verschiedene Strategien und Maßnahmen zur Schadstoffverminderung. In der Europäischen Union werden die Grenzwerte der Abgasemissionen von Industriemotoren inklusive Motoren für Baumaschinen durch die Richtlinie 97/68/EG (letzte Änderung mit Richtlinie 2012/46/EU) geregelt. Die Strategie sieht eine stufenweise Verminderung der Abgasemissionen von Industriemotoren in Abhängigkeit von der Leistungsklasse des Motors vor. Stufe IV ist seit 2013 für Leistungsklasse 56 – 129 kW und seit 2014 für Leistungsklasse 130 – 560 kW gültig. D.h. alle neu hergestellten Maschinen müssen die vorgegebenen Emissionsgrenzwerte einhalten. Stufe IV ist die letzte Stufe, gemäß 2011/88/EU (Änderung der Richtlinie 97/68/EG), aber es gibt Diskussionen über eine weitere strengere Stufe V.⁸³

Stufe IV begrenzt 4 Schadstoffarten - Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (HC), Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (PM). Die Grenzwerte von Stufe IV sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 10: Emissionsgrenzwerten – Stufe IV / Tier 4 final⁸⁴

| | CO | HC | NO _x | PM |
|--------------|-----------|------------|-----------------|-------------|
| 56 – 129 kW | 5,0 g/kWh | 0,19 g/kWh | 0,4 g/kWh | 0,025 g/kWh |
| 130 – 560 kW | 3,5 g/kWh | 0,19 g/kWh | 0,4 g/kWh | 0,025 g/kWh |

Die Emissionsverminderungsstrategie der EU zwingt die Hersteller von Land- und Baumaschinen, bei Betrachtung einer 15 jähriger Periode, die Emissionen von ihren neuhergestellten Maschinen um ca. 95% zu reduzieren (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für Industriemotoren⁸⁵

Die europäische Stufe IV entspricht der in den USA gültigen Norm Tier 4 final. In allen Regionen der Welt werden Emissionsverminderungsmaßnahmen getroffen. In der Abbildung 10 wird die geplante Einführung der emissionsbeschränkenden Normen für Offroad- und Industriemotoren in einige der weltweit führenden Märkte (Europa, USA, Japan) und in die Märkte der Schwellenländer China, Indien und Brasilien dargestellt. Es werden in den nächsten Jahren

⁸³ Richtlinie 97/68/EG (letzte Änderung mit Richtlinie 2012/46/EU)

⁸⁴ Agriaffaires Blog: <http://blog.agriaffaires.de/2012/09/05/eu-abgasnormen-landmaschinen/>, 12.2014

⁸⁵ ATZ offhighway , 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.7

strengere Abgasvorschriften für die Schwellenländer erwartet, die vergleichbar mit den europäischen sind.

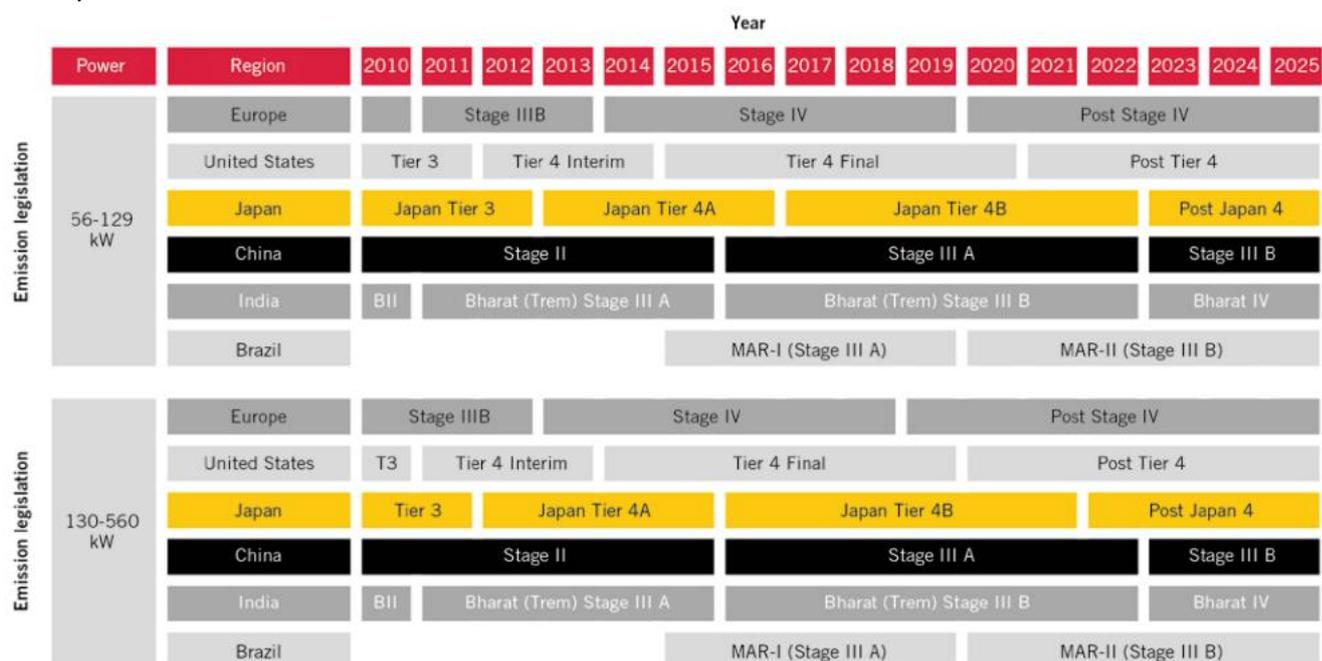


Abbildung 10: Globale Emissionsgesetzgebung für Industriemotoren⁸⁶

Die gültigen Emissionsgrenzwerte lassen sich nicht nur mit innermotorischen Maßnahmen erreichen. In den meisten Fällen ist es eine nachmotorische Abgasnachbehandlung erforderlich. Die Nachbehandlungssysteme sollen effektiv, wartungsarm und dauerhaft sein, um die damit verbundenen Zusatzkosten auf ein Minimum zu halten.⁸⁷

3.2.3.2 Abgasnachbehandlung

Für die Emissionsreduktion von Offroad- und Industriemotoren werden eine Vielzahl von Konzepten in der Serienproduktion eingesetzt. Dies beinhaltet Konfigurationen mit und ohne Dieselpartikelfilter, kombinierte AGR- und SCR-Ansätze (AGR – Abgasrückführung, SCR – selektive katalytische Reduktion) etc.⁸⁸

- **Abgaskühlung und Abgasrückführung (AGR)** – ein Teil der Abgase wird noch einmal in den Motor zurückgeführt, in Form einer Mischung mit frischer Luft. Die Rückführung von sauerstoffarmem und kohlendioxidhaltigem Abgas führt zur Abnahme der Verbrennungsgeschwindigkeit und auf diese Weise zur Verringerung der Verbrennungstemperatur. Die niedrigere Temperatur verringert die Bildung von Stickoxiden.⁸⁹
- **SCR-Katalysator (selective catalytic reduction)** ist ein System für die selektive Reduktion der Stickoxide. Im SCR-Katalysator wird die Abgaskomponente Stickoxid (NOx) selektiv zu Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O) umgewandelt. So wird der Ausstoß

⁸⁶ ATZ offhighway , 07.2013, Rosefort: Integrative Konzepte zur Emissionsreduzierung und Abgasnachbehandlung, S.7

⁸⁷ Vgl. ATZ offhighway , 03.2013, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte, S.7

⁸⁸ ATZ offhighway , 07.2013, Rosefort: Integrative Konzepte zur Emissionsreduzierung und Abgasnachbehandlung, S.4

⁸⁹ Vgl. Kfz-Technik: <http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/abgas/abgasrueckfuehrung.htm>, 07.2015

von Stickoxiden um ca. 90% reduziert. Für die chemische Umwandlung wird ein zusätzlicher Betriebsstoff benutzt. Dies ist eine wässrige Harnstofflösung, z.B. AdBlue® (ISO 22241-1 / AUS 32). Damit dieses System funktioniert, ist ein zusätzlicher Tank nötig. Der Verbrauch von AdBlue hängt vom Stickoxidausstoß ab. Diese Technologie ist von zusätzlichen Betriebskosten begleitet, aber ohne sie können die Grenzwerte der Stufe IV sehr schwierig erreicht werden.⁹⁰

- **Dieselpartikelfilter** ist eine Einrichtung zur Reduzierung der Rußpartikeln von Dieselmotoren. Es gibt grundsätzlich zwei Funktionsweisen: *Wandstromfilter* und *Durchflussfilter*. Bei Wandstromfiltern wird das Abgas gezwungen, durch die feinporige Keramikstruktur durchzufließen. Die Rußpartikeln verbleiben auf der Porenoberfläche und werden periodisch verbrannt. Im Filter bleibt Asche als Restprodukt, deswegen muss er in gewissen Zeitintervallen gereinigt oder gewechselt werden. Beim Durchflussfilter fließt das Abgas an der inneren Oberfläche entlang, wo sich die Rußpartikeln ablagern. Bei diesem Filtertyp ist der Filtrationswirkungsgrad wesentlich kleiner.⁹¹

3.3 Schmierstoffe

Schmierstoffe sind Betriebsstoffe, die viele wesentliche Aufgaben bei dem Betrieb von Geräten ausführen. Die wichtigsten von ihnen sind schmieren, Verschleißverringerung, Wärmeübertragung, Übertragung von Kräften, Korrosionsschutz, abdichten, dispergieren von festen Fremdstoffen. Ein Schmierstoff besteht aus einer Basisflüssigkeit (in der Regel Mineral – oder Synthetikbasisöl) und Additiven, die die erwünschten Eigenschaften erzielen. Die gegenwärtigen Öle haben sehr spezifische Funktionen, deshalb darf man die unterschiedlichen Arten von Schmierstoffen nicht ersetzen. Dies könnte große Schäden verursachen.⁹²

Die Schmierstoffe lassen sich nach Aggregatzustand, Rohstoffart und Anwendung unterteilen. Wenn man den Aggregatzustand betrachtet, unterscheidet man vier Gruppen von Schmierstoffen:

- Flüssige Schmierstoffe
- Schmierfette
- Festschmierstoffe (Graphit)
- Gasförmige Schmierstoffe (Luft)⁹³

Nach der Anwendung unterscheiden sich die folgenden Hauptgruppen:

- Hydrauliköle
- Motoröle
- Getriebeöle
- Traktoröle (universelle Öle)
- Bremsflüssigkeiten⁹⁴

⁹⁰ Vgl. Volkswagen: <http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/scr-katalysator.html>, 07.2015

⁹¹ Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Partikelfilter.html#Durchflussfilter>, 07.2015

⁹² Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmierstoff.html>, 12.2014

⁹³ Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmierstoff.html>, 12.2014

Nach der Rohstoffart unterteilt man drei Gruppen:

- Mineralische Öle – hergestellt aus Erdöl
- Natürliche Öle – Pflanzenöle und tierische Öle
- Synthetische Öle⁹⁵

Die Kennwerte der Basisöle haben nur eine untergeordnete Bedeutung für die Qualität eines Schmieröls. Eine wichtigere Rolle spielen die Alterung (Oxidation) und die Gebrauchseigenschaften. Die Alterung der Schmieröle beeinflusst wesentlich die Gebrauchseigenschaften. Sie kann nicht vermieden werden, sondern nur mittels Antioxidantien-Additiven verzögert werden. Die Gebrauchseigenschaften bestimmen die Funktionalität und die Eignung eines Schmieröls für den Verbrauch in verschiedenen Systemen und bei verschiedenen Bedingungen.⁹⁶ Die wichtigsten Eigenschaften sind:

- Viskositäts-Temperatur-Verhalten
- Oxidationsstabilität
- Luftabscheidevermögen
- Demulgiervermögen⁹⁷
- Verkokungsneigung⁹⁸
- Kälteeigenschaften
- Additivansprechverhalten
- Wechselwirkung mit Elastomeren
- Biologische Abbaubarkeit⁹⁹

Für die verschiedenen Einsatzfälle sind unterschiedliche Eigenschaften optimal. Die Baumaschinenhersteller untersuchen für welche Öle die Maschinen einen dauerhaften, problemlosen Betrieb gewährleisten und empfehlen Listen mit geeigneten Schmierölen und ihren Anwendungsbereich.¹⁰⁰

3.3.1 Hydrauliköle

Wie in Punkt 2.3.1.4 beschrieben ist, ist das Hydrauliksystem für die Betätigung von fast allen Arbeitseinrichtungen in einem Baugerät notwendig. Die Hauptaufgabe der Hydraulikflüssigkeit ist die Übertragung von Kräften. Abbildung 11 gibt einen Überblick über die Aufgaben, die ein Hydrauliköl ausführen muss, zu welchem Zweck und die damit verbundenen Eigenschaften. Sie gelten auch zu einem großen Teil für die anderen Arten von Schmierstoffen.

⁹⁴ Vgl. LVA 315.227 Kraft- und Schmierstoffe, Teil Schmierstoffe, 11.2014, Folie 2

⁹⁵ Vgl. CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmier%C3%B6l.html>, 12.2014

⁹⁶ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.110

⁹⁷ Demulgiervermögen (Demuerverhalten) – Wasserabscheidevermögen, Prüfverfahren nach DIN ISO 6614

⁹⁸ Verkokung – Bildung und Ablagerung von Ölkoks bei thermischer Belastung von Mineralölen

⁹⁹ Vgl. LVA 315.227 Kraft- und Schmierstoffe, Teil Schmierstoffe, 11.2014, Folie 10

¹⁰⁰ Vgl. CHEMIE.DE: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmier%C3%B6l.html>, 12.2014

| Durchzuführende Aufgaben | zu welchem Zweck | zu berücksichtigende Eigenschaften |
|--------------------------|--|---|
| Energietransport | Arbeit | Fließvermögen, Viskosität, Viskosität-Temperatur-Verhalten |
| Dichtung | geringer Energie-Verlust | |
| Kühlung | Wärmeabfuhr | |
| Korrosionsschutz A | Passivierung Neutralisationsvermögen | Wirkstoffe (gegenüber Stahl) (gegenüber Buntmetall) |
| Schmierung | Reibungsminderung Verschleißminderung | Wirkstoffe (Reibungsminderung) (Stick-Slip-Verhinderer) (Verschleißminderer) (Druckaufnahmeverbesserer) |
| Sauberkeit B | Einwandfreie Funktion | Wirkstoffe (Oxydationsminderer) (Detergentien) (Dispersants) |

A – gegenüber chemischen Veränderungen durch Sauerstoff, Säuren, Laugen, Wasser

B – gegenüber mechanischen Verschmutzungen durch Sand, Abrieb, Staub, öllunlöslichen Oxidationsprodukte

Abbildung 11: Aufgaben einer Hydraulikflüssigkeit¹⁰¹

Die wichtigsten Eigenschaften von Hydraulikölen sind:

- Viskosität und Fließverhalten
- Demulgiervermögen
- Alterungsverhalten
- Luftabscheidungsvermögen
- Korrosionsschutzvermögen
- Wechselwirkung mit Elastomeren

Nach einer groben Übersicht der notwendigen Betriebsstoffmengen der verschiedenen Baugeräte kann man leicht feststellen, dass das Hydrauliköl bei Baugeräten in sehr großen Mengen gebraucht wird. Zum Beispiel das Hydrauliksystem eines Kettenbaggers CAT 320E mit einer Motorleistung von 112 kW hat eine Kapazität von 260 l. Die Gesamtmenge der anderen Schmierstoffe (Kühlsystem 30 l, Motoröl 23 l, Schwenkantrieb 8 l und Seitenantrieb je 8 l) für diese Maschine ist nur 77 l.¹⁰² Normalerweise wird das Hydrauliköl alle 2000-5000 Betriebsstunden (Bh) oder nach Herstelleranweisungen gewechselt oder gefiltert. Die Diagnostizierung dient zur Früherkennung von Schäden und zur Vermeidung von hohen

¹⁰¹ Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.109

¹⁰² Zeppelin Baumaschinen GmbH, Datenblatt 320E: <http://www.zeppelin-cat.de/produkte/bagger/cat-kettenbagger-13-bis-40-t.html>, 01.2015

Reparaturkosten. Nach der Höhe der Eisen- und Siliziumwerte wird festgestellt, welche Probleme es bei dem Betrieb eines Gerätes gibt. In dem Falle, dass der Anteil der Fremdpartikeln zu hoch ist, muss die Hydraulikflüssigkeit gewechselt oder filtriert werden. Das Filtrieren und die Wiederverwendung des Hydrauliköls können den Verbrauch um 50% reduzieren.¹⁰³

3.3.2 Motoröle

Die Hauptaufgaben von Motorölen sind Schmierem, Kühlen, Reinigen, Schützen, Abdichten und Kraftübertragung. Die Motoren sind unter hohen Temperaturen ausgesetzt. Eine der wichtigsten Eigenschaften der Motoröle ist deshalb ihre höhere Temperaturbeständigkeit. Weitere wichtige Anforderungen sind längere Lebensdauer, niedrige Viskosität, niedrige Verdampfung und niedriger Aschegehalt.

Die früher gebrauchten Motoröle wurden in Sommer- und Winteröle unterteilt. Heute sind die Eigenschaften der Motoröle mithilfe von Additiven optimiert und es ist nicht notwendig, verschiedene Motoröle im Sommer und Winter einzusetzen. Solche Öle werden Mehrbereichsöle genannt.¹⁰⁴ Ihre Bezeichnungen nach SAE (Society of Automotive Engineers) sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Viskositätsklassen J300 von Motorölen nach SAE¹⁰⁵

| Mehrbereichsöle | Niedrigtemperatur-Viskosität | Hochtemperatur-Viskosität |
|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| SAE 0W-40 | SAE 0W | SAE 40 |
| SAE 5W-40 | SAE 5W | SAE 40 |
| SAE 10W-40 | SAE 10W | SAE 40 |
| SAE 10W-60 | SAE 10W | SAE 60 |
| SAE 20W-60 | SAE 20W | SAE 60 |
| SAE 15W-40 | SAE 15W | SAE 40 |
| SAE 20W-50 | SAE 20W | SAE 50 |

Die erwünschten Eigenschaften der Motoröle werden durch Zugabe von Additiven erzielt. Für Motoröle kommen die folgenden Additive zum Einsatz:

- Alterungsschutzadditive,
- Detergents/Dispersants¹⁰⁶,
- Korrosions- und Rostschutzadditive,
- Extreme Pressure/ Antiwear - EP/AW-Additive,
- Reibwertveränderer
- Viskositätsindex-Verbesserer
- Pourpoint-Erniedriger
- Antischaum-Wirkstoffe u.a.¹⁰⁷

¹⁰³ Vgl. Höpke (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991, S.10

¹⁰⁴ Vgl. CHEMIE.DE: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmier%C3%B6l.html>, 01.2015

¹⁰⁵ Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Motor%C3%B6l,12.2014>

¹⁰⁶ Detergent-/Dispersantadditive sollen sowohl feste und flüssige Verschmutzungen umhüllen und im Öl in Schwebelage halten als auch saure Produkte neutralisieren.

¹⁰⁷ Vgl. ARAL AG: <http://www.aral-lubricants.de/know-how/schmierstoff-wissen/additive/arten-von-additiven/>, 01.2015

Es existieren viele Standardnormen und Spezifikationen für Motoröle. Die größten Auto- und Maschinenhersteller veröffentlichen auch eigene Spezifikationen. Die am meisten verbreiteten Normen sind von den unten gelisteten Organisationen veröffentlicht:

- **ACEA** (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) ist der Interessenverband der europäischen Automobilindustrie und hat die folgende Klassifikation:
 - ACEA Klasse A – Motorenöl für Ottomotoren in PKW
 - ACEA Klasse B – Motorenöl für Dieselmotoren in PKW und leichten Nutzfahrzeugen
 - ACEA Klasse C – Motorenöl für Otto- und Dieselmotoren mit neuen Abgasnachbehandlungssystemen (z. B. Dieselpartikelfilter)
 - ACEA Klasse E – Motorenöl für Dieselmotoren in Nutzfahrzeugen und LKWDie Klassen werden mit Ziffern ergänzt, die die Standardqualität und Prüfungsnormen zeigen.
- **API** (American Petroleum Institute) verwendet die folgenden Bezeichnungen:
 - API – S für Ottomotoren in PKW.
 - API – C für Dieselmotoren in Nutzfahrzeugen und LKWDiese Klassen haben auch untergeordnete Zahlenbezeichnungen.
- **SAE** (Society of Automotive Engineers) – Viskositätsklassen (siehe Tabelle 11).¹⁰⁸

Die Motoröle bei Baugeräten haben kürzere Wechselintervalle im Vergleich mit den Hydraulikölen – 500 Bh oder kürzer, in Abhängigkeit von den spezifischen Anforderungen.

3.3.3 Weitere Schmierstoffe

Die **Getriebeöle** sind Schmieröle mit spezifischen Eigenschaften in Abhängigkeit von den konkreten Einflüssen und des Getriebetyps. Es gibt Schaltgetriebe, Automatikgetriebe, Achsgetriebe (z.B. Hypoidgetriebe), Verteilergetriebe etc. Die verschiedenen Getriebetypen stellen auch verschiedene Anforderungen an Schmieröle. Das Automatikgetriebe erfordert so spezifische Öleigenschaften, dass die dazu geeigneten Schmieröle keine andere Anwendung finden können.¹⁰⁹

Neben den Spezifikationen von SAE, API etc. wurden zahlreiche Firmenspezifikationen durch die Fahrzeug- und Maschinenhersteller entwickelt. Die Anforderungen der Maschinenhersteller sind maßgebend für den Einsatz.

Mithilfe der neuen Technologien werden Getriebeöle mit besseren Eigenschaften hergestellt, die die Wirtschaftlichkeit verbessern und längere Ölwechselintervalle erlauben.¹¹⁰

Multifunktionale Schmieröle sind für einige Gerätesysteme (wie z.B. Motor, Hydraulik, Getriebe oder Nassbremsen) geeignet. Sie werden als Traktoröle bezeichnet (Universal Tractor

¹⁰⁸ Vgl. CHEMIE.DE: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmier%C3%B6l.html>, 12.2014

¹⁰⁹ Vgl. LVA 315.227 Kraft- und Schmierstoffe, Teil Schmierstoffe, 11.2014, Folie 2

¹¹⁰ Vgl. ATU Meisterwerkstatt: <http://www.atu.de/pages/werkstatt/unsere-werkstatt/oel-lexikon-getriebeoel.html>, 01.2015

Transmission Oil). Diese Schmieröle werden nur bei Modellen eingesetzt, die speziell dazu hergestellt sind. Bei der Wartung müssen die Anleitungen strikt befolgt werden, wie bei allen Schmierstoffen.¹¹¹

Schmierfette sind halb feste Schmierstoffe mit Anwendung an Stellen, wo die flüssigen Schmieröle abrinnen würden. Sie bestehen aus Schmieröl, Eindickungsmittel und Additiven. Die Hauptaufgaben von Fetten sind das Schmieren und der Korrosionsschutz. Mithilfe von Additiven sind Fette für verschiedene Einsatzbedingungen geeignet. Die Schmierfette werden nach ihrer Konsistenz klassifiziert. Die wichtigsten Eigenschaften von Schmierfetten sind Tropfpunkt, Temperaturbereich, Wasserbeständigkeit, Korrosionsschutzverhalten, Kälteverhalten etc.¹¹²

Die oben beschriebenen Schmierstoffe sind die wesentlichsten im Betrieb von Baugeräten. Es gibt auch weitere Schmierstoffe die Anwendung bei Baugeräten finden, die hier jedoch nicht erwähnt werden. Weil die Arten und die Charakteristik der Schmierstoffe nicht ein Hauptziel dieser Arbeit sind, werden die weiteren Schmierstoffe hier nicht behandelt.

3.3.4 Umwelteinfluss von Schmierstoffen

Schmierstoffe sind Mineralölprodukte, genauso wie Kraftstoffe. Die Mineralöle (auch die Syntheseöle) sind wasserunlöslich und verschmutzen das Grund- und Oberflächenwasser. Sehr gefährlich sind die enthaltenen Additive und Schwermetalle. Mineralöle schwimmen auf dem Wasser und bilden einen Film, der den Austausch von Sauerstoff mit der Atmosphäre blockiert und auf diese Weise die Flora und Fauna gefährdet. Ein Liter Öl kann 3 Millionen Liter Wasser verunreinigen. Bei Versickerung in den Boden gibt es ein hohes Risiko für Rutschungen und für die Qualität des Trinkwassers.¹¹³

Die meisten Schmierstoffarten die heutzutage verbraucht werden, sind nicht biologisch abbaubar, sie haben eine mineralische oder synthetische Basis. Es werden auch pflanzliche Öle als Basis verwendet, aber ihr Anteil ist sehr gering. Schmierstoffe gelten als umweltakzeptabel, wenn sie in der Umwelt schnell biologisch abbaubar sind und möglichst harmlos gegenüber der Gesundheit der Menschen sowie Flora und Fauna sind. Schmierstoffe, die aus Pflanzenöle hergestellt werden sind nicht nur schnell abbaubar, sie sind mit vergleichbaren technischen Eigenschaften und in manchen Anwendungsbereichen sogar besser.¹¹⁴

Bei Lagerung von Mineralölprodukten, besonders in Wasserschutzgebieten, werden zusätzliche Maßnahmen getroffen, um das Risiko von Leckagen möglichst gering zu halten. Für die Reinigung bei Tropf-, Spritzverlusten oder Leckagen ist es erforderlich das Vorhandensein von Ölbindemittel am Lagerort sicherzustellen.¹¹⁵ Es werden bauliche Maßnahmen getroffen, um Versickerung von Mineralölen in den Boden zu vermeiden (z.B. Auffangwannen, Ölabscheider, Doppelwandige Behälter).¹¹⁶

¹¹¹ Vgl. Lubrizol corporation: <https://www.lubrizol.com/DrivelineAdditives/OffHighway/UTTO/default.html>, 01.2015

¹¹² Vgl. <http://www.skf.com/at/products/lubrication-solutions/lubricants/understanding-grease-technical-data/index.html>, 01.2015

¹¹³ Vgl. Abfallhandbuch, April 2012: www.dalaas.at, S. 27, 02.2015

¹¹⁴ Vgl. http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Wasser_und_Boden/Lagerung_wassergefaehrdender_Stoffe.html, 01.2015

¹¹⁵ Vgl. Abfallhandbuch, April 2012: www.dalaas.at, S. 27

¹¹⁶ Vgl. Wirtschaftskammer Österreich: Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieselkraftstoff), Stand 10/2011, wko.at, S.3

Die Entsorgung von Schmierstoffen ist gesetzlich vorgegeben. Der Umgang mit Schmierstoffen und überhaupt mit Mineralölen wird in Punkt 3.5 behandelt. Ein Teil der Schmierstoffe lässt sich filtrieren und wiederverwenden, was den Verbrauch von Schmierstoffen sowie die damit verbundenen Kosten reduziert. Leider können nicht alle verbrauchten Schmieröle recycelt werden. Die getrennte Sammlung von mineralischen und synthetischen Altölen ist sehr wichtig für Recycling und Verwertung.¹¹⁷

Ein großes Problem stellen die Motoröle dar. Sie beeinflussen die Abgasemissionen des Verbrennungsmotors sowie die Effektivität von Katalysatoren. Auf diese Weise hindern sie das Einhalten der Emissionsgrenzwerte.¹¹⁸

Die Altöle („*alle mineralischen oder synthetischen Schmier- oder Industrieöle, die für den Verwendungszweck, für den sie ursprünglich bestimmt waren, ungeeignet geworden sind*“¹¹⁹) gehören zu den gefährlichen Abfällen. Die Altöle müssen in Abhängigkeit von ihrem Ursprung (mineralisch oder synthetisch) und ihrem Gehalt an schädlichen Stoffen getrennt gesammelt werden. Sie dürfen nicht in die Kanalisation gelangen, und auch nicht mit dem Restmüll gemischt werden. Ihre Entsorgung und Verwertung bzw. Beseitigung sind gesetzlich vorgegeben und werden streng kontrolliert.¹²⁰

3.4 Kühlmittel

Das Motorkühlsystem hat die Aufgabe, den Motor vor Überhitzung zu schützen. Die Kühlflüssigkeit ist ein Gemisch von Wasser, Frostschutz (Glykol) und Additiven. Weil Glykol nicht nur vor Frost des Kühlsystems, sondern auch vor Überhitzung des Motors schützt, wird es in einer gewissen Menge auch im Sommer zugegeben. Die Additive verhindern die Korrosion an Bauteilen und Dichtungen sowie Kalkablagerungen. Mangelhafte Arbeit des Kühlsystems kann zu großen Motorschäden führen. Deswegen soll die Kühlflüssigkeit regelmäßig überprüft werden.¹²¹ Wenn auf der Baustelle tiefe Temperaturen zu erwarten sind, muss der Frostschutz mittels eines Glykol-Messers überprüft werden und ggf. muss die Konzentration korrigiert werden.¹²²

Das Kühlmittel gilt grossteils als biologisch abbaubar¹²³, aber da Glykol Wassergefährdungsklasse 1 schwach wassergefährdend ist, darf man Kühlmittel nicht in die Kanalisation bzw. in das Grundwasser gelangen lassen. Gemäß der Festsetzungsverordnung für gefährliche Abfälle gehören die Kühlmittel zu den gefährlichen Abfällen. Ihre Entsorgung ist gesetzlich geregelt.¹²⁴

¹¹⁷ Vgl. Abfallwirtschaftsgesetz 2002, §16 (3)

¹¹⁸ Vgl. Dusan Gruden: Umweltschutz in der Automobilindustrie, 2008, S.258

¹¹⁹ Abfallwirtschaftsgesetz 2002, §2 (4) 5.

¹²⁰ Vgl. Abfallhandbuch, April 2012, www.dalaas.at, 02,2015

¹²¹ Vgl. Kühlerbau Schneider GmbH & Co. Betriebs- KG: http://www.kuehlerschneider.de/de/pdf/motor_kuehlsystem.pdf, 01.2015

¹²² Vgl. Robert Aebi AG: http://www.robert-aebi.com/domains/robert-ebi_com/data/free_docs/01.2015
Info_Volvo_K%C3%BChlmittel_VCS_2.pdf, 01.2015

¹²³ Vgl. Dusan Gruden: Umweltschutz in der Automobilindustrie, 2008, S.259

¹²⁴ Festsetzungsverordnung 1997; Anlage 1 Verzeichnis gefährlicher Abfälle

3.5 Vorschriften und Regelungen im Bereich der Betriebsstoffe

Wie in Punkt 3.1 erklärt, umfasst der Begriff „Betriebsstoffe“ v.a. Kraft- und Schmierstoffe, Kühlmittel, Strom. Die verschiedenen Betriebsstoffe gefährden die Gesundheit der Menschen und der Umwelt in unterschiedlichem Maße. Die Kraftstoffe bedeuten eine Gefahr, nicht nur für die Luftqualität nach der Verbrennung im Motor, sondern auch in flüssiger Form beim Transport und bei der Lagerung. Sie sind sehr stark brand- und explosionsgefährlich. Ihre Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen und die Umwelt beim Verbrennen sind im Punkt 3.2.3 behandelt. Alle Mineralölprodukte sind wassergefährdend, d.h. ihrer Freigabe in die Umwelt muss vorgebeugt werden. Um die Gesundheits- und Umweltauswirkungen zu verringern, werden Vorschriften in Richtung Sicherstellung der Qualität und Begrenzung der Abgasemissionen entwickelt. Angestrebt wird auch der Ersatz der fossilen Kraftstoffe mit erneuerbaren Kraftstoffen und Energiequellen.

Gemäß der Klassifizierung der Gefahrgüter von den Vereinten Nationen (UNO) sind die Kraftstoffe die gefährlichsten Betriebsstoffe im Bauwesen. Sie gehören zur Gefahrenklasse 3: Entzündbare flüssige Stoffe.¹²⁵ Aus diesem Grund sind zahlreiche internationale Richtlinien, nationale Gesetze, Verordnungen und Normen mit strengen Anforderungen an Verpackungen, Transport, Lagerung und Entsorgung verabschiedet worden.

Die anderen Betriebsstoffe wie Schmierstoffe und Kühlmittel zählen prinzipiell nicht zu den gefährlichen Gütern.¹²⁶ Das bedeutet, dass sie ohne große Anforderungen transportiert werden können. Wie im Punkt 3.3.4 beschrieben, gefährden die Schmierstoffe und die Kühlmittel (Punkt 3.4) die Umwelt und besonders das Grund- und Oberflächenwasser. Deswegen ist die Entsorgung von diesen Stoffen sowie ihren Verpackungen gesetzlich geregelt.

Über den Umgang mit Strom, dieser zählt auch zu den Betriebsstoffen von Baumaschinen, gibt es zahlreiche Standards, Normen, Gesetz und technische Regeln, sowohl national als auch international. Die Stromversorgung auf Baustellen wird am Anfang des Bauprozesses ausgeführt. Die notwendigen Bau- und Installationsarbeiten sind in der Regel einmalig. D.h. nachdem der Anschlussschrank und die Verteilerschränke schon installiert sind, sind keine weiteren baulichen und logistischen Tätigkeiten notwendig. Deswegen werden die Vorschriften über die Stromversorgung in dieser Arbeit nicht behandelt.

3.5.1 Internationale und EU Regelungen

3.5.1.1 Qualitätsanforderung und Emissionsbegrenzung

Hier werden vorrangig EU Richtlinien behandelt und zwar Anforderungen über Qualitätssicherung und Emissionsbegrenzung. Außerdem fördern die gelisteten Richtlinien den Einsatz von alternativen Kraftstoffen.

¹²⁵ Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013,

¹²⁶ Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

- Richtlinie 97/68/EG (Letztstand 2012/46/EU):
Vorschriften über die Minderung der Abgasemissionen der mobilen Maschinen und Geräte. Im Moment ist Stufe IV für Begrenzung der Abgasemissionen gültig (siehe Punkt 3.2.3).¹²⁷
- Richtlinie 98/70/EG (Letztstand 2009/30/EG):
Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung von einem System zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen.¹²⁸
- Richtlinie 2009/28/EG (Letztstand 2013/18/EU):
zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Diese Richtlinie hob die Biokraftstoffrichtlinie 2003/30/EG auf. Sie ist verbindlich für die Mitgliedstaaten. Ihr Ziel ist bis zum Jahr 2020 in der gesamten EU den Anteil von erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch von mindestens 20% zu erreichen. Die Richtlinie umfasst drei Energiebereiche: Strom, Wärme/Kälte und Verkehr.¹²⁹
- Richtlinie 2008/98/EG (Verordnung (EU) Nr. 1357/2014):
Verwertung und Beseitigung von Abfällen und Altölen. Diese Richtlinie gibt den rechtlichen Rahmen für alle Mitgliedstaaten in Bezug auf die Abfallbewirtschaftung. Sie fordert getrennte Sammlung, Verwertung und ordnungsgemäße Beseitigung. Die staatliche Umsetzung dieser Richtlinie ist für die Mitgliedstaaten verbindlich.¹³⁰

3.5.1.2 Anforderungen an den Transport

Die Kraftstoffe zählen zu den gefährlichen Gütern. Die unten gelisteten Richtlinien geben die wichtigsten Vorschriften für den internationalen Transport von gefährlichen Gütern:

- ADR - Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße. ADR gibt wichtige Vorschriften in Bezug auf Verpackungen, Fahrzeuge, Qualifikation des Fahrzeuglenkers, Transportmengen, Sicherheitsanweisungen, Kennzeichnung etc. Diese Regeln werden auch in der staatlichen Gesetzgebung umgesetzt.
- RID - Internationales Abkommen für den Transport von Gefahrgut auf der Schiene
- IMDG-Code - Internationales Abkommen für den Transport von Gefahrgut auf Wasserwegen.
- IBC - Intermediate Bulk Container - Bauliche Anforderungen an Großpackmittel.¹³¹

Gemäß der Klassifizierung der gefährlichen Güter gehören die Kraftstoffe zu Gefahrenklasse 3: Entzündbare flüssige Stoffe. ADR stellt Anforderungen an Verpackungen, Fahrzeuge, Qualifikation des Fahrzeuglenkers, Transportmengen, Sicherheitsanweisungen, Kennzeichnung etc. Die anderen Betriebsstoffe sind keine Gefahrgüter. Das bedeutet, dass es keine

¹²⁷ <http://blog.agriaffaires.de/2012/09/05/eu-abgasnormen-landmaschinen/>, 12.2014

¹²⁸ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:31998L0070>, 01.2015

¹²⁹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32013L0018>, 01.2015

¹³⁰ http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/ev0010_de.htm, 01.2015

¹³¹ Emtec Tankanlagen GmbH: Fachbegriffe für Lagerung und Transport, 01.2015

spezifischen Vorschriften für ihren Transport (Neuprodukte) gibt.¹³² Aber weil sie wasser- und gesundheitsgefährdende Stoffe sind, gibt es Vorschriften für die Verpackungen und Lagerbehälter. Nach ihrem Gebrauch zählen die meisten Betriebsstoffe zu den gefährlichen Abfällen und ihre Entsorgung muss nach einer bestimmten Prozedur ausgeführt werden (siehe folgende Kapitel).¹³³

3.5.2 Vorschriften für den Umgang mit Betriebsstoffen von Baumaschinen (Österreich)

3.5.2.1 Umweltschutz

Um den negativen Einfluss auf die Umwelt zu verringern, sind an erster Stelle die Qualitätsvorschriften über die Kraftstoffe zu erwähnen. Die Kraftstoffverordnung 2012 sowie die entsprechenden ÖNORM-en geben die Anforderungen und Prüfverfahren für Kraftstoffe, um ihre Qualität sicherzustellen. Sodann den Inhalt an gefährlichen Stoffen noch vor dem Verbrauch zu minimieren.¹³⁴

Alle Mineralölprodukte und die meisten der anderen Betriebsstoffe gehören zu der Gruppe der gefährlichen Abfälle. Das bedeutet, dass der Umgang mit ihnen streng geregelt ist. Die Entsorgung, Verwertung und Beseitigung von diesen Stoffen wird gemäß folgenden Regelungen durchgeführt:

- Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (Bundes-AWG), BGBl Nr. 102/2002 in der gültigen Fassung (idgF)
- Festsetzungsverordnung 1997, BGBl. II Nr. 227/1997 idgF
- Abfallverzeichnisverordnung BGBl. II Nr. 570/2003 idgF und ÖNORM S 2100:2005 10 01
- Abfallnachweisverordnung 2003, BGBl II Nr. 618/2003 idgF¹³⁵

3.5.2.2 Lagerung

Die Lagerung der Kraftstoffe wird gemäß der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF), BGBl Nr. 240/1991 idgF geregelt. Laut VbF fällt der Dieselmotorkraftstoff in Gefahrenklasse A III und Ottomotorkraftstoff (Benzin) in Gefahrenklasse A I, d.h. ohne spezielle Sicherheitsmaßnahmen können nur geringere Mengen von ihnen gelagert werden. Die Mindestanforderungen an Bauart der Behälter sowie Lagerung müssen immer beachtet werden, um Ausfließen und Versickerung in den Boden zu vermeiden.¹³⁶ Die entsprechenden maximalen Mengen sind in der unterstehenden Tabelle zu entnehmen.

¹³² Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

¹³³ Vgl. Festsetzungsverordnung 1997; Anlage 1 Verzeichnis gefährlicher Abfälle

¹³⁴ Vgl. Kraftstoffverordnung 2012: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008075>, 01.2015

¹³⁵ Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

¹³⁶ Verordnung über brennbare Flüssigkeiten:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10007156/VbF%2c%20Fassung%20vom%202012.01.2015.pdf>

Tabelle 12: Lagerung geringer Mengen brennbarer Flüssigkeiten¹³⁷ gemäß VbF §66 und §67

| Gefahrenklasse | maximale Lagermenge | maximaler Behälter-nenninhalt | Voraussetzung hinsichtlich der Behälterart |
|--|---------------------|-------------------------------|--|
| besonders gefährliche | 5 l | 250 ml | geeignetes Material |
| | | 1 l | mit schwer brennbarem, korrosionsbeständigem Material bruchgeschützt umhüllt |
| | 10 l | 5 l | Metall |
| | 15 l | 5 l | Sicherheitsbehälter |
| I | 20 l | 2,5 l | geeignetes Material |
| | | 5 l | bruchgeschützt |
| | 50 l | 10 l | Kunststoff oder Metall |
| | | 60 l | 25 l |
| II | 500 l | 30 l | mit Tragevorrichtung für 2 Personen ausgerüstet |
| | | 5 l | geeignetes Material |
| | | 25 l | mit schwer brennbarem, korrosionsbeständigem Material bruchgeschützt umhüllt Kunststoff oder Metall |
| | | 60 l | Sicherheitsbehälter oder bruchfeste Behälter |
| III | 1.000 l | 10 l | geeignetes Material |
| | | 25 l | mit schwer brennbarem, korrosionsbeständigem Material bruchgeschützt umhüllt |
| | | 30 l | mit Tragevorrichtung für 2 Personen ausgerüstet |
| | | 60 l | Kunststoff |
| | | 200 l | bruchfest (Kunststoff oder Metall) |
| An Arbeitsplätzen darf maximal der Tagesbedarf gelagert werden. | | | |

Die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten regelt die räumlichen und baulichen Anforderungen an Kraftstofflagerung für Mengen, die größer als die oben angegebenen sind. Die Anforderungen sind verschieden in Abhängigkeit von den Lagermengen, den Lagerorten und der Behälterart. Die notwendigen Genehmigungen und Bewilligungen hängen auch von denselben Faktoren ab. Die Vorschriften über die Betriebstankanlagen sind in dem nächsten Punkt betrachtet.¹³⁸

Wie schon in Punkt 3.3.4 erwähnt sind die Schmierstoffe wie alle Mineralölprodukte wassergefährdend. Deswegen müssen bei Lagerung von neuen sowie verbrauchten Schmierstoffen alle Vorschriften für Vermeidung von Leckagen und Versickerung in den Boden eingehalten werden. An erster Stelle müssen geeignete Behälter verwendet werden. Das sind die Originalverpackungen, Metallfässer, IBC Großpackmittel etc.¹³⁹ Es ist empfohlen, die Lagerstellen und –räume mit dichtem Bodenbelag auszustatten. Bei Lagerung großer Mengen von Mineralölprodukten ist es erforderlich bauliche Maßnahmen zu treffen, um Versickerung in Boden oder Leckagen zu vermeiden (z.B. Auffangwannen, Ölabscheider oder doppelwandige Behälter u.a.). Falls sich eine Baustelle in einem Schutz- oder Schongebiet befindet, könnte auch eine wasserrechtliche Bewilligung für die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen notwendig sein.¹⁴⁰

¹³⁷ https://www.arbeitsinspektion.gv.at/AI/Arbeitsstoffe/explosionsgefaehrliche/brand_050.htm, 01.2015

¹³⁸ Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieseldieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013, S.2-3

¹³⁹ Vgl. Abfallhandbuch, April 2012: www.dalaas.at, S. 27, 02.2015

¹⁴⁰ Vgl. WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieseldieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013, S.3

Bei Lagerung von neuen, unverbrauchten Schmierstoffen muss die Qualität garantiert werden. Es ist empfohlen, die Schmierstoffe in einem kühlen, trockenen Innenbereich im Originalbehälter (solange wie möglich) aufzubewahren. Die Behälter sind immer luftdicht zu verschließen. Nur auf diese Weise kann man ihre Qualität sicherstellen. Wenn Schmierstoffe bei ungeeigneten Bedingungen gelagert werden (z.B. bei ungeeigneten Lagertemperaturen, oder bei Kontakt mit Luft, Licht oder Feuchtigkeit), können sich ihre Eigenschaften wesentlich verschlechtern.¹⁴¹

3.5.2.3 Anforderungen an Betriebstankstellen

Die folgenden Richtlinien sind bei Errichtung einer Betriebstankanlage bzw. Betriebstankstelle zu beachten. Die Liste stellt einen Auszug aus einem Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieselkraftstoff) dar. Sie ist von der Wirtschaftskammer Österreich ausgegeben.¹⁴²

- Betriebsanlagenrecht:
 - Gewerbeordnung 1994, BGBl Nr. 194/1994 in der geltenden Fassung (idgF)
 - Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF), BGBl Nr. 240/1991 idgF
- Abfall:
 - Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (Bundes-AWG), BGBl Nr. 102/2002 idgF
 - Festsetzungsverordnung 1997, BGBl. II Nr. 227/1997 idgF
 - Abfallverzeichnisverordnung BGBl. II Nr. 570/2003 idgF
 - Abfallnachweisverordnung 2003, BGBl II Nr. 618/2003 idgF
- Wasserrecht:
 - Wasserrechtsgesetz 1959 idgF
 - Verordnung betreffend Anlagen zur Lagerung und Leitung wassergefährdender Stoffe, BGBl. II Nr. 4/1998
- Arbeitnehmerschutz:
 - ArbeitnehmerInnenschutzgesetz, BGBl. Nr. 450/1994 idgF
 - Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung, BGBl Nr. 218/1983 idgF
 - Arbeitsmittelverordnung BGBl. II Nr. 164/2000 idgF
 - Grenzwerte-Verordnung 2007 BGBl. II Nr. 253/2001 idF BGBl. II Nr. 243/2007
- Elektrotechnik:
 - Elektrotechnikgesetz (ETG), BGBl Nr. 106/1993 idgF
 - Elektrotechnikverordnung 2002 (ETV 2002) BGBl. II Nr. 222/2002 idgF (Verbindlichkeitserklärungen von Ö-Normen und ÖVE-Vorschriften)

Beim Umgang mit Kraftstoffen können auch manche deutsche Regelungen (Technische Regeln) als Bezug genommen werden. Die oben gelisteten Vorschriften betrachten hauptsächlich die Lagerung von Dieselkraftstoff. Bezüglich Lagerung von Benzin sind die Anforderungen noch strenger.

Für die Errichtung von stationären und Betriebstankstellen sind gewerbliche oder ggf. bauliche Genehmigungen erforderlich. Die wichtigsten Regeln für eine Betriebstankanlage sind von der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten vorgeschrieben: die minimale Abstände und Sicherheitszonen, die Ausrüstung des Lagerbehälters, Rohrleitungen und Abfuhrschläuche,

¹⁴¹ Vgl. SKF: <http://www.skf.com/de/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/principles/lubrication/lubricant-storage/index.html>, 02.2015

¹⁴² Wirtschaftskammer Österreich: Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieselkraftstoff), Stand 10/2011, wko.at

Elektrotechnik und andere Sicherheitsmaßnahmen. Das Projekt für eine Errichtung von Betriebstankstellen und Betriebstankanlagen unterliegt einer Überprüfung und Genehmigung der örtlichen Behörden.¹⁴³

3.5.2.4 Transport von Kraftstoffen

Die maßgebenden Vorschriften werden durch die folgenden Dokumente vorgegeben:

- ADR BGBl. Nr.: 522/1973 idgF
Die Anforderungen von ADR bezüglich Verpackungen, Fahrzeuge, Qualifikation des Fahrzeuglenkers, Transportmengen, Sicherheitsanweisungen, Kennzeichnung etc. sind beim Transport von Kraftstoffen in Österreich gültig.
- Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBG, BGBl. I Nr.: 145/1998 idgF¹⁴⁴

Wichtig für die **Kraftstofflieferung zur bzw. auf Baustellen** sind die Erleichterungen der „Handwerkerbefreiung“ für Transport von Mengen bis zu 1.000 l. Gemäß ADR Unterabschnitt 1.1.3.1 c):

„Die Vorschriften des ADR gelten nicht für:

[...]

*c) Beförderungen, die von Unternehmen in Verbindung mit ihrer Haupttätigkeit durchgeführt werden, wie Lieferungen für oder Rücklieferungen von Baustellen im Hoch- und Tiefbau, oder im Zusammenhang mit Messungen, Reparatur- und Wartungsarbeiten **in Mengen, die 450 Liter je Verpackung und die Höchstmengen gemäß Unterabschnitt 1.1.3.6 nicht überschreiten**. Es sind Maßnahmen zu treffen, die unter normalen Beförderungsbedingungen ein Freiwerden des Inhalts verhindern. Diese Freistellungen gelten nicht für die Klasse 7. Beförderungen, die von solchen Unternehmen zu ihrer internen oder externen Versorgung durchgeführt werden, fallen jedoch nicht unter diese Ausnahmeregelung.“¹⁴⁵*

ADR Unterabschnitt 1.1.3.6. klassifiziert die gefährlichen Güter in 4 Transportkategorien in Abhängigkeit von ihren Gefahrenklassen und Verpackungsgruppen und gibt die entsprechenden maximalen Fördermengen, für die die Handwerkerbefreiung gültig ist. Dieseldieselkraftstoff gehört zu Gefahrenklasse 3 und Verpackungsgruppe III, gemäß dem Verzeichnis der gefährlichen Güter, und die entsprechende maximale Fördermenge pro Transporteinheit ist 1.000 l. Benzin gehört zu Gefahrenklasse 3 und Verpackungsgruppe II und seine maximale Fördermenge pro Transporteinheit ist 333 l.¹⁴⁶

Diese Erleichterungen betreffen eigentlich die Zustellung von Kraftstoffen zur Baustelle mittels Kanister und Fässer sowie Großpackungsmittel, dessen Nenninhalt gemäß ADR Abschnitt 1.1.3.6 (für Dieseldieselkraftstoff 450 l je Verpackung und ein Gesamtvolumen 1.000 l) nicht überschreiten.

¹⁴³ Vgl. Wirtschaftskammer Österreich: Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieseldieselkraftstoff), Stand 10/2011, wko.at

¹⁴⁴ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieseldieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.1

¹⁴⁵ WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieseldieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.14

¹⁴⁶ Vgl. ADR 2013

Die unter die Handwerkerbefreiung fallenden Kraftstoffmengen dürfen nicht auf der Baustelle gelagert werden. Sie müssen direkt betankt und verbraucht werden.

Bei Einhaltung dieser Anforderungen wird der Transport von Kraftstoffen von vielen Vorschriften des ADR befreit. Das bedeutet, dass der Transport sogar mit PKW erlaubt ist. Falls diese Regeln nicht eingehalten werden können, müssen alle ADR Vorschriften befolgt werden. Die wichtigsten davon sind wie folgt:

- Gefahrgutlenkerausweis erforderlich
- Schulung der Fahrzeuglenker
- Kennzeichnung des Fahrzeugs
- Kennzeichnung der Behältnisse
- UN-Verpackungen baumustergeprüft
- Ausrüstung für Fahrzeug / Beförderungseinheit (somit auch Feuerlöscher vorgeschrieben)
- Schriftliche Weisungen
- ADR - Beförderungspapier¹⁴⁷

Laut ADR werden die Transportbehälter in Abhängigkeit von ihrem Nenninhalt in drei Gruppen unterteilt. Zur ersten Gruppe gehören Fässer (mit einem Fassungsraum bis zu 450 l) und Kanister (mit einem Fassungsraum bis zu 60 l). In der zweiten Gruppe sind IBC Großpackmittel (z.B. mobile Tankanlagen) mit Nenninhalt bis 3.000 l. In die dritte Gruppe fallen Aufsetztanks mit Fassungsraum von mehr als 450 l (Tankfahrzeuge). An diese drei Gruppen werden verschiedene Anforderungen gestellt.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.14

¹⁴⁸ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.2-3

4 Logistik der Betriebsstoffe auf Baustellen

Bevor man die Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen auf Baustellen behandeln kann, müssen zuerst die Grundlagen im Bereich der Logistik definiert werden. In Punkt 4.1 sind die Grundbegriffe aus der Logistik erläutert. Punkt 4.2 behandelt die Grundlagen und die Besonderheiten der Baulogistik. Die Logistik der Betriebsstoffe ist in zwei Bereiche unterteilt: Logistik der Kraftstoffe und Logistik der Schmierstoffe. Der Hintergrund ist hier, dass es einen großen Unterschied in den verbrauchten Mengen von Kraftstoffen und Schmierstoffen gibt. Dieser Unterschied beeinflusst u.a. die Häufigkeit der Zustellungen, die Transportmittel und die Struktur der Logistiksysteme.

4.1 Logistik

4.1.1 Begriffsbestimmung

Man kann zahlreiche, sehr unterschiedliche Definitionen und Erläuterungen des Begriffs „Logistik“ in der Fachliteratur finden. In der Regel werden die Definitionen immer in engem Zusammenhang mit einem Wissensbereich erläutert. Eine klare und allgemein gültige Definition ist folgende der Deutschen Bundesvereinigung Logistik: *„Logistik ist die ganzheitliche Planung, Steuerung, Koordination, Durchführung und Kontrolle aller unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Informations- und Güterflüsse.“*¹⁴⁹

Als eine gute Definition hat sich auch die Seven-Rights-Definition nach Plowman etabliert: *„Logistik bedeutet Sicherung der Verfügbarkeit des*

- *richtigen Gutes,*
- *in der richtigen Menge,*
- *im richtigen Zustand,*
- *am richtigen Ort,*
- *zur richtigen Zeit,*
- *für den richtigen Kunden und*
- *zu den richtigen Kosten.“*¹⁵⁰

Das wichtigste Ziel der Logistik ist die Sicherstellung von Transport, Lagerung, Bereitstellung, Beschaffung und Verteilung von Gütern, Personen, Geld, Informationen und Energie. Weiters zählt auch die Optimierung der logistischen Prozesse zu einer der wesentlichen Aufgaben der Logistik.¹⁵¹ Um diese Ziele zu erreichen, haben sich mehrere Teilbereiche der Logistik entwickelt. Sie sind auf die verschiedenen Phasen des Produktionsprozesses konzentriert. Solche Bereiche sind z.B. die Produktionslogistik, die Distributionslogistik, die Ver- und Entsorgungslogistik etc.¹⁵²

¹⁴⁹ Bundesvereinigung Logistik: <http://www.bvl.de/wissen/logistik-defintionen>, 01.2015

¹⁵⁰ Bundesvereinigung Logistik: <http://www.bvl.de/wissen/logistik-defintionen>, 01.2015

¹⁵¹ Vgl. Bundesvereinigung Logistik: <http://www.bvl.de/wissen/logistik-defintionen>, 01.2015

¹⁵² Vgl. Bundesvereinigung Logistik: <http://www.bvl.de/wissen/logistik-defintionen>, 01.2015

4.1.2 Logistiksysteme

Logistiksysteme oder Leistungssysteme, wie Gudehus sie bezeichnet, sind Netzwerke von Transportnetzen und einzelnen Leistungsstellen (Knoten), die von Material- und Datenfluss durchlaufen werden und bestimmte Leistungen erzeugen.¹⁵³ Eine schematische Darstellung für ein Logistiksystem ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Stationen (die Knoten des Netzwerkes) sind als Rechtecke dargestellt und die Bewegung von Material und Daten zwischen den Knoten mit Richtungspfeilen. Diese Darstellung macht die Struktur des Systems leicht verständlich.

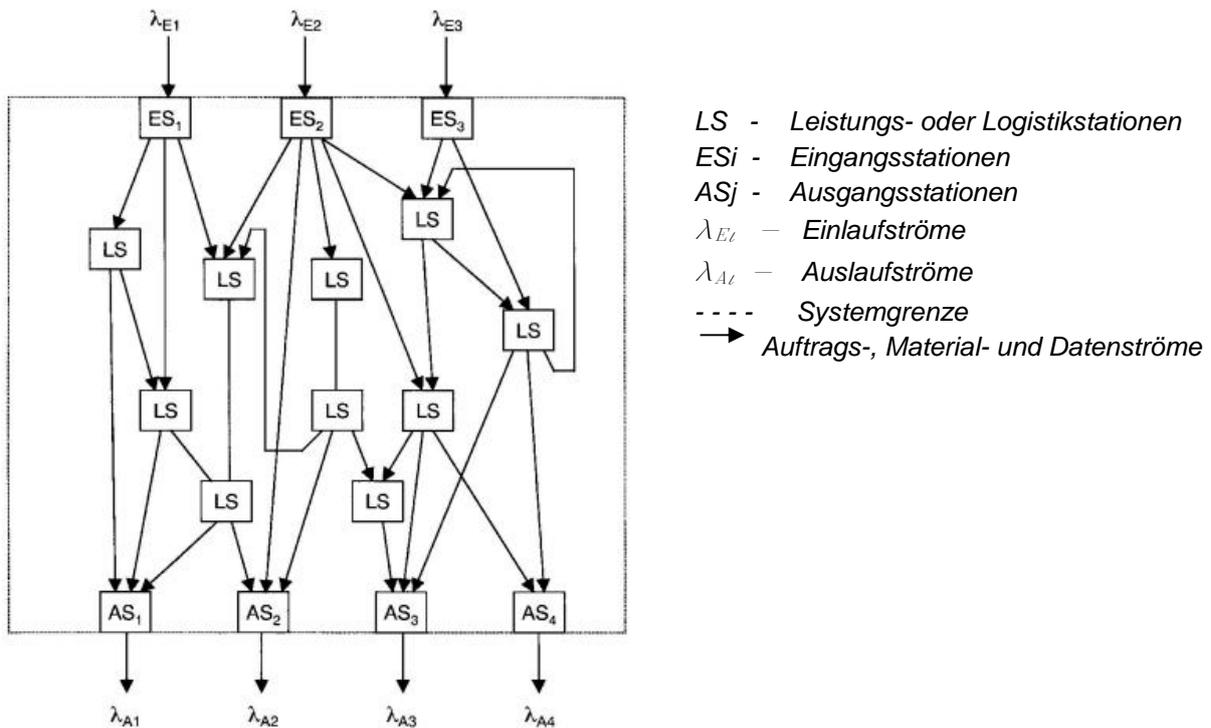


Abbildung 12: Darstellung eines Logistiksystems¹⁵⁴

Grundlegende Elemente der Logistiksysteme sind die Prozesse und die Prozessketten. Obwohl der Begriff „Logistikprozess“ in der Fachliteratur nicht ganz einheitlich beschrieben wird, gibt die Norm EN ISO 9000:2014 eine gute Definition des Begriffs „Prozess“: „Satz zusammenhängender und sich gegenseitig beeinflussender Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt.“ Die Definition ist mit den folgenden wichtigen Anmerkungen ergänzt: 1. Eingaben für einen Prozess sind üblicherweise Ergebnisse anderer Prozesse; 2. Prozesse in einer Organisation werden üblicherweise geplant und unter beherrschten Bedingungen durchgeführt, um einen Mehrwert zu schaffen.¹⁵⁵ Die Prozesskette besteht aus Logistikprozessen und wird so festgelegt: „Eine Folge zeitlich nacheinander ablaufender Vorgänge (oder Tätigkeiten), die in einer räumlichen Kette von Leistungsstellen und Stationen stattfinden und zu einem Leistungsergebnis oder einer Wertschöpfung führen, wird als Prozesskette, Leistungskette oder Wertschöpfungskette bezeichnet.“¹⁵⁶

Die Struktur eines Logistiksystems wird durch die folgenden Parameter charakterisiert:

¹⁵³ Vgl. Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.13

¹⁵⁴ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.13

¹⁵⁵ ÖNORM EN ISO 9000: 2014 09 01 Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe

¹⁵⁶ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.30

- „Anzahl, Standorte und Funktionen der Quellen und Lieferstellen.
- Anzahl, Standorte, Funktionen und Zuordnung der Logistikstationen zwischen den Quellen und Senken.
- Anzahl, Standorte und Funktionen der Senken und Empfangsstellen.“¹⁵⁷

Es gibt eine große Vielfalt von Strukturtypen der Logistiksysteme. Die Produktions-, Logistik- und Transportsysteme lassen sich als Subsysteme der Leistungssysteme bezeichnen. Der wesentlichste Unterschied zwischen diesen Systemtypen ist das Ausmaß der Veränderung, die im System mit oder an den Logistikobjekten stattfindet. Die drei Subsysteme können wie folgt definiert werden:

- „Wenn die einlaufenden materiellen Objekte im System technisch verändert oder aus ihnen andere Objekte erzeugt werden, wenn also anders beschaffene Objekte das System verlassen, ist das Leistungssystem ein **Produktionssystem**.“
- „Wenn die einlaufenden materiellen Objekte das System nach gewisser Zeit in gleicher oder anderer Zusammensetzung technisch unverändert verlassen, handelt es sich um ein **Logistiksystem**.“
- „Wenn die Einlaufströme aus Lade- oder Transporteinheiten bestehen, die das System nach minimaler Zeit an einem anderen Ort inhaltlich unverändert verlassen, ist das Logistiksystem ein **Transportsystem**.“¹⁵⁸

Für die Lösung verschiedener logistischer Aufgaben werden die Systeme aus stationärer Sicht (Strukturaspekt) und aus dynamischer Sicht (Prozessaspekt) betrachtet. Vorhandene Systeme lassen sich am besten aus prozessorientierter Sicht optimieren, während zur Bildung eines neuen Systems die strukturorientierte Betrachtung geeignet ist.¹⁵⁹

4.1.3 Unternehmenslogistik

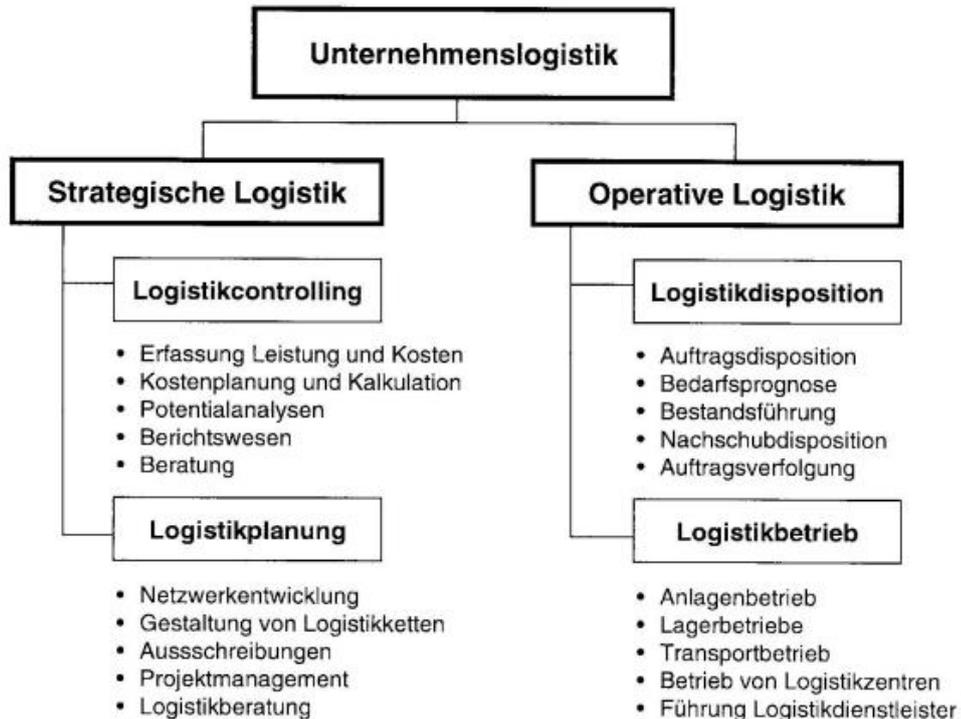
Jedes Unternehmen hat ein eigenes begrenztes Logistiknetz, dessen Grenze von ihm gesetzt wird. Dieses Netz ist immer ein Teil eines größeren Netzwerkes. Für dieses Logistiknetzwerk muss ein geeignetes Management aufgebaut werden. Die Aufgaben der Unternehmenslogistik hängen von der Art des Netzwerkes ab, in dem das Unternehmen arbeitet. Es gibt feste, flexible sowie kombinierte Netzwerke und auch temporäre und permanente Logistiknetzwerke. Die Logistiknetzwerke von **Baustellen** sind typische Beispiele für **zeitlich und räumlich begrenzte Netzwerke**. Die Hauptaufgaben des Netzwerkmanagements sind der Aufbau des temporären Logistiknetzwerkes, der Einsatz von geeigneten Spezialdienstleistern, wie Lieferanten von Baumaterialien, bzw. Massengutspeditionen und die Systemführung.¹⁶⁰ Die Organisation und die Aufgaben der Unternehmenslogistik sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Unternehmenslogistik teilt sich in zwei Richtungen – strategische Logistik und operative Logistik. Die strategische Logistik beschäftigt sich mit der Planung und mit dem Controlling des Logistiknetzwerkes. Die operative Logistik sorgt für den reibungslosen Betrieb eines schon geplanten und strukturierten Netzwerkes.

¹⁵⁷ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.21

¹⁵⁸ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.474

¹⁵⁹ Vgl. Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.12-13

¹⁶⁰ Vgl. Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.37-38



Strategische Logistik = Systemmanagement = Netzwerkmanagement

Operative Logistik = Systembetrieb = Netzwerkbetrieb

Abbildung 13: Organisation und Aufgaben der Unternehmenslogistik¹⁶¹

4.2 Baulogistik

Die schwierige Lage, in der sich die Baubranche in den letzten Jahren befindet, stellt grosse Anforderungen an Bauunternehmen hinsichtlich (Kosten-)Optimierungen. Hier schlägt die ziemlich junge Disziplin der Baulogistik Möglichkeiten für die Optimierung der Bauprozesse vor. Das ist eine der Ursachen für das zunehmende Interesse und die schnelle Entwicklung in dieser Richtung. Viele der Aufgaben der Baulogistik wurden früher unter den Begriffen „Arbeitsvorbereitung“ und „Baustelleneinrichtung“ zusammengefasst. Sie werden nunmehr als Aufgaben der Baulogistik angesehen.¹⁶²

Es ist sehr schwierig eine allgemein gültige Definition des Begriffs „Baulogistik“ zu finden. Häufig wird diese nach Zimmermann zitiert: *„Die Baulogistik umfasst alle nicht produktionstechnischen Prozesse im Zusammenhang mit der Planung, Steuerung, Koordination, Durchführung und Kontrolle raum-zeitlicher Transformationsvorgänge von logistischen Gütern, die in direktem Zusammenhang mit der Realisierung eines oder mehrerer Bauvorhaben stehen. Zu den logistischen Gütern gehören dabei:*

- Personal (eigen und fremd),
- Baustoffe,
- Fertigteile,
- Bauhilfsstoffe,
- Geräte und Maschinen (inkl. Materialflussmittel),

¹⁶¹ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.64

¹⁶² Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.12

- **Betriebsstoffe**,
- *Werkzeuge*,
- *Technische Medien (Wasser, Gase, etc.)*,
- *Energie*,
- *Informationen (inkl. Informationsflussmittel)*.¹⁶³

Die Baulogistik sichert alle notwendigen Ressourcen für die Ausführung der geplanten Bauleistungen. Das richtige Funktionieren der Baulogistik verhindert Verzögerungen des Bauprozesses und trägt zum Einhalten der Baufristen bei. Die Logistik der Betriebsstoffe von Baumaschinen ist ein Teil der Baulogistik. Ihr Ziel ist, die Baumaschinen mit allen notwendigen Betriebsstoffen zu versorgen, um einen problemlosen und ununterbrochenen Betrieb sicherzustellen.

Zimmermann gibt eine klare Unterteilung der Baulogistik (siehe Abbildung 14). Er unterscheidet vier Teilbereiche: Versorgungslogistik, Entsorgungslogistik, Baustellenlogistik und Informationslogistik.

Die logistischen Prozesse, verbunden mit der Logistik der Betriebsstoffe (der Gegenstand dieser Arbeit), gehören zu den Bereichen Versorgungs-, Baustellen- und Entsorgungslogistik. Das Liefern von Betriebsstoffen zur Baustelle ist ein Teil der Versorgungslogistik, die Entsorgung von verbrauchten Betriebsstoffen gehört zur Entsorgungslogistik, und alle anderen Tätigkeiten, die auf der Baustelle stattfinden, sind ein Teil der Baustellenlogistik.¹⁶⁴

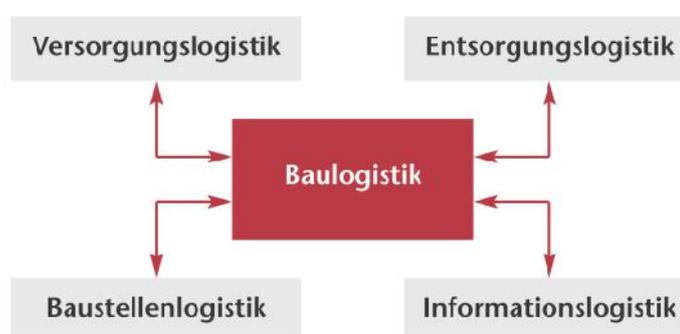


Abbildung 14: Teilbereiche der Baulogistik¹⁶⁵

4.2.1 Versorgungslogistik (Beschaffungslogistik)

Die Versorgungslogistik sichert die Beschaffung aller logistischen Güter unter Berücksichtigung der spezifischen Ziele und Randbedingungen für die Baustelle. Die Seven-Rights-Definition gilt vollständig für die Versorgungslogistik.¹⁶⁶ Ihre Hauptaufgaben sind neben der Versorgung der Baustelle mit den notwendigen Baustoffen, Baugeräten, Betriebsstoffen etc. auch die Ermittlung des Baustoffbedarfes sowie die Ermittlung der Anzahl der notwendigen Transporte, Aufzeigen und Entflechtung der Transportspitzen und die zeitliche und räumliche Koordination des Baustoffflusses zur Baustelle.¹⁶⁷

¹⁶³ Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.12

¹⁶⁴ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.12

¹⁶⁵ Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.12

¹⁶⁶ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung

¹⁶⁷ Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S.43-44

In den verschiedenen Bauphasen treten die Versorgungstransporte mit unterschiedlicher Häufigkeit auf. In Spitzenmomenten ist es besonders wichtig, alle Tätigkeiten aufmerksam und frühzeitig zu koordinieren, um Störungen und Verzögerungen zu vermeiden. Eine gute Planung kann große Probleme in der Bauphase vermeiden.

4.2.2 Baustellenlogistik (Produktionslogistik)

Wie zuvor erläutert beschäftigt sich die Baustellenlogistik mit der Planung und den Transporten von logistischen Gütern innerhalb einer Baustelle. Die Hauptaufgabe der Baustellenlogistik ist, alle Bauprozesse zu unterstützen und zu optimieren sowie Konflikte bezüglich Materialien, Flächen, Arbeitskräften sowie Baugeräten zu vermeiden. Ihre Tätigkeit beginnt mit der Lieferung der Güter zu den Lagerflächen der Baustelle. Danach werden die Güter direkt zu den erforderlichen Plätzen transportiert bzw. zwischengelagert.

Die Transporte auf der Baustelle werden mit Hilfe von Transportmitteln ausgeführt. Die Wahl der Transportmittel und die Transportgestaltung werden als Teil der Arbeitsvorbereitung durchgeführt. Es ist sehr wichtig, die Transportkapazität richtig zu ermitteln. Sie ist an erster Stelle von der täglichen Leistung abhängig. Wichtige Voraussetzungen sind auch die vorhandenen Lagerflächen, die zu erwarteten Leistungsspitzen etc.

Bei größeren Bauprojekten ist es notwendig, ein Konzept für den Baustellenverkehr zu erstellen. Dieses Konzept muss die Verkehrsanbindungen mit den öffentlichen Straßen und Verkehrsflächen sowie die Situation innerhalb der Baustelleneinrichtungsfläche betrachten. Die Transportwege werden auch auf dem Baustelleneinrichtungsplan dargestellt. Die Fördermittel können nach Beweglichkeit unterteilt werden:

- Räumlich (z.B. Kran, Betonpumpe)
- Vertikal (z.B. Aufzug)
- Horizontal (z.B. LKW; Muldenkipper)
- Eindimensional (z.B. Förderband, Seilbahn)

Es gibt Stoffbeschränkungen, die immer berücksichtigt werden müssen. Viele Fördermittel können nur für die Beförderung von nur einem Baustoff verwendet werden (wie z.B. die Betonpumpe).

Für die Umschlag- und Abladearbeiten müssen die richtigen Abladegeräte vorgesehen werden. Die LKWs mit Selbstentladevorrichtungen kommen am häufigsten zum Einsatz. Weiter müssen Gabelstapler, Radlader, Autokran oder Baustellenkran in Abhängigkeit vom Bedarf zur Verfügung stehen.

Ein weiterer Hauptfaktor für die Planung der Baustellenlogistik sind die **Lagerflächen**. Mangelnde Lagerflächen können den Bauablauf und die Logistik einer Baustelle stark beeinflussen. In der Regel sind Lagerplätze in städtischen Bereichen sehr begrenzt. Aus diesem Grund werden die Transportfrequenzen und Lagerflächen nach dem täglichen Bedarf dimensioniert. Beim Planen soll man darauf achten, die Lagerflächen möglichst nahe an dem Verbrauchsort zu positionieren. Auf diese Weise bleiben die horizontalen Transportentfernungen klein. Die Lagerflächen werden in den Baustelleneinrichtungsplänen eingezeichnet.

Eine der Aufgaben der Baustellenlogistik ist das **Maschinenmanagement** auf der Baustelle. Aufgrund der Arbeitsplanung werden die notwendigen Geräte ermittelt. Danach müssen die optimalen Positionen aus logistischer Sicht für Gerätestellflächen, Wartungswerkstätten und -flächen, Betriebstankstellen etc. festgestellt werden. Falls es notwendig ist für die Bewegung der großen Geräte von einem Bauabschnitt zum nächsten, öffentliche Straßen zu nutzen, müssen auch geeignete Transportmittel für die entsprechenden Geräte zur Verfügung stehen.

Es ist immer die zeitliche und räumliche **Koordination** aller Bauprozesse auf der Baustelle das wichtigste Ziel der Baustellenlogistik. Die Optimierung des Bauablaufes und der Logistik spart Zeit und verringert Kosten.¹⁶⁸

4.2.3 Entsorgungslogistik

Die Entsorgungslogistik bedient die Entsorgung von Baurestmassen (Abfällen, den Abtransport von Geräten, Materialien etc.) von der Baustelle. Ihre Aufgabe sind die Planung und Steuerung von diesen Prozessen. Beim Planen der Entsorgung von verschiedenen Baurestmassen müssen die immer strenger werdenden Vorschriften und Gesetze in diesem Bereich berücksichtigt werden. Die Entsorgungslogistik soll die gleichen Probleme wie die Versorgungslogistik und die Baustellenlogistik (z.B. Transport und Koordination des Baustoffflusses, Umschlag- und Zwischenlagerungsprobleme) lösen.¹⁶⁹

4.2.4 Informationslogistik

Die Informationslogistik betrachtet die Information, die nicht unmittelbar mit Vorgängen des Güterflusses verbunden ist, als logistisches Gut. Die Hauptaufgabe der Informationslogistik ist die Planung, Strukturierung und Pflege für einen ununterbrochenen Informationsfluss. Der richtige und schnelle Informationsfluss sichert das gute Funktionieren des ganzen Projektes.¹⁷⁰

4.3 Baulogistikplanung

4.3.1 Ausgangsdaten und Einflussfaktoren

Als Basis für die Planung der Baulogistik dienen die Projektierungsunterlagen und die Baustellenrandbedingungen. In der Projektierung werden die Projektstruktur, die Bauweisen, die erforderlichen Geräte und Maschinen, der Bauablauf, der Baustoffbedarf, die zeitlichen Anforderungen etc. definiert. Als Grundlage der Planung wird ein Lageplan mit dargestellten bestehenden Objekten, Verkehrswegen, zur Verfügung gestellten Flächen sowie den geplanten Baumaßnahmen verwendet. Unter Randbedingungen einer Baustelle versteht man die örtlichen

¹⁶⁸ Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S. 44-46

¹⁶⁹ Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S.47

¹⁷⁰ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.12

Gegebenheiten des Baufeldes und des Umfeldes.¹⁷¹ Bei der Planung der Baulogistik sind die folgenden Kriterien nach „Hofstadler“ für die Effizienz eines Logistikkonzeptes maßgebend:

- geografische Lage der Baustoffbezugsquellen und der Baustelle
- vorhandene Infrastruktur
- örtliche Rahmenbedingungen der Baustelle und Vorgaben des Bauherrn
- die Menge und Beschaffenheit der zu transportierenden Stoffe (Gase, Flüssigkeiten, Stückgut, Schüttgut)
- Größe und Lage von Freiflächen für mögliche Zwischenlager und deren Geländebeziehungen
- zeitliche Vorgaben aus dem Projektablauf
- einfache Erreichbarkeit der Übergabepunkte und Anlieferflächen
- Transportmittelwahl passend zu den Transportgeräten der Baustelle
- Wegeplanung und Flächennutzung
- Verkehrssicherung und Baustellenzufahrtsregelungen¹⁷²

Die erforderlichen Ressourcen, die wesentlichen Produktionsdauern und die anderen Outputdaten der Produktions- und Bauablaufplanung stellen wesentliche Eingangsdaten für die Baulogistikkonzepte dar. Bei Betrachtung der Eigenschaften der Transportgüter und der Randbedingungen werden viele Einschränkungen – die sogenannten Engpässe – festgestellt und rechtzeitig beseitigt.¹⁷³

Bei der Ermittlung der Baulogistikkonzepte (Ver-/Entsorgungskonzepte sowie Baustellenlogistikkonzepte) sind die geplante tägliche Leistung und besonders die Leistungsspitzen für die verschiedenen Vorgänge auf der Baustelle maßgebend. Von der täglichen Leistung hängt die Anzahl der Transporte je Zeiteinheit ab. Das ist die Basis für Ermittlung der erforderlichen Lagermengen, Belegungsflächen, Transportmittel etc. Mit der Veränderung der täglichen Leistung muss die Logistik angepasst werden.¹⁷⁴

4.3.2 Baulogistikkonzepte

Die Baulogistikkonzepte werden in Phasen entwickelt. Abbildung 15 veranschaulicht die Aufgaben der verschiedenen Planungsphasen. Das Grobkonzept (oder Grobplanung) wird auf der Grundlage der Vorplanung erstellt. Neben der groben Massenbilanz werden dadurch die zugehörigen Transportmittel, Transportrouten etc. geplant. Es werden auch grobe Abschätzungen der zu erwartenden Belastungen des Baustellenumfeldes gemacht. In der Phase der Grobplanung müssen die logistischen Randbedingungen überprüft werden, ob es irgendwelche Beschränkungen für den geplanten Ressourcenmeneinsatz gibt.

Weiters kann mit der Erarbeitung von ausführlichen Plänen und klarer Definition der Projektbedingungen ein Baulogistikfeinkonzept entwickelt werden. Im Entwicklungsprozess werden die festgestellten Probleme gelöst und die logistischen Prozesse soweit wie möglich optimiert. Die Feinkonzepte beinhalten ausführliche zeichnerische Darstellungen für die

¹⁷¹ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.15-16

¹⁷² Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S.43-44

¹⁷³ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.15

¹⁷⁴ Vgl. Hofstadler: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007, S.102

Unterstützung der Bauausführung, wie z.B. Baulogistikphasenpläne, Massenströme, Personenströme, Verlauf des Verkehrs (öffentlicher und Individualverkehr), Baustellenverkehr, Flächenbelegungen, Standorte der Geräte etc.¹⁷⁵

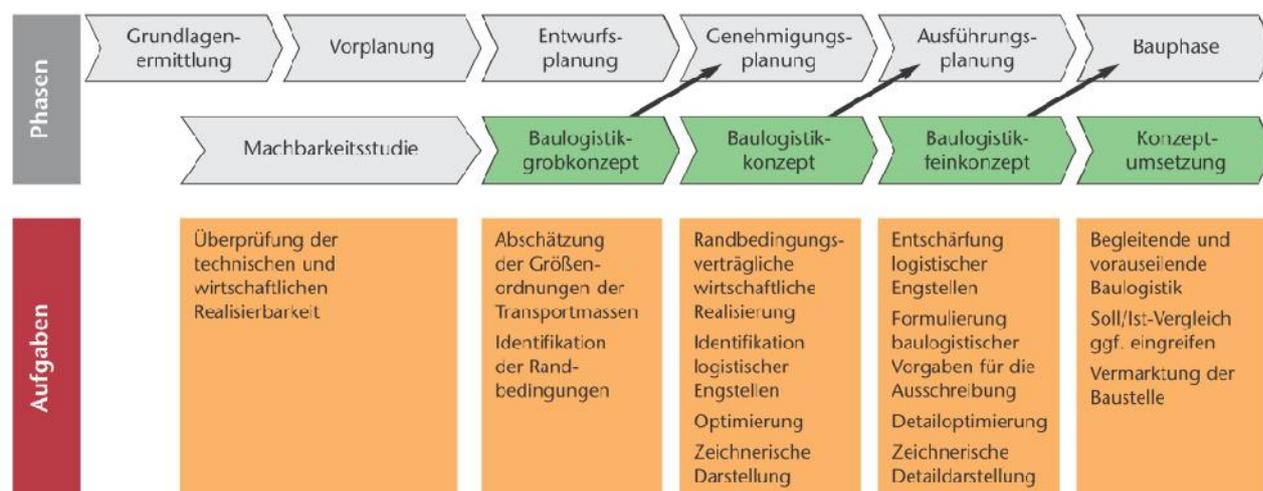


Abbildung 15: Baulogistikaufgaben der Planungsphasen¹⁷⁶

Abbildung 16 stellt das Schema des Entwicklungsprozesses eines Baulogistikkonzeptes dar. Das Schema ist in drei Bereiche unterteilt – **Basis** (Ausgangsdaten), **Entwicklung** und **Ergebnisse**. Die Basis (Ausgangsdaten) umfasst die Projektierungsunterlagen, die Produktions- und Ablaufplanung sowie die geplanten Transportgüter für das konkrete Projekt. Mit den Ausgangsdaten beginnt man die Entwicklung des Konzeptes. In der Entwicklungsphase werden die Ver- und Entsorgungslogistik sowie die Baustellenlogistik für alle Logistikgüter und Bauabschnitte geplant. Für die Ver- und Entsorgung werden die erforderlichen Kapazitäten je Logistikgut (z.B. m³/h) ermittelt. Es wird eine Transportmittelanalyse gemacht und die notwendige Transportkapazität (z.B. LKW/h) kalkuliert. Für die Lagerung auf der Baustelle, die ein Teil der Baustellenlogistik ist, werden zuerst die erforderlichen Puffer und diverse Möglichkeiten analysiert. Diese Daten werden später bei der Entwicklung des Flächenbelegungsplans berücksichtigt. Nach der Ausfertigung des Flächenbelegungsplans mit allen Baustelleneinrichtungen, Lager-, Arbeits- und Transportflächen werden die Transportketten innerhalb der Baustelle geplant. Danach werden die Ergebnisse der Ver-, Entsorgungs- und Baustellenlogistik hinsichtlich Überlagerungen überprüft. Unter Berücksichtigung der Lastspitzen wird überprüft, ob die Transportkapazität erreichbar ist bzw. ob es Schwierigkeiten durch gleichzeitige Abwicklung entstehen usw. Der letzte Schritt in der Entwicklungsphase ist die Verträglichkeitsprüfung, d.h. zu prüfen, ob die Behinderungen, Einschränkungen und Belastungen zulässig sind, sowohl im Baufeld als auch im Umfeld. Nachdem alles so geplant ist, dass keine weiteren Änderungen und Optimierungen notwendig sind wird das endgültige Konzept in verschiedenen Plänen dargestellt, sodass später ein Soll-Ist-Vergleich möglich ist. Am Ende wird eine Analyse der Auswirkungen u.a. auf Umfeld, Baufeld, Transportwege und Bewertung in Bezug auf Sicherheit und Gesetze gemacht.

¹⁷⁵ Vgl. Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.13-16

¹⁷⁶ Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.13

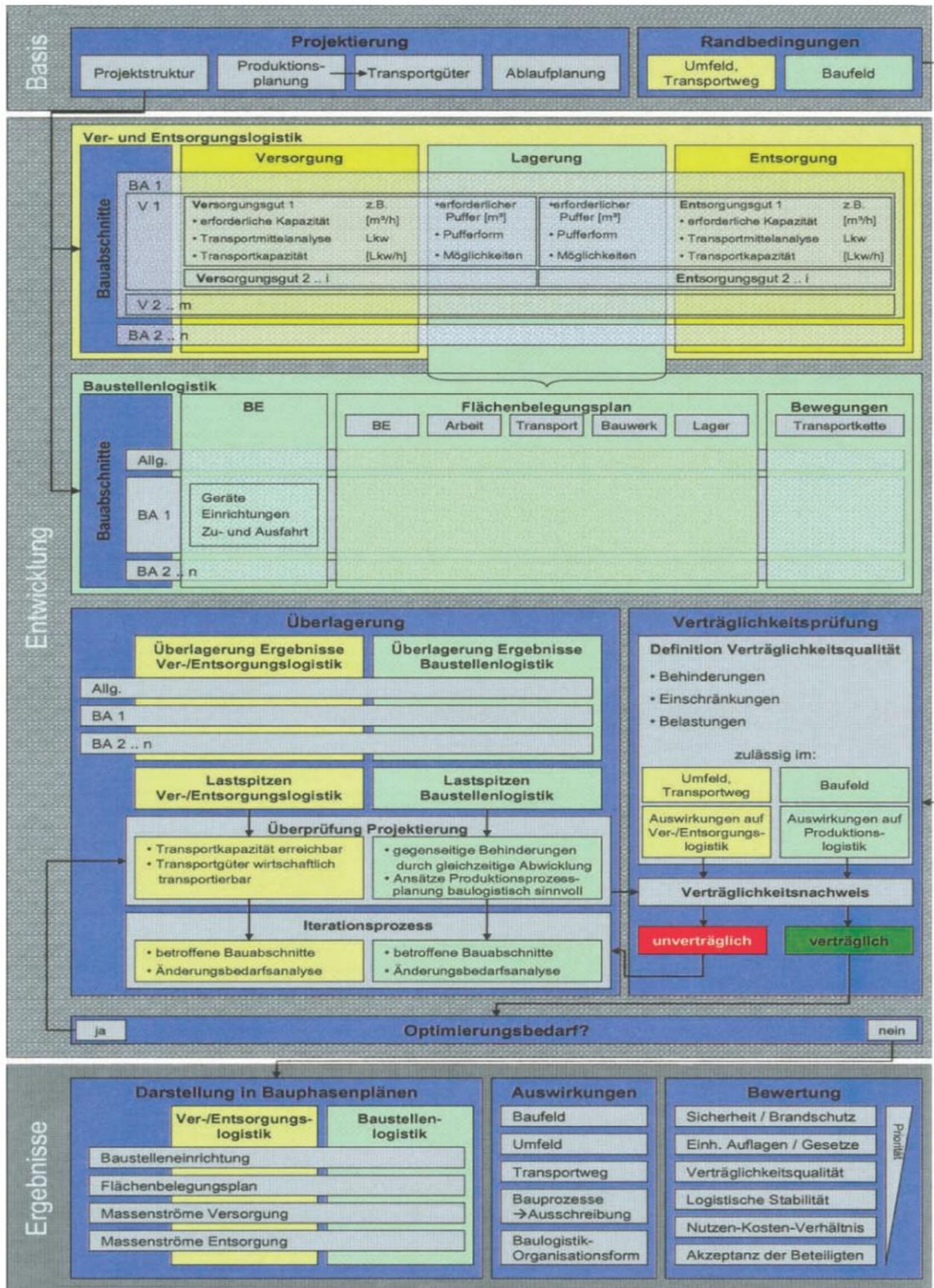


Abbildung 16: Baulogistik-Konzept: Basis – Entwicklung - Ergebnisse¹⁷⁷

¹⁷⁷ Tiefbau, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung, S.14

4.4 Baustellenlogistik der Betriebsstoffe

Die Logistik der Betriebsstoffe ist in zwei Bereichen unterteilt: Logistik der Kraftstoffe und Logistik der Schmierstoffe (inkl. aller weiteren Betriebsstoffe). Der Grund dafür ist an erster Stelle der sehr unterschiedliche Verbrauch, d.h. der Beförderungsbedarf der verschiedenen Betriebsstoffe. In der Regel werden die großen Baumaschinen einmal täglich betankt, während die Wartungsarbeiten, mit denen die Logistik der Schmierstoffe verbunden ist, seltener durchgeführt werden. Außerdem sind die Zustellungen von Kraftstoffen und Schmierstoffen sehr unterschiedlich organisiert. Es gibt wesentliche Unterschiede auch bei den Vorschriften für Beförderung und Lagerung von Kraftstoffen und Schmierstoffen. Aus diesen Gründen wird die Logistik der Kraftstoffe separat von der Logistik der Schmierstoffe betrachtet.

4.4.1 Logistik der Kraftstoffe

Die Logistik der Kraftstoffe muss die Betankung aller Maschinen auf einer Baustelle sicherstellen und auf diese Weise ihre Arbeitsfähigkeit garantieren. Ihre Hauptaufgaben sind:

- Zustellung von Kraftstoffen zur Baustelle
- Betankung der Baumaschinen
- Lagerung von Kraftstoffen auf der Baustelle
- Planung und Optimierung der Betankung

Es gibt verschiedene Methoden für die Betankung von Baumaschinen auf Baustellen in Abhängigkeit von Behälter- und Transportmittelart:

- mit Kanistern und Fässern,
- mit mobilen Tankanlagen,
- mit Tankfahrzeugen
- mit stationären Tankanlagen¹⁷⁸

Die letzte Methode wird nur bei Großbaustellen, bei mangelnder Betankungsinfrastruktur in der Nähe von der Baustelle benutzt. In der Regel bleiben die Baumaschinen an der Arbeitsstelle und werden für die Betankung nicht bewegt. Eine Ausnahme davon sind die Transportgeräte wie Muldenfahrzeuge und weitere Transportmaschinen (die auch auf öffentlichen Straßen fahren dürfen). Sie können sowohl auf der Baustelle als auch auf regelmäßigen Tankstellen betankt werden. In Abhängigkeit von den eingesetzten Maschinen und dem täglichen Verbrauch mit Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen wird die für die konkrete Baustelle günstigste Methode oder eine Kombination von zwei oder mehreren Methoden gewählt.

4.4.1.1 Betankung mit Kanistern und Fässern

Diese Betankungsart kommt fast immer vor. Als Transport- bzw. Lagerbehälter werden Kanister oder Fässer benutzt. Es gibt eine große Vielfalt von Kanistern und Fässern. Die

¹⁷⁸ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

Fassungsvolumen variieren von ein paar Liter bis zu 450 Liter. Sie werden sowohl aus Metall als auch aus Kunststoff hergestellt.¹⁷⁹ Die Behälter müssen alle Vorschriften in Bezug auf Transport und Lagerung einhalten (siehe Punkt 3.5).



Abbildung 17: Fass und Kanister aus Metall¹⁸⁰

Der Transport ist sehr leicht, weil die kleineren Volumen erleichtertes Laden und Transport mit allen Arten von Verkehrsmittel erlauben. Beim Transport von Dieselmotoren mit einem Gesamtvolumen kleiner als 1.000 l (<450 l je Behälter) gelten die Erleichterungen der „Handwerkerbefreiung“, d.h. diese Transporte sind von vielen Regeln des ADR befreit. Volumen über 1.000 l für Dieselmotoren und 333 l für Benzin fallen nicht unter die Erleichterungen, d.h. zusätzliche strengere Regeln müssen eingehalten werden (siehe Punkt 3.5).

Die Lagerung von Kraftstoffen in Mengen, kleiner als die Grenzwerte in Tabelle 12, auf der Baustelle erfolgt ohne strenge Anforderungen, genauso wie beim Transport. Die Betankung der Maschinen mit Kanistern wird manuell gemacht. Die Betankung aus Fässern erfolgt mit Hilfe von Umfüllungszubehör. Das sind Pumpen, ausgestattet mit manuellen oder automatischen Zapfpistolen. Damit die gefüllten Mengen kontrolliert werden können, wird auch ein Zählwerk installiert (siehe Abbildung 18).



Abbildung 18: Umfüllungspumpe mit Zählwerk¹⁸¹

In der Regel wird dieses Betankungssystem dort benutzt, wo es geringeren täglichen Kraftstoffbedarf gibt. Das sind Baustellen, wo nur einige Baumaschinen oder Kleingeräte zum Einsatz kommen. Fässer und Kanister kommen auch als Ergänzung zu anderen Betankungsmethoden vor.

4.4.1.2 Mobile Tankanlagen

Auf Baustellen, wo eine Betankung mittels Kanistern oder Fässern die Kraftstoffversorgung nicht sicherstellen kann, werden mobile Tankanlagen eingesetzt. Diese Anlagen bestehen aus einem

¹⁷⁹ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotoren zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.2

¹⁸⁰ WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotoren zu Baustellen, Stand ADR 2013; S.2

¹⁸¹ Piusi S.p.a.: <http://www.piusi.com/sheets/PIUSI-PICO-ifd.pdf>, 01.2015

transportablen Tank (IBC Großpackmittel), ausgestattet mit Betankungszubehör. Die mobilen Tankanlagen werden genauso wie die Fässer aus Metall und aus Kunststoff produziert. Standardausrüstung sind Betankungspumpen, Zapfpistolen, Zählwerke, lange Schläuche für Erhöhung der Reichweite etc.

Die mobilen Tankanlagen bieten einen hohen Komfort bei der Betankung von Baumaschinen. Sie sind praktisch mit fast jedem Fahrzeug transportierbar, d.h. sie haben die gleiche Anwendung wie kleine Tankfahrzeuge. In Abhängigkeit von dem Nenninhalt und dem Gewicht des Tanks können LKWs, Pick-ups und sogar Minibusse benutzt werden. Wenn die Bedingungen der Handwerkerbefreiung einhalten werden, fallen viele der ADR Vorschriften weg. Das Laden ist mittels Gabelstapler oder Autokran, bei kleinen Tanks auch manuell, möglich.¹⁸² Die verwendeten Fahrzeuge sind normalerweise klein und können leicht die Standorte der Baumaschinen erreichen. Bei Benutzung von langen Schläuchen wird die Reichweite zusätzlich erhöht. Eine Bewegung der Maschinen ist normalerweise nicht erforderlich. Auf diese Weise kann auch Kraftstofflagerung auf der Baustelle vermieden werden.¹⁸³



Abbildung 19: Mobile Tankanlage bei Betankung einer Maschine¹⁸⁴

Mobile Tankanlagen können stationär auf geeigneten Orten auf der Baustelle positioniert werden und zusätzlich für das Abstellen von Kraftstoffen benutzt werden.

4.4.1.3 Tankfahrzeuge

Bei größerem Kraftstoffbedarf auf einer Baustelle werden spezialisierte Tankfahrzeuge eingesetzt. Sie sind mit allen notwendigen Einrichtungen wie Pumpe, Schläuche, Zählwerk etc. ausgestattet. Grundsätzlich gibt es zwei Varianten für den Bau von Tankfahrzeugen: die erste Variante ist ein Aufsetztank mit Betankungsausrüstung, montiert auf einem Fahrzeug (in der Regel ein kleiner Lkw). Eine Bauartgenehmigung für den Tank und auch für das Fahrzeug ist erforderlich. Die zweite Variante ist ein Tankwagen, der speziell für den Kraftstofftransport hergestellt ist. Die Tankvolumina beginnen bei 450 l und variieren sehr stark. Aber auf Baustellen werden Tanks mit Volumina größer als 15.000 l selten benutzt. Dies bedeutet, dass keine

¹⁸² Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.181-182

¹⁸³ Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.181-182

¹⁸⁴ Berger Maschinen GmbH & Co KG: Katalog Tankstationen und Tankanlagen, S.132, http://www.berger-maschinen.at/media/files/Tankstationen_Tankanlagen.pdf, 01.2015

Freistellungen in Anspruch genommen werden dürfen. Alle Vorschriften des ADR über den Transport sind obligatorisch. Alle Regeln für den Einsatz von Tankfahrzeuge für den Transport von Dieselmotorkraftstoff (Nenninhalt über 450 l) können vom Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen (Spalte 3 – Aufsatztank) entnommen werden.¹⁸⁵



Abbildung 20: Aufsatztank, montiert auf einem Transporter¹⁸⁶

Die Betankung erfolgt direkt vom Tankfahrzeug aus und ohne Bewegung der Maschinen, wo das Befahren gefahrlos möglich ist. Sonst müssen für Baumaschinen die sich auf schwierig zugänglichen Standorten befinden alternative Lösungen gesucht werden (z.B. Umfüllung mittels Fässer oder Kanister). Die kleineren Tankfahrzeuge sind aus diesem Standpunkt gesehen praktischer.



Abbildung 21: Tankfahrzeug¹⁸⁷

4.4.1.4 Stationäre Tankanlagen

Die stationären Tankanlagen bestehen u.a. aus einem Tank ggf. auch mehreren Tanks, einer Zapfsäule mit Zählwerk, Feuerschutzausrüstung, Wasser- und Umweltschutzmaßnahmen. Es gibt grundsätzlich zwei Bauarten für stationäre Tankanlagen (auch als Betriebstankstellen bezeichnet) – oberirdisch und unterirdisch. An beide Bauarten werden viele bauliche Anforderungen gestellt. Die Grundanforderungen für Betriebstankstellen werden von der

¹⁸⁵ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselmotorkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

¹⁸⁶ HEIZÖL-DIESEL-PELESKA: <http://www.heizoel-diesel.at>, 01.2015

¹⁸⁷ fahrzeugbilder.de/bild/LKW~MAN~Tankaufbau/94801/man-als-tankfahrzeug-verl228sst-eine-baustelle.html, 01.2015

Verordnung über brennbare Flüssigkeiten vorgegeben.¹⁸⁸ Die wichtigsten baulichen Voraussetzungen für eine stationäre Tankanlage lauten wie folgt:

- Betankungsfläche aus Beton im Ausmaß von Schlauchlänge + 1,0 m (häufig 5,0 m), um die Zapfsäule (Zapfanlage) zu befestigen. Die Betankungsfläche soll mit Neigung in der Mitte gebaut werden.
- Bei kompletter Überdachung der Betankungsfläche, ohne Einleitung von Oberflächenwässern (Regen) in die Kanalisation, ist kein Mineralölabscheider erforderlich.
- Bei Einbau eines Mineralölabscheiders ist keine Überdachung der Betankungsfläche erforderlich.
- Im Umkreis von 8,0 m um die Zapfsäule dürfen keine Einläufe zu Kanälen vorhanden sein.
- Die Zapfsäule ist mit einem Anfahrtschutz zu versehen.
- Die Betankungsfläche ist ausreichend zu beleuchten.
- Unmittelbar vor der Zapfsäule ist ein Not/Aus-Schalter zu installieren.
- Ein blitzschutzmäßiger Erdungsanschluss ist vorzusehen.
- Etc.¹⁸⁹

Weitere wichtige Hinweise gibt das Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieselkraftstoff) der Wirtschaftskammer Österreich.



Abbildung 22: Beispiel einer oberirdischen Betriebstankanlage¹⁹⁰

Die Betriebstankstellen sind für Bauhöfe und Werkstätten üblich. Die Errichtung einer Betriebsanlage auf Baustellen ist dann sinnvoll, wenn ein wirklich großer Kraftstoffbedarf für lange Zeit besteht, d.h. die Anzahl und der Einsatzgrad der Baumaschinen sehr groß sein sollen. Der Kraftstoffbedarf selbst ist aber nicht maßgebend. **Es würde wirtschaftlicher sein, die Betankung aus einer existierenden Tankstelle im Baustellenumfeld durchzuführen, als eine eigene Betriebstankstelle zu errichten. Nur bei mangelnder Betankungsinfrastruktur im Bereich einer langfristigen Großbaustelle würde es Sinn haben eine eigene Betriebstankstelle zu bauen.**

¹⁸⁸ Vgl. WKO Gesellschaftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

¹⁸⁹ Emtec Tankanlagen GmbH: http://www.emtec-tankanlagen.at/files/bauliche_voraussetzungen.pdf, 01.2015

¹⁹⁰ Emtec Tankanlagen GmbH: <http://www.emtec-tankanlagen.at/produkte/betriebstankstellen/oberirdische-tankanlagen-na>, 01.2015

4.4.1.5 Tankrhythmen

Die Betankungshäufigkeit hängt selbstverständlich von den täglichen Betriebsstunden der Baugeräte und vom Kraftstoffverbrauch ab. Der Verbrauch ist nicht konstant. Es wurden aber die durchschnittlichen Verbräuche der verschiedenen Maschinen, die von der Motorleistung abhängig sind, ermittelt. Die folgende Tabelle stellt den durchschnittlichen Verbrauch gängiger Maschinen dar:

Tabelle 13: Verbräuche gängiger Großgeräte auf Baustellen¹⁹¹

| Großgerät | Leistung (kW) | durchschnittlicher Verbrauch (l/h) |
|-------------------------|---------------|------------------------------------|
| <u>Fahrzeugkrane</u> | | |
| max. Lastmoment 65 tm | 140 kW | 25 l/h |
| max. Lastmoment 150 tm | 190 kW | 35 l/h |
| max. Lastmoment 360 tm | 340 kW | 55 l/h |
| <u>Hydraulikbagger</u> | | |
| Motorleistung 80 kW | 80 kW | 15 l/h |
| Motorleistung 160 kW | 160 kW | 25 l/h |
| Motorleistung 300 kW | 300 kW | 50 l/h |
| <u>Radlader</u> | | |
| Motorleistung 50 kW | 50 kW | 10 l/h |
| Motorleistung 100 kW | 100 kW | 17 l/h |
| Motorleistung 200 kW | 200 kW | 35 l/h |
| Motorleistung 300 kW | 300 kW | 50 l/h |
| <u>Planierdrauen</u> | | |
| Motorleistung 50 kW | 80 kW | 15 l/h |
| Motorleistung 100 kW | 160 kW | 30 l/h |
| Motorleistung 230 kW | 300 kW | 50 l/h |
| <u>LKW 6 x 4</u> | | |
| zul. Gesamtgewicht 20 t | 160 kW | 25 l/h |
| zul. Gesamtgewicht 26 t | 200 kW | 35 l/h |
| zul. Gesamtgewicht 33 t | 260 kW | 45 l/h |
| <u>Stromaggregat</u> | | |
| Leistung 50 kVA | 50 kW | 10 l/h |
| Leistung 100 kVA | 90 kW | 15 l/h |
| Leistung 200 kVA | 180 kW | 30 l/h |
| Leistung 400 kVA | 350 kW | 60 l/h |

Die Baumaschinenhersteller streben an, die Baumaschinen mit einem möglichst grösseren Fassungsvermögen des Kraftstofftanks zu bauen, um einen längeren Betrieb mit einem Tankvorgang zu erreichen und somit die Intervalle zwischen den Betankungen zu verlängern. Dafür sind die baulichen Einschränkungen maßgebend.

Der Kraftstofftankinhalt eines Hydraulikbaggers (Motorleistung 89 kW) liegt bei 290 l. Mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 16,1 l/h kann dieser Bagger 17,8 h im Schnitt arbeiten. Das sind ungefähr zwei Arbeitsschichten. In der Tabelle 14 werden die durchschnittlichen Betriebsstunden einiger Hydraulikbagger und Radlader dargestellt, die mit dem durchschnittlichen Verbrauch von Tabelle 13 kalkuliert wurden. Die Hydraulikbagger können bis zu max. 21,7 h mit einem vollen Tank betrieben werden, und die Radlader bis zu max. 10,7 h. Diese Kalkulation gibt einen Überblick über die Betriebsstunden einer Maschine mit einem vollen

¹⁹¹ Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.184

Kraftstofftank, jedoch ist eine solche Kalkulation für die Festlegung der Betankungsintervalle ungenau. Die Betriebsstunden eines Baugerätes pro Arbeitsschicht können stark variieren.

Tabelle 14: Betrieb von Baggern und Radlader mit einem vollen Tank¹⁹²

| Großgerät | Leistung (kW) | Tankinhalt (l) | Durchschnittlicher Verbrauch (l/h)* | Betriebsstunden mit einem vollen Tank (Bh) |
|--------------------------|---------------|----------------|-------------------------------------|--|
| Bagger CAT 316F L | 89 | 290 | 16,1 | 17,8 |
| Bagger CAT 323F L | 122 | 410 | 20,3 | 20,4 |
| Bagger Komatsu PC240LC-7 | 125 | 400 | 20,6 | 19,4 |
| Bagger CAT 326F LN | 152 | 520 | 24,0 | 21,7 |
| Radlader CAT 950M | 186 | 275 | 32,5 | 8,9 |
| Radlader Komatsu WA320-5 | 124 | 228 | 21,3 | 10,7 |

*Kalkuliert vom durchschnittlichen Verbrauch in Tabelle 13 mit linearer Interpolation

In der Praxis werden die Baumaschinen i.d.R. einmal täglich betankt. Entsprechend bei zwei Arbeitsschichten zweimal täglich. Beim Betanken werden die Maschinentanks vollgefüllt, egal welche Menge noch im Maschinentank vorhanden ist. Dies hat sich in der Praxis als eine erfolgreiche Strategie durchgesetzt, weil sie den ununterbrochenen Betrieb der Maschinen sichert und außerdem die Organisation sowie Steuerung des ganzen Vorgangs erleichtert.¹⁹³

Die Betankung einer Maschine braucht Zeit (ca. 10 M.), deswegen wird angestrebt, die Betankung außerhalb der Arbeitszeiten durchzuführen - im besten Fall vor Arbeitsbeginn oder nach Arbeitsende. Oft werden Baumaschinen in Mittagspausen oder in den kurzen Pausen betankt. Falls die Arbeit in zwei Schichten organisiert ist, soll die Betankung der Maschinen in den Pausen erfolgen.

4.4.1.6 Personal

In Abhängigkeit vom Betankungssystem beschäftigen sich eine oder zwei Personen jeden Tag für kurze Zeit mit der Betankung der Baumaschinen auf der Baustelle. Bei Betankung mittels eines Tankwagens ist nur der Tankwagenfahrer damit engagiert. Bei der Betankung mit mobilen und stationären Tankanlagen kann der Fahrer selbst die Baumaschine betanken. Wenn Fässer und Kanister verwendet werden, kann bei kleineren Mengen bzw. geringerem Gewicht wieder eine Person die Betankung durchführen. Falls es notwendig ist größere Fässer oder Kanister zu bewegen, wird diese Tätigkeit von zwei Personen gemacht. Wenn die Betankung von einem Dienstleister ausgeführt wird, wird kein Baustellenarbeiter mit der Betankung der Maschinen engagiert.

Mit der Koordination der Betankung sind in der Regel die Baustellenpoliere, die Maschinenfahrer und die Lieferanten engagiert.¹⁹⁴

¹⁹² <https://www.zepelin-cat.de/produkte/bagger/cat-kettenbagger-13-bis-40-t.html>;

http://www.komatsu.eu/new_equipment/displayFile.ashx?fileId=15439, 10.2016

¹⁹³ Laut Aussagen von Baustellenverantwortlichen besuchter Bauvorhaben

¹⁹⁴ Laut Aussagen von Baustellenverantwortlichen besuchter Bauvorhaben

4.4.1.7 Betankungssysteme

Ein Betankungssystem ist ein logistisches System, das sich besonders mit der Beförderung von Kraftstoffen (Massengütern) beschäftigt. Es kann der Versorgungs- und Baustellenlogistik zugeordnet werden. Typisch für Betankungssysteme ist, dass es prinzipiell nur Versorgungsströme und keine Entsorgungsströme gibt. Wenn man das System ohne den Baumaschinenbetrieb behandelt, kann man die Betankung von Baumaschinen als ein Logistiksystem klassifizieren (gemäß Definitionen in Punkt 4.1.2). Die Logistikgüter (die flüssigen Kraftstoffe) werden umgefüllt, transportiert und gelagert, aber technisch nicht verändert. Wenn die Kraftstoffe in die Baumaschinen gefüllt werden, wird ihre technische Umwandlung als Logistikgüter beim Verbrennen im Baumaschinenmotor erfolgen. Gemäß den Definitionen in Punkt 4.1.2 ist dieses System ein Produktionssystem. Nach Verbrennung verlassen die Abgase das System. Das sind die Auslaufströme. Die Baumaschinen spielen die Rolle der Ausgangstationen.

Die Stationen in einem Logistiksystems sind mittels Transportverbindungen – einem Transportnetz verknüpft. Durch das Transportnetz fließen Lade- und Transporteinheiten. *„Wenn alle Beförderungsströme von einem Versandpunkt VP ausgehen und die Zielstationen S_j in einem begrenzten Gebiet liegen, handelt es sich um eine Verteilungsaufgabe (VP S_j).“*¹⁹⁵ Die Beförderungsströme fließen generell nur in einer Richtung - vom Lieferant zu den Baumaschinen. Aber wie genau die Logistikgüter die Ausgangsstationen (Baumaschinen) erreichen, kann zeitlich nicht bestimmt werden. Die Ursache hierfür ist es, dass die Baumaschinen ihre Arbeitsorte häufig wechseln. Zu einem Zeitpunkt könnte eine Transportnetzstruktur (Linien-, Ring- oder Sternstruktur bzw. eine komplexe Struktur, siehe Abbildung 23) geeignet sein, aber noch am nächsten Tag könnte eine verschiedene Netzstruktur besser aussehen.¹⁹⁶ Welche Netzstruktur bei der Betankung benutzt wird, hängt von der momentanen Baumaschinendisposition und den vorhandenen Baustellenwegen ab. Aber generell passen die verschiedenen Netzstrukturen zu verschiedenen Baustellentypen, (siehe Abbildung 23). Die Linienstruktur ist für Linienbaustellen geeignet, die Ringstruktur für Flächenbaustellen und die Sternstruktur für kleine Baustellen, wo die eingesetzten Geräte klein sind und die Entfernungen kurz. Auf solchen Baustelle ist der Kraftstoffverbrauch gering und die Betankung erfolgt häufig mit Kanister.

Die wesentlichste logistische Aufgabe bei der Betankung von Baumaschinen ist, die vorgegebenen Beförderungsaufträge zum geforderten Zeitpunkt zu möglichst geringen Kosten durchzuführen. Um diese Aufgabe zu erfüllen, kümmert sich die Transportsteuerung. *„Die Transportsteuerung hat die Aufgabe, die Bewegung der Lade- oder Transporteinheiten durch das Transportnetz auszulösen, zu kontrollieren, zu koordinieren und entsprechend der Gesamtbelastung zu steuern und zu regeln.“*¹⁹⁷

¹⁹⁵ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.813

¹⁹⁶ Vgl. Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.813

¹⁹⁷ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.820

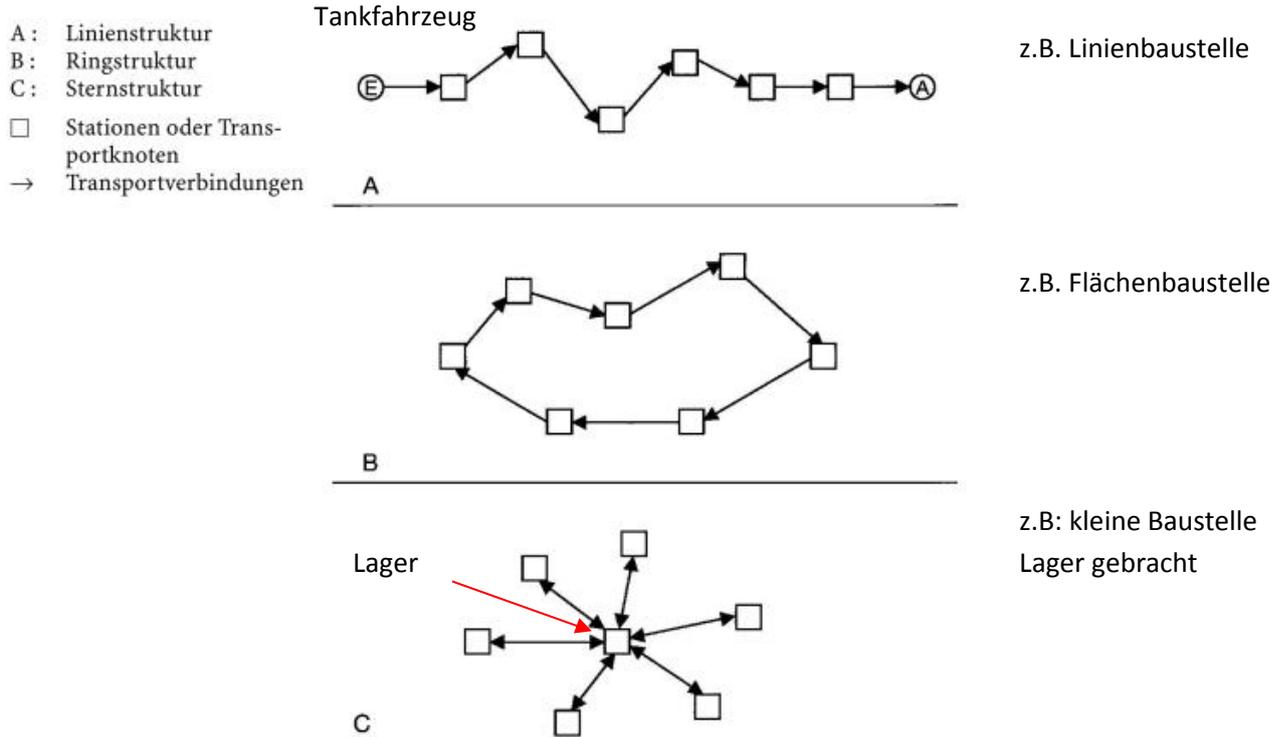


Abbildung 23: Elementare Netzstrukturen¹⁹⁸

Spezifisch für Baustellen ist, dass die logistischen Stationen, besonders die Baumaschinen ihre Standorte verändern. Die Struktur eines Betankungssystems ist in der Zeit nicht fix, sondern flexibel. Mit der Zeit verändern sich nicht nur die Standorte der Maschinen, sondern auch ihre Anzahl. Diese Faktoren beeinflussen den Beförderungsbedarf, entsprechend die Betankungsmethoden und die ganze Struktur des Systems.

Wie oben erwähnt, sind die Baulogistiknetzwerke, entsprechend auch die Betankungssysteme als ein Teil davon, zeitlich und räumlich begrenzt. Zeitlich von der Bauzeit und räumlich von den Baustellengrenzen.

Ein Betankungssystem wird spezifisch für eine Baustelle mit Berücksichtigung der konkreten Randbedingungen, Projekt- und Bauablaufanforderungen geplant. Die wesentlichen Bestandteile eines Betankungssystems sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 15: Bestandteile eines Betankungssystems

| | |
|--|---|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze |
| Transportmittel: | Tankwagen, LKW, IBC-Container, Fässer, Kanister etc. |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Versandstation (Tankstelle, Lieferant) – extern für das System 2. Eingangsstation/Lagerstation (Lagerplätze für Betriebsstoffe, Betriebsstoffmagazine, mobile Tankanlagen, Betriebstankstelle, Fässer und Kanister) 3. Empfangsstation / Ausgangsstation (Baugeräte) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- oder Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Betankungsunternehmen und Baustellenpersonal – mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mail), elektronisch (Telematiksystem) |

¹⁹⁸ Adaptiert Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.814

Die Transportsteuerung bei der Betankung von Baumaschinen wird von der zuständigen Person auf der Baustelle (Polier oder Vorarbeiter) durchgeführt. Bei einer Betankung mittels eines externen Lieferanten wird der Betankungsprozess vom Lieferanten gesteuert. Die Kraftstoffmengen sind entweder fix oder sie werden täglich bestellt. Die Steuerung wird durch Messgeräte wie Zählwerke, Bordrechner, Kraftstoffmessgeräte u.a. unterstützt. Die Datenübermittlung erfolgt in der Regel mündlich (Telefon) und schriftlich (via E-Mail), aber sie könnte auch mit Hilfe von einem Telematiksystem durchgeführt werden (siehe Punkt 2.4.3).

Abbildung 24 gibt ein Beispiel eines einfachen Betankungssystems. Es ist eine Sterntransportstruktur dargestellt. Dieses Betankungssystem ist für eine kleine Baustelle mit geringerem Kraftstoffverbrauch geeignet.

Ein Betankungssystem kann sich aus einer oder mehreren Betankungsmethoden, die bereits beschrieben wurden, zusammensetzen. Die Kleingeräte werden z.B. mittels Kanister betankt, und die großen Maschinen werden z.B. mit einem Tankwagen betankt. Auf manchen Baustellen, wo nur Kleingeräte eingesetzt werden (z.B. im Hochbau), wird die Betankung nur mit Kanistern und Fässern (eine Methode) durchgeführt (wie in Abbildung 24 dargestellt ist). Im Regelfall wird in einem Betankungssystem eine Kombination von zwei oder mehreren Methoden eingesetzt, damit alle Baumaschinen betankt werden können. Die Arten und Anzahl der Baumaschinen in einem Betankungssystem hängen von der Strategie des Bauunternehmens hinsichtlich der Baumaschinen (eigene/angemietete Baumaschinen, siehe Punkt 2.4.1) sowie von der eingesetzten Organisation auf einer Baustelle ab.

Es arbeiten in der Regel mehrere Bauunternehmen auf einer Baustelle und es bestehen grundsätzlich zwei Organisationsvarianten der Betankung: Ein Zentralbetankungssystem könnte für alle Baumaschinen auf der Baustelle eingesetzt werden, oder jedes Unternehmen kümmert sich selbst um die eigenen Geräte und hat ein unabhängiges Betankungssystem. Dies ermöglicht den parallelen Einsatz mehrerer Betankungssysteme auf einer Baustelle.

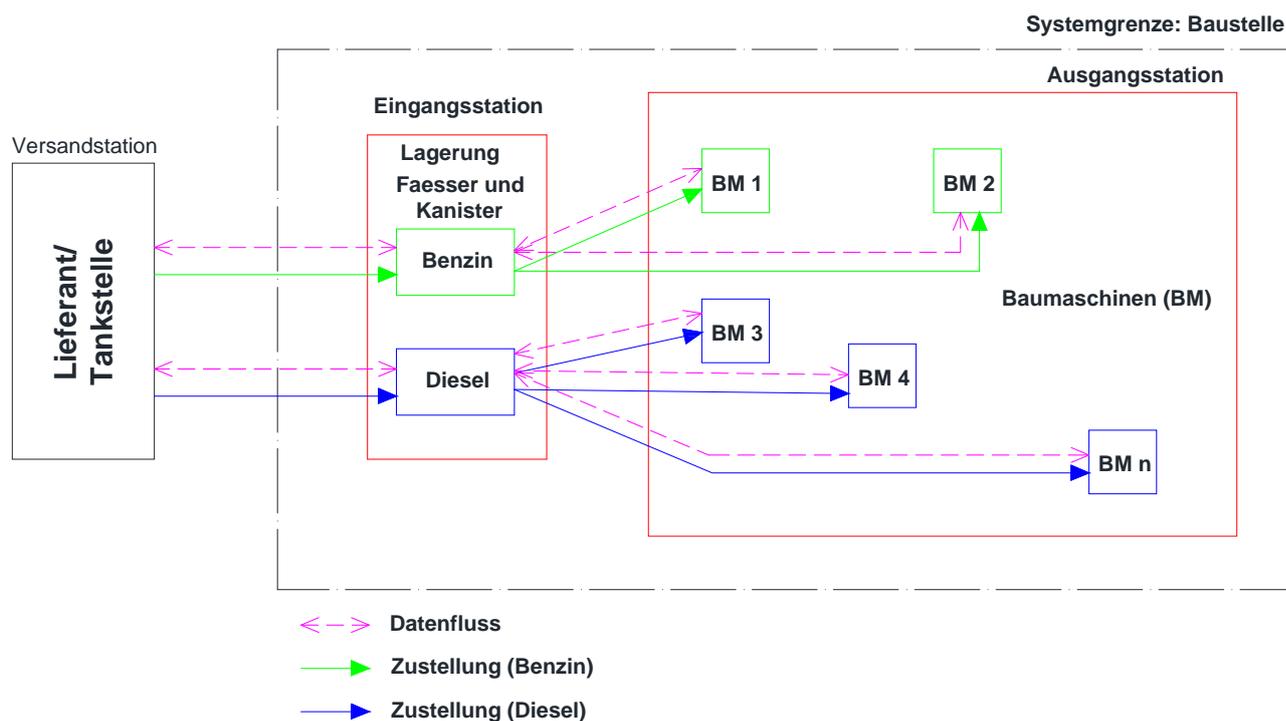


Abbildung 24: Struktur eines Betankungssystems – Betankung mit Sternstruktur

4.4.1.8 Planung der Betankung

Planung in der Arbeitsvorbereitungsphase: Eine ausführliche Planung der Betankung auf Baustellen wird selten durchgeführt. In den meisten Fällen werden „Standardlösungen“ eingesetzt. Die Bauleiter und die Poliere haben in der Regel realistische Erwartungen an den Kraftstoffbedarf aufgrund der geplanten Leistung und Maschinenanzahl. Die meisten Bauunternehmen verwenden eigene Praktiken, an welche das Personal gewöhnt ist. Mit Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten werden diese Praktiken an die konkrete Baustelle angepasst. Ein einfacher Kostenvergleich, z.B. Vergleich von einigen Betankungsangeboten von Kraftstofflieferanten ist genug an Vorbereitung für ein Bauunternehmen, besonders wenn es um geringere Kraftstoffmengen geht.

Bei der Arbeitsvorbereitung für große und komplexe Baustellen hat Sinn, eine ausführliche Planung in Bezug auf die Betankung der Baumaschinen durchzuführen. Nach der Ermittlung der täglichen Leistungen und der entsprechenden Maschinen sollen verschiedene Betankungsvarianten nach Effizienz und Wirtschaftlichkeit verglichen werden, um die optimale Lösung zu finden. Hier spielen die gesammelten Daten von vorhergehenden Baustellen eine wesentliche Rolle. Bei der Planung werden die möglichen Transportnetzstrukturen, der Lagerungsbedarf und die Lagerungsmöglichkeiten analysiert und Lieferangebote werden verglichen. Wenn im Bauablauf einige Bauphasen geplant sind, könnte dies auch in einigen Betankungsphasen resultieren.

Planung der täglichen Betankungstätigkeiten: Am Anfang der Bauarbeiten werden grob die täglichen Betankungstätigkeiten geplant. Es wird die Zeit der Betankung gewählt – vor Arbeitsbeginn, nach Arbeitsende, in der Mittagspause oder während der Arbeit mit Zwangspausen. Das Ziel ist keine oder nur eine minimale Störung der Arbeitszeit sowie minimale zusätzliche Kosten für die Betankung (Vermeiden von Nachtschicht, minimale Anzahl der

beschäftigten Personen usw.). Außerdem wird die Transportnetzstruktur bestimmt, die wegen der verändernden Arbeitsstellen der Maschinen täglich angedacht werden muss. Bei Bedarf wird auch der Zeitpunkt der Betankung im Laufe der Bauarbeiten verändert.

Die tägliche Planung der Betankung ist im Regelfall eine Aufgabe der Poliere. Aufgrund der geplanten Arbeiten für den nächsten Tag / die nächste Schicht wird entschieden welche Baumaschinen betankt werden müssen. Die Baumaschinen, die seltener zum Einsatz kommen, müssen nicht jeden Tag betankt werden. Bei Leistungsspitzen muss beachtet werden, ob der tägliche Kraftstoffbedarf der Transportkapazität z.B. vom Tankwagen entspricht und eventuell zusätzliche Kraftstoffmengen zu bestellen sind. Diese Informationen sowie die Arbeitsstellen der Maschinen müssen an die für die Betankung verantwortlichen Personen (z.B. Tankwagenfahrer, externen Lieferanten) täglich und rechtzeitig übermittelt werden. Das ist i.d.R. mit vielen Gesprächen und Telefonanrufen verbunden, besonders wenn viele Personen im Betankungsprozess engagiert sind. Allerdings funktioniert dies nicht immer einwandfrei und Missverständnisse treten oft auf.

4.4.2 Logistik der Schmierstoffe

Die Logistik der Hydrauliköle, der Motoröle, der Getriebeöle, der Kühlmittel etc. (als Oberbegriff für alle Logistikgüter wird der Begriff Schmierstoffe verwendet) ist ein Teil des Instandhaltungssystems von Baugeräten und kann nur in diesem Zusammenhang behandelt werden. Im Vergleich mit den Kraftstoffen werden die Schmierstoffe in geringeren Mengen verbraucht. Das ist eine der Ursachen für die separate Organisation der Logistik dieser Betriebsstoffe. Ihre Logistik ist von den Wartungskonzepten der Unternehmen sowie von den Randbedingungen und Besonderheiten der verschiedenen Baustellen abhängig.

4.4.2.1 Maschinenmanagement

Die Strategie bezüglich der eigenen und Fremdmaschinen eines Bauunternehmens ist für die Logistik der Schmierstoffe maßgebend. Die Struktur des logistischen Systems der Schmierstoffe wird durch diese Strategie bestimmt (siehe Punkt 2.4.1). Das Anmieten von Fremdmaschinen schließt in der Regel die Reparatur und die Wartung dieser Maschinen und teilweise auch die Betankung ein. Dies bedeutet, dass fast alle logistischen Tätigkeiten für die Betriebsstoffe von Fremdmaschinen von externen Unternehmen durchgeführt werden. Die Wartungsarbeiten werden entweder geplant außerhalb der Baustelle oder bei entstandenen Betriebsproblemen vor Ort durchgeführt. Die Aufgabe des Bauunternehmens in diesem Fall ist nur die Informationsübergabe zum Vermieter. Alle weiteren Tätigkeiten, einschließlich der Logistik der notwendigen Schmierstoffe, ist eine Pflicht des Vermieters. Normalerweise besitzen Vermieterunternehmen Werkstätten, die für die Instandhaltung ihrer Baumaschinen zuständig sind. Sie haben eigene Wartungskonzepte und Logistiksysteme für die Schmierstoffe. Weil sie spezialisiert sind, können sie die Logistiksysteme und die Prozesskette optimieren und auf diese Weise die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Wenn ein Bauunternehmen über einen eigenen Baumaschinenpark verfügt, kann die Instandhaltung der Maschinen entweder von einer eigenen Werkstatt ausgeführt werden oder an einen Dienstleister vergeben werden. In einem solchen Fall ist die Logistik der Schmierstoffe

ähnlich wie bei Verwendung von Fremdmaschinen. Bei eigener Werkstatt wird die Logistik der Betriebsstoffe unternehmensintern organisiert. Der gut funktionierende Datenfluss ist in allen Fällen maßgebend für die Effizienz der Instandhaltungsarbeiten und die Minimierung der Stillstandzeiten der Maschinen.¹⁹⁹ Beim Einsatz von eigenen Geräten werden öfter Zwischenlager für Schmierstoffe auf der Baustelle benutzt.²⁰⁰

Da auf einer Baustelle oft mehr als ein Bauunternehmen arbeitet und aufgrund der Anmietung von Fremdmaschinen existieren zwei oder mehrere Logistiksysteme für die Schmierstoffe der Baumaschinen auf derselben Baustelle. Diese Systeme funktionieren in der Regel parallel und unabhängig voneinander.

4.4.2.2 Werkstätten und Bauhöfe

Stationäre Werkstätten können sowohl in Unternehmensbauhöfe als auch Fremdfirmenwerkstätten sein. Sie befinden sich außerhalb der Baustelle und bedienen viele Baustellen. Wie in Punkt 2.4.1 erläutert ist, werden Baustellenwerkstätten nur auf großen Baustellen mit geräteintensiven Bauarbeiten eingerichtet. Fast alle logistischen Tätigkeiten bezüglich der Schmierstoffe werden von den Hauptwerkstätten außerhalb der Baustellengrenzen durchgeführt. Falls eine Baustellenwerkstatt vorhanden ist, wird die Logistik der Schmierstoffe vom Werkstattpersonal organisiert und durchgeführt. Die notwendigen Schmierstoffe kommen entweder von der Hauptwerkstatt oder direkt von den Lieferanten. Die Lagermengen in der Hauptwerkstatt und auf der Baustelle werden nach dem Wartungskonzept geplant und zugestellt.

4.4.2.3 Lagerung von Schmierstoffen auf der Baustelle

Die Lagerung von Schmierstoffen auf einer Baustelle ist nicht immer sinnvoll. Wenn z.B. die Anzahl der Baugeräte gering ist, oder wenn die meisten Geräte angemietet sind, werden Schmierstoffe auf der Baustelle nicht gelagert. Nach dem Wartungsplan oder bei berichteten Schäden bzw. Betriebsproblemen werden die notwendigen Betriebsstoffe zur Baustelle mittels eines Werkstattfahrzeugs (Servicewagen) geliefert. Die verbliebenen Betriebsstoffmengen sowie die gesammelten Altstoffe werden zur Werkstatt zurücktransportiert.

Bei Bedarf von großen Schmierstoffmengen auf einer Baustelle hat es Sinn, Zwischenlager auf der Baustelle vorzusehen. Eine Baustellenwerkstatt verfügt immer über ein Betriebsstofflager bzw. -magazin. Die Betriebsstoffmagazine können auch als Hilfseinrichtungen des Servicewagens funktionieren. Die Lagerung auf der Baustelle erleichtert die Ausführung der Instandhaltungsarbeiten.²⁰¹ Abbildung 25 zeigt Beispiele von Lagercontainern für Bau- und Betriebsstoffe.

¹⁹⁹ Laut Aussagen von Baustellenverantwortlichen besuchter Bauvorhaben

²⁰⁰ Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.91-95

²⁰¹ Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.94



Abbildung 25: Lagercontainer für Bau- und Betriebsstoffe²⁰²

4.4.2.4 Transportmittel und Verpackungen

In Punkt 3.5 werden die wichtigsten Vorschriften für den Transport, die Lagerung und die Verpackungen der Betriebsstoffe behandelt. Es wird empfohlen so lange wie möglich die Schmierstoffe in ihren Originalverpackungen zu lagern, um ihre Qualität zu bewahren.²⁰³ Wenn größere Mengen von einem Schmierstoff verwendet werden, wie Hydrauliköle, Motoröle etc., werden normalerweise Fässer mit größerem Fassungsvermögen (200 l) oder IBC Container mit Nenninhalt bis zu 1.000 l für die Zustellung zur Baustelle verwendet.²⁰⁴ Die Spezialtransportmittel – die Werkstattfahrzeuge – sind oft mit eingebauten Tanks mit Abgabebühör ausgestattet. Für die Sammlung und Abtransport von Altölen können dieselben Arten von Verpackungen benutzt werden.²⁰⁵

Die Schmierstoffe, die in geringen Mengen zum Einsatz kommen, werden in der Regel in ihren Originalverpackungen transportiert und direkt in die Maschinen gefüllt. Diese Verpackungen haben ein Volumen von ein paar Litern und eine Umfüllung ist selten sinnvoll.



Abbildung 26: Verpackungsarten von Schmierstoffen²⁰⁶

²⁰² Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011, S.92-93

²⁰³ Vgl. SKF: <http://www.skf.com/de/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/principles/lubrication/lubricant-storage/index.html>, 02.2015

²⁰⁴ Vgl. Zeitschrift „Landwirt“: <http://www.landwirt.com/gebrauchte,697459,Addinol-Mehrbereichs-Motoroel-10-W-40.html>, 02.2015

²⁰⁵ Vgl. Abfallhandbuch, April 2012: www.dalaas.at, S. 27, 02.2015

²⁰⁶ Matik AG: <http://www.matik.ch/de/betriebsstoffe/>, 02.2015

Die Betriebsstoffe werden in den oben beschriebenen Verpackungen mittels eines Werkstattfahrzeuges oder eines LKWs transportiert. Der Servicewagen verfügt neben den Reparaturinstrumenten auch mit eingebauten Tanks (ausgestattet mit Pumpen, Zapfpistolen, Zählwerken etc.) für den Wechsel von Betriebsstoffen. Die Servicewagen sind so ausgerüstet, dass sie viele Instandhaltungsarbeiten vor Ort ermöglichen, einschließlich Wechsel und Zugabe von Betriebsstoffen sowie Sammlung und Abtransport von Altölen. Abbildung 27 zeigt die Ausrüstung eines Servicewagens.

Alle notwendigen Schmierstoffe für den Betrieb der Baumaschinen auf einer Baustelle können im Servicewagen abgestellt werden. Das bedeutet, dass ihre Zustellung vom Bauhof zu der Baustelle und die Entsorgung der Altöle mittels des Servicewagens ausgeführt werden. Auf diese Weise wird die Lagerung von Betriebsstoffen auf der Baustelle vermieden.



Abbildung 27: Ausrüstung eines Servicewagens²⁰⁷

4.4.2.5 Mengen und Wartungsintervalle

Die Betriebsstoffe werden entweder in geplanten Wartungsintervallen (gemäß dem Wartungskonzept) oder bei Ausfall einer Baumaschine geliefert und gefüllt. Die Füllmengen der verschiedenen Schmierstoffe variieren stark. In Prinzip hängen sie von der Maschinenart, der Maschinengröße und den Arbeitseinrichtungen ab. Die Intervalle und die zugehörigen Füllmengen können der Betriebsbeschreibung entnommen werden.

Die Häufigkeit der Wartungsarbeiten auf einer Baustelle hängt von der Maschinenanzahl, dem Maschineneinsatz und Wartungskonzept des Unternehmens ab. Normale Wartungsintervalle für einen Bagger sind zum Beispiel 500, 1.000, 2.000, 5.000 Bh.

4.4.2.6 Schmierstofflogistik

Die Logistik der Schmierstoffe gehört zur Versorgungs-, Baustellen- und Entsorgungslogistik. Sie umfasst sowohl die Zustellung von neuen Schmierstoffen als auch den Abtransport von verbrauchten Schmierstoffen. Gemäß der Definition in Punkt 4.1.2 ist dieses System ein Produktionssystem. Die Logistikgüter werden von neuen Schmierstoffen in Altöle und Sonderabfälle im Prozess des Baumaschinenbetriebs transformiert. Von Bedeutung für diese

²⁰⁷ Michael Haan Unternehmensgruppe: http://www.michael-haan-unternehmensgruppe.de/mobile_werkstatt.html#, 03.2015

Diplomarbeit sind folgenden Logistiksysteme: die Versorgung der neuen Schmierstoffe und die Entsorgung der Altöle bzw. der Sonderabfälle. Für das Versorgungssystem spielen die Baumaschinen die Rolle der Ausgangsstation, und für das Entsorgungssystem sind sie die Eingangsstation. Das bedeutet, dass die Baumaschinen als eine Übergangszwischenstation in diesem System bezeichnet werden können. Die Logistikgüter sind vielfältig, z.B. Hydrauliköle, Motoröle, Getriebeöle, Kühlmittel etc.

Genauso wie die Betankungssysteme sind die Logistiksysteme von Schmierstoffen auf Baustellen zeitlich und räumlich begrenzt. Zeitlich von der Bauzeit und räumlich von den Baustellengrenzen und dem Baustellenumfeld.

Wie oben erwähnt, können mehrere Logistiksysteme für Schmierstoffe von Baumaschinen auf einer Baustelle existieren. Dies hängt grundsätzlich vom Management des Projektes ab. Wenn die Bauarbeiten von mehreren Unternehmen ausgeführt werden, folgt automatisch, dass auf einer Baustelle mehr als ein Logistiksystem für die Schmierstoffe parallel existieren. Jedes Bauunternehmen hat verschiedene Maschinentypen, Lieferanten von Schmierstoffen, Transportmittel etc. und überhaupt unterschiedliche Systemstrukturen.

Die wesentlichen Bestandteile eines Logistiksystems für die Betriebsstoffe von Baumaschinen auf einer Baustelle sind in folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 16: Bestandteile eines Logistiksystems von Schmierstoffen

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze |
| Transportmittel: | Servicewagen / mobile Werkstatt, LKW, PKW Behälter: Spezialtanks, Originalverpackungen, IBC-Container, Fässer, Kanister etc. |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Versandstation (Lieferanten, Zentralwerkstatt, Bauhof) – extern für das System* 2. Eingangsstation/Lagerstation für neue Schmierstoffe (Betriebsstoffmagazine, Lagerplätze für Betriebsstoffe, Lagercontainer) 3. Übergangsstationen (Baugeräte) 4. Sammlung verbrauchter Schmierstoffe (Altölsammlung) (Betriebsstoffmagazine, Lagercontainer) innerhalb der Baustelle** 5. Entsorgungsunternehmen - extern für das System |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- oder Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Zentralwerkstatt und Baustellenpersonal Datenübertragung: mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mail), elektronisch (Telematiksystem) |

*Die Bauhöfe oder Zentralwerkstätten nehmen grundsätzlich am Versorgungs- und Entsorgungssystem teil.

**Die neuen, die angebrauchten Betriebsstoffe und die Altöle werden oft in denselben Betriebsstoffmagazinen oder Containern gelagert.

Die meisten logistischen Tätigkeiten finden außerhalb der Baustelle statt. Bei einem großen Teil der Baustellen werden keine Betriebsstoffe gelagert. Nur die für die laufenden Arbeiten notwendigen Mengen werden geliefert, in die Maschinentanks gefüllt und die verbrauchten

Betriebsstoffe werden gleich entsorgt. Abbildung 28 veranschaulicht die Struktur eines logistischen Systems ohne Lagerung von Betriebsstoffen innerhalb der Baustelle. Das Schema zeigt ein allgemeines und weit verwendetes Logistiksystem. Es ist typisch für kleinere Baustellen, wo die Maschinenanzahl gering ist, außerdem für innerstädtische Baustellen, bei denen sich die Wartung ziemlich leicht organisieren lässt. Innerhalb der Baustelle wird nur der Wechsel der Schmierstoffe mittels der Servicewagenausrüstung als ein Teil der Wartungsarbeiten durchgeführt.

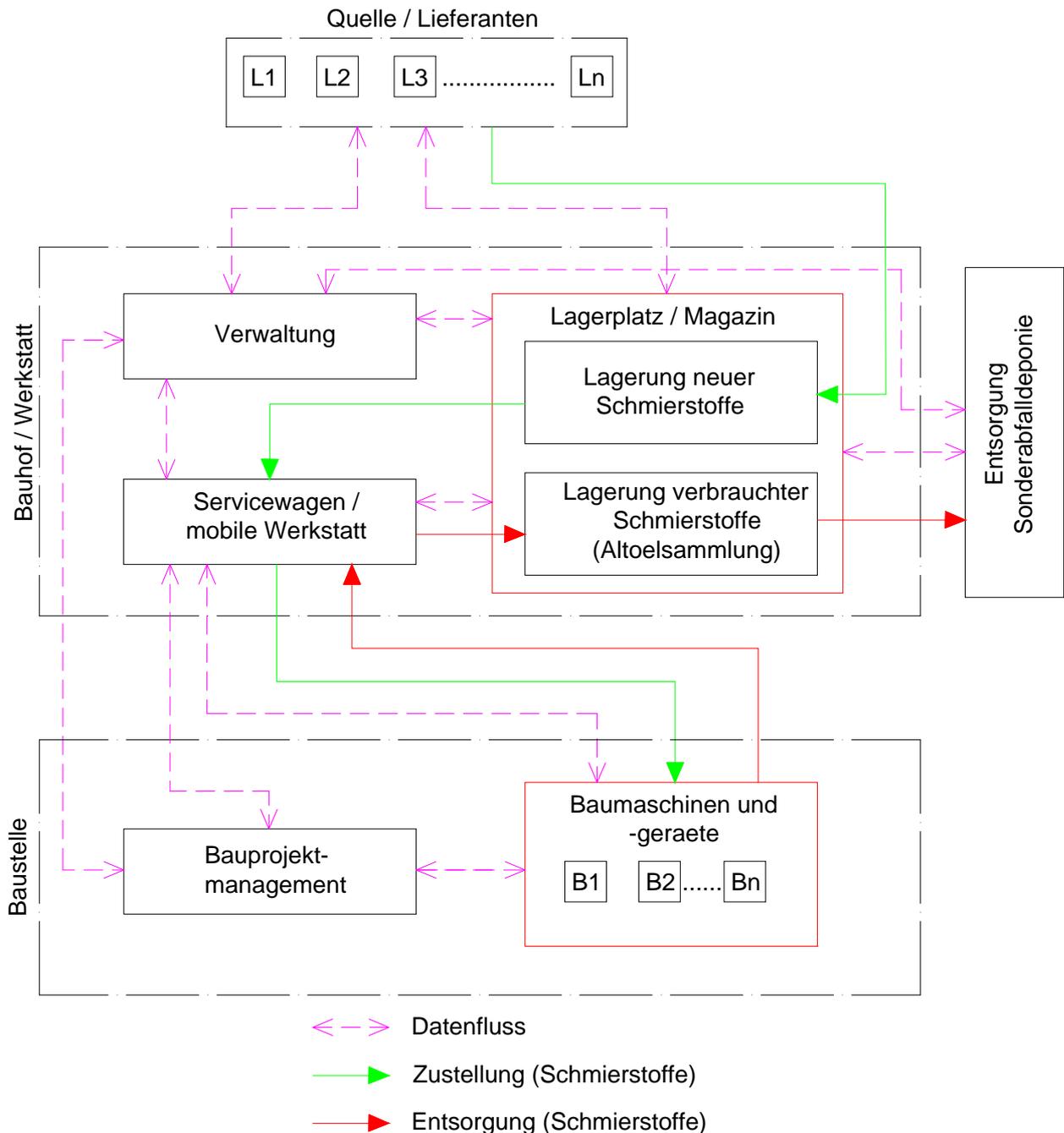


Abbildung 28: Struktur eines Schmierstofflogistiksystems ohne Zwischenlagerung auf der Baustelle

Man muss erwähnen, dass es im Gegensatz zur Betankung bei der Logistik der Schmierstoffe zusätzlich eine Entsorgung von Altölen und verbrauchten Betriebsstoffen gibt, die zu den

gefährlichen Abfällen gehören. Die Entsorgung wird nach den gesetzlichen Regeln unter strenger Kontrolle durchgeführt. Die gesetzlichen Vorschriften sind in Punkt 3.5 behandelt.

Für Großbaustellen, bei denen die Maschinenanzahl wesentlich größer ist und besonders bei außerstädtischen Baustellen, bei denen die Ausführung der Wartungsarbeiten und die Logistik der Schmierstoffe öfter vom Bauunternehmen selbst organisiert und durchgeführt werden, sind Baustellenlagerplätze (Lagercontainer) und Baustellenwerkstätten typisch.

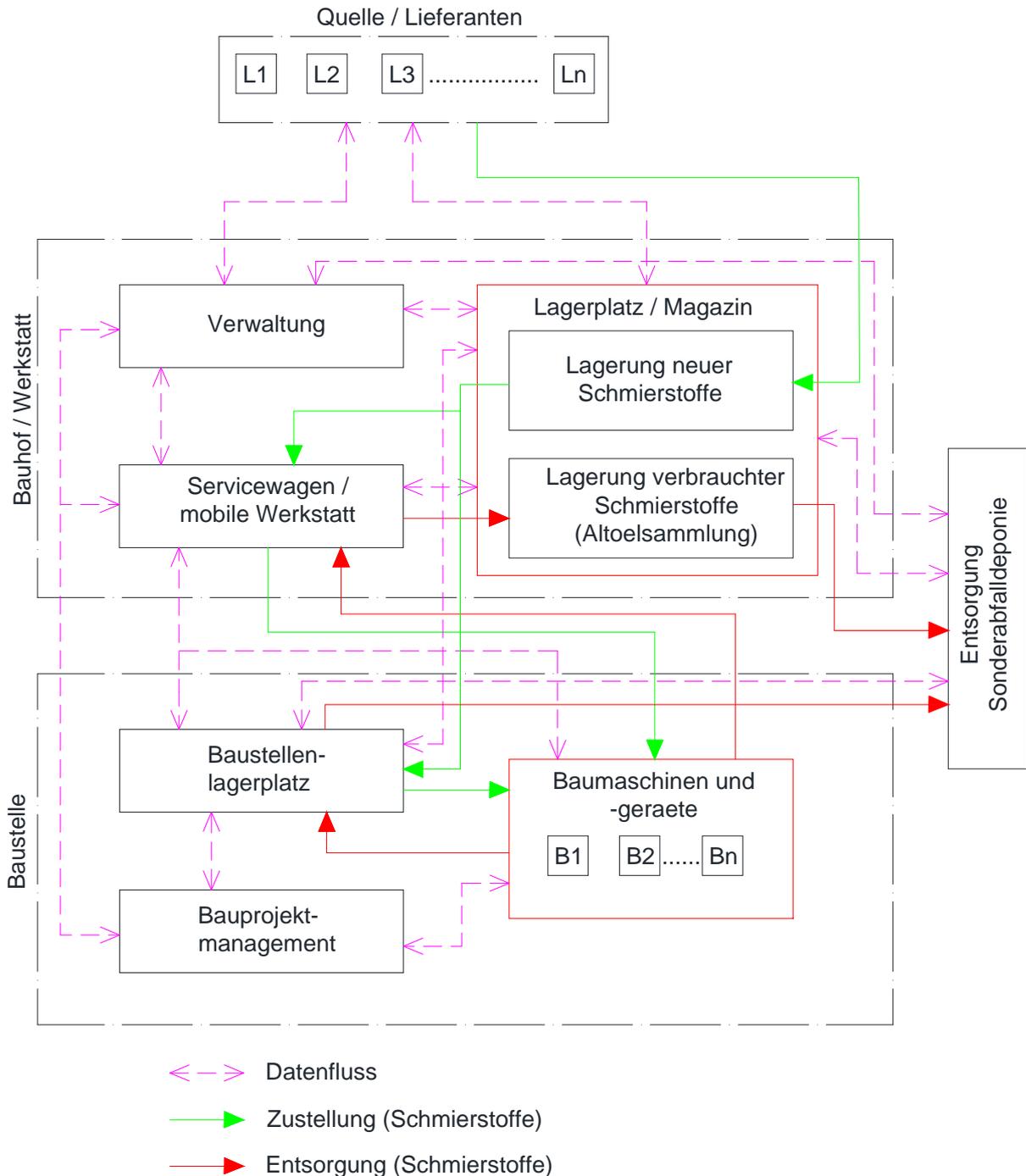


Abbildung 29: Struktur eines Schmierstofflogistiksystems mit Lagerung auf der Baustelle

Abbildung 29 stellt ein Beispiel für die Struktur eines Logistiksystems für Schmierstoffe mit Zwischenlagerung auf der Baustelle dar. Das Beispiel zeigt eine Baustelle mit einem Baustellenlagerplatz, der als Filiale des Zentrallagers funktioniert, aber ohne Baustellenwerkstatt.

Die gelagerten Betriebsstoffe werden vom Zentrallager geliefert. Die Altöle und die anderen verbrauchten Betriebsstoffe werden entweder zum Bauhoflagerplatz transportiert oder am Baustellenlagerplatz gesammelt und direkt von der Baustelle entsorgt.

Es gibt natürlich verschiedene Varianten für die Struktur eines Schmierstofflogistiksystems, die u.a. von den konkreten Baustellenbedingungen und Transportentfernungen abhängen. Die wichtigsten Aufgaben, die ein Logistiksystem erfüllen muss, sind maximale Erleichterung der Wartungsarbeiten, um minimale Stillstandzeiten der Baumaschinen zu erreichen, effektive Entsorgung von Altölen sowie der verbrauchten Betriebsstoffe und die Minimierung der damit verbundenen Kosten. Die Datenflüsse zwischen allen Systemstationen sind für eine gute Koordination und Effizienz des ganzen Systems maßgebend.

4.4.2.7 Personal

Die Anzahl der Personen, die irgendwie mit der Logistik der Schmierstoffe auf der Baustelle beteiligt sind hängt natürlich von der Art des Logistiksystems ab. Wenn es keine Zwischenlagerung auf der Baustelle gibt, werden die logistischen Tätigkeiten wie Lieferung, Abtransport, Lagereingang/-ausgang usw. von der Zentralwerkstatt gesteuert und durchgeführt. Personen von der Baustelle (wie z.B. Poliere und Maschinenfahrer) nehmen nur an der Datenübermittlung und der Koordination teil.

Bei Großbaustellen mit eigenen Lager- und Werkstatteinrichtungen steigt die Anzahl der Beteiligten. Für die Lagerung von Betriebsstoffen auf der Baustelle ist zumindest eine Person engagiert. Mit der Zunahme der Instandhaltungsarbeiten auf der Baustelle steigen auch die logistischen Tätigkeiten auf der Baustelle und entsprechend auch die beteiligten Personen. Auf Baustellen mit geräteintensiven Bauarbeiten (wie Erdbau, Tunnelbau etc.) können auch vollständige Logistiksysteme, unabhängig von den zentralen Unternehmenseinrichtungen, installiert werden. Solche Logistiksysteme werden unabhängig geplant und gesteuert. Die Ver- und Entsorgungsprozesse werden konkret für die Baustelle gestaltet. Das bedeutet, dass die logistischen Tätigkeiten vom Baustellenpersonal durchgeführt werden.

4.4.2.8 Planung der Schmierstofflogistik

Die Logistik der Schmierstoffe ist ein Teil des Wartungssystems eines Bauunternehmens. Wenn die Art, Anzahl und Bereitstellungsweise der Baugeräte für eine Baustelle festgestellt worden sind, wird das Wartungskonzept für die Baustelle ausgearbeitet. Das passiert in der Bauvorbereitungsphase des Projektes. Für Fremdgeräte wird die Wartung und entsprechend die Logistik der Schmierstoffe mit dem Mietvertrag vereinbart. Für die Fremdgeräte ist keine Planung bezüglich der Logistik von Schmierstoffen notwendig. Das ist auch der Fall, wenn die Wartung an ein externes Unternehmen vergeben wird. Nur für Eigengeräte ist es notwendig die Logistik der Schmierstoffe im Voraus zu planen. Dies ist Aufgabe der maschinentechnischen Abteilung. Aufgrund der vorigen Erfahrungen und der geplanten Leistungen und Leistungsspitzen (entsprechend auch nach dem Einsatzgrad der Maschinen) wird entschieden:

- Wartungs- und Reparaturarbeiten vor Ort mittels einer Baustellenwerkstatt oder eines Servicewagens durchzuführen,

- welche Betriebsstoffmengen für die erwarteten Wartungsarbeiten nötig sind,
- ob eine Lagerung von Betriebsstoffen auf der Baustelle sinnvoll ist.²⁰⁸

Die Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es einen geeigneten Platz für das Baustellenlager zu finden und die Koordination zwischen Baustelle und Werkstatt zu organisieren.²⁰⁹ Wenn es nötig ist, können während des Baues verschiedene Logistikprozesse korrigiert und optimiert werden. Eine Veränderung der Systemstruktur während der Bauausführung wird selten gemacht. Das kann z.B. bei langfristigen Baustellen mit großen Schwankungen der Baumaschinenanzahl in den verschiedenen Bauphasen passieren.

4.4.3 Controlling

„Das Logistikcontrolling soll die kostenoptimale Erbringung aller benötigten Logistikleistungen kontrollieren und hierauf aufbauend die Logistikplanung, die Auftragsdisposition, den Logistikbetrieb und andere Unternehmensbereiche über die logistisch bedingten Kosten informieren.“²¹⁰ Die Arbeitsinstrumente des Controllings sind die Logistikkostenrechnung (mit Vor-, Mit- und Nachkalkulation) sowie ein Berichtswesen über die Kosten-, Leistungs- und Qualitätskennzahlen der Logistiksysteme. Mittels eines Soll-Ist-Vergleiches werden die Abweichungen vom Soll-Zustand analysiert und wichtige Schlüsse über weitere Logistikplanung und Kostenkalkulationen gezogen. Für diese Leistungen, die von Logistikdienstleistern durchgeführt werden, muss das Logistikcontrolling die Leistungs- und Qualitätsvergütung konzipieren, die aktuellen Leistungspreise verfolgen, sowie die laufenden Abrechnungen überprüfen. Die Aufgaben des Auftragsgebers beschränken sich auf die Systemführung, die Koordination und die Leistungsüberwachung der Dienstleister.²¹¹

Die wichtigsten Aufgaben, die mit dem Controlling der Betriebsstoffe zu erfüllen sind, ist eine laufende Verbrauchs- und Kostenkontrolle. Die Betriebsstoffkosten bestimmen einen wesentlichen Teil der Betriebskosten. Zum Beispiel werden täglich enorme Mengen von Kraftstoffen auf einer Baustelle verbraucht (bis zu 10.000 l). Wie in Punkt 4.4.1.5 erläutert, sind die Verbräuche der Baumaschinen nicht konstant. Der genaue Kraftstoffverbrauch lässt sich schwierig vorhersagen. Deswegen ist die laufende Verbrauchskontrolle sehr wichtig, um Fehler vorzubeugen und auch Diebstähle festzustellen und frühzeitig zu verhindern. Die genaue Mit- und Nachkalkulation ist notwendig für die rechtzeitige Optimierung und die weitere Planung der Logistiksysteme der Betriebsstoffe.

Um das Controlling von Betankung und Schmierstofflogistik durchzuführen, sind die folgenden Daten notwendig:

- Betriebsdaten der Baugeräte - Tagesberichte
Das sind Betriebsstunden, Tagesleistung, Stillstandzeiten, verbrauchte Betriebsstoffmengen etc. Sie werden entweder mit den Tagesberichten oder mittels eines Telematiksystems gesammelt (siehe Punkt 2.4).
- Daten über die Betankung – Lieferscheine

²⁰⁸ Laut Aussagen von Baustellenverantwortlichen besuchter Bauvorhaben

²⁰⁹ Vgl. Schach (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011

²¹⁰ Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.64

²¹¹ Vgl. Gudehus: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.64-66

Die Daten über die Betankung (Kraftstoffmengen, Betankungszeit etc.) werden entweder im Tagesbericht oder auf separaten Dokumenten (Lieferscheine und Betankungsberichte) aufgeschrieben (oder beides). Die Betankungsberichte können auch automatisch vom Zählwerk ausgedruckt werden oder bei Vorhandensein von einem Telematiksystem automatisch an den Bauhof übermittelt werden.

- Daten über Wartungs- und Reparaturarbeiten

Diese Daten werden in der Regel auch in den Tagesberichten aufgeschrieben.

Die Datenverarbeitung ist bei der konventionellen Methode (mit Papier-Tagesberichten) sehr aufwendig. Außerdem lässt sich die Vollständigkeit und die Richtigkeit der gesammelten Daten schwer beweisen. Die Qualität der gesammelten Daten hängt auch von der Qualifizierung des Personals ab. Beim Einsatz von Telematiksystemen erfolgt die Datensammlung automatisch. Zu jeder Zeit ist ein Zugriff zu aktuellen Daten möglich. Auf diese Weise wird viel Zeit und Aufwand gespart, die gesammelten Daten sind zumeist zuverlässig.

Die gesammelten Daten über die verbrauchten Betriebsstoffe werden mit den Lieferdaten verglichen. Die Daten werden analysiert und eventuelle Nachteile aus den Logistikprozessen oder –systemen entfernt. Falls Abweichungen zwischen Liefer- und Verbrauchsmengen festgestellt werden, werden die Ursachen dafür analysiert und wenn seriöse Probleme vorhanden sind, werden entsprechende Maßnahmen für ihre Lösung getroffen.

4.5 Beispiele aus der Praxis

Bauprojekte werden entweder von einem Bauunternehmen, oder von Arbeitsgemeinschaften, die von zwei oder mehreren Einzelunternehmen bestehen, ausgeführt. Die Bauleistungen können zwischen einigen Bauunternehmen verteilt werden. Fast kein Bauprojekt wird ohne Subunternehmen ausgeführt. Die komplexe Ausführungsorganisation führt zu komplexen Logistiksystemen von allen Logistikgüter auf der Baustelle, einschließlich der Betriebsstoffe. Wie bereits zuvor erläutert, können mehrere voneinander unabhängige Logistiksysteme für die Betriebsstoffe auf einer Baustelle funktionieren.

Die gewählten Baustellen sind meistens Linienbaustellen von verschiedener Größe mit intensiven Erdbauarbeiten. Die Anzahl an Großbaumaschinen beträgt zumeist mehr als 15 Maschinen.

Die hier beschriebenen Beispiele beziehen sich auf ein Bauunternehmen oder auf eine Arbeitsgemeinschaft. Eine Umfassung der Logistik der ganzen Baustelle wird nicht angezielt. Die dargestellten Beispiele geben eine Übersicht über die Projektanforderungen und -bedingungen, die Baustelleneinrichtung, die eingesetzten Baugeräte sowie über das Betankungssystem und das Logistiksystem der Schmierstoffe. Die Angaben über die Logistiksysteme sind in Gesprächen mit Bauleitern, Polieren und anderen Baustellenverantwortlichen gesammelt werden.

4.5.1 Umbau Knoten Prater, Wien, Österreich

4.5.1.1 Projektdaten

Der Knoten Prater verbindet die A 23 Südosttangente Wien und die A 4 Ostautobahn und ist eine sehr stark befahrene Straße. Die Erdberger Brücke (über den Donaukanal) ist am Ende ihrer Lebensdauer und muss zur Gänze neu gebaut werden. Das Projekt umfasst eine Generalerneuerung der Erdberger Brücke, Bau von 2 neuen Entflechtungsbrücken auf beiden Seiten der Hauptbrücke, um den Verkehr unbehindert abzuwickeln, Umbau der Brückenrampen und viele andere Tätigkeiten. Der Knoten hat einen Berührungspunkt mit der U-Bahnlinie U3, was zusätzliche Baumaßnahmen verursacht. Während der ganzen Bauzeit darf der Verkehr nicht unterbrochen werden, deswegen wird der Bau in 17 verschiedenen Hauptverkehrsphasen durchgeführt.²¹²

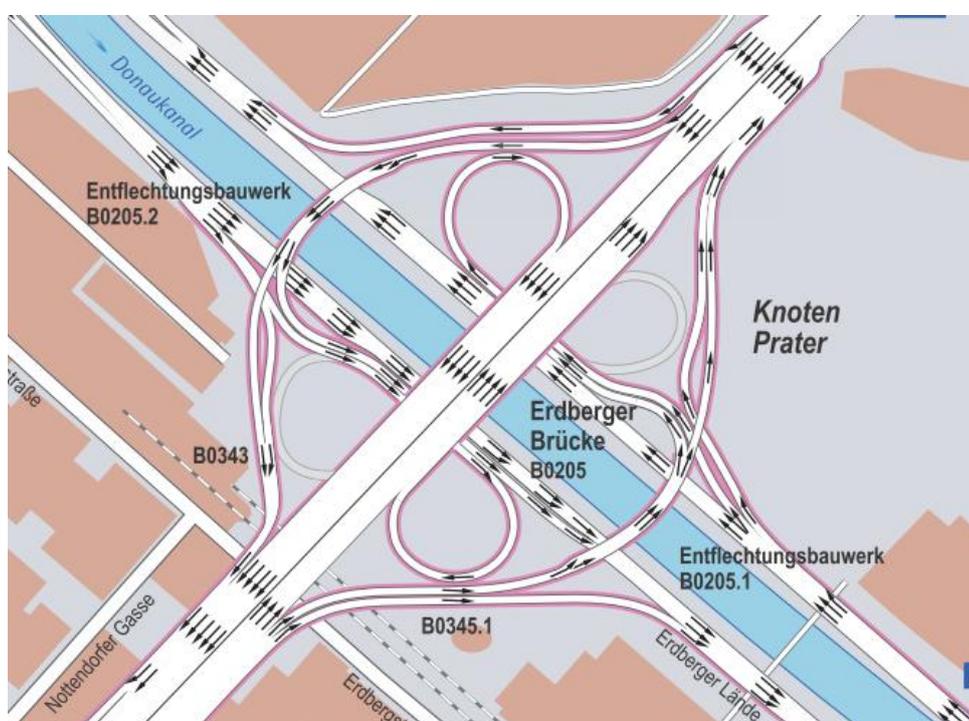


Abbildung 30: Layout und Umfang des Projektes²¹³

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Daten über das Projekt dargestellt:

Tabelle 17: Projektdaten – Umbau Knoten Prater²¹⁴

| | |
|---------------|---|
| Projekt: | Generalerneuerung Knoten Prater und Erdberger Brücke A23 Südosttangente / A4 Ostautobahn |
| Auftraggeber: | ASFINAG, Baumanagement GmbH |
| Auftragnehmer | ARGE Habau - Porr |
| Baukosten: | 50 Mio. Euro |
| Bauzeit: | 46 Monate |

²¹² Vgl. ASFINAG: http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/wien/-/asset_publisher/1_46044/content/a-23-sudosttangente-wien-umbau-knoten-prater, 01.2015

²¹³ ASFINAG: http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/wien/-/asset_publisher/1_46044/content/a-23-sudosttangente-wien-umbau-knoten-prater, 01.2015

²¹⁴ Habau Hoch- und Tiefbau GmbH: Umbau Knoten Prater - Project Key Facts, 01.2015

| | |
|----------------------|---------------------------|
| | März 2014 – Dezember 2017 |
| Hauptverkehrsphasen: | 17 |
| Brückenbauwerke: | 5 Stück |
| Brückenfläche: | 13.000 m ² |
| Stützmauern: | 8 Stück |
| Bohrpfähle ø 1,20m: | 6.000 m |
| Beton: | 40.000 m ³ |
| Bewehrung: | 3.500 t |
| Dammkörperschüttung: | 40.000 m ³ |
| Glasschaumgranulat: | 10.000 m ³ |
| Bituminöser Belag: | 90.000 m ² |

Zur Zeit des Baustellenbesuchs ist eines der Entflechtungstragwerke bereits fertiggestellt, das zweite Tragwerk ist noch in Bau. Die Baumaßnahmen im Berührungsbereich mit der U-Bahn sind schon fertig. Die Arbeiten an der Verschiebung der Zugangsrampen sind im Gange. Die Erdarbeiten sind in der Endphase. Wegen des laufenden Verkehrs und überhaupt aufgrund des städtischen Baumfelds sind die freien Flächen für das Bauen sehr begrenzt. Es gibt viele kleine Inselbaustellen zwischen den verschiedenen Teilen des Knotens. Der Zugang zu diesen Inseln ist schwierig, besonders für die großen Baumaschinen, weil sie immer mit einem Tieflader transportiert werden müssen. Die Zustellungen von Baumaterialien und Betriebsstoffen sind zeitlich stark begrenzt. Eine Übersicht über die Bauarbeiten gibt Abbildung 31.



Abbildung 31: Umbau Knoten Prater: Stand 01.2015²¹⁵

²¹⁵ Bereitgestellt von Habau

4.5.1.2 Baustelleneinrichtung

Die Baustelle befindet sich im Stadtgebiet, was die Einrichtungsflächen beschränkt. Wie schon oben erwähnt, darf der Verkehr nicht unterbrochen werden und es wird auf Inselbaustellen gearbeitet. Abbildung 32 gibt eine Übersicht des Baustelleneinrichtungsplans. Die Baustelleneinrichtungsflächen sind in orange dargestellt. Die Flächen, die für die Baustelleneinrichtung verwendet werden können sind ziemlich voneinander isoliert. Es gibt nur geringe Lagerflächen auf den Inselbaustellen und es werden nur kleine Container für Materialien und Kleingeräte platziert. Der Zugang zur Lager- und Arbeitsflächen ist durch den ständigen und intensiven Verkehr kompliziert. Die Liefer- und Transportzeiten werden immer mit dem Verkehr koordiniert (die Verkehrsspitzen werden vermieden). Die Bewegung der Geräte von einem Baustellenbereich zu einem anderen ist auch wegen des Verkehrs kompliziert. Die Transporte von Baumaterialien und Geräten werden oft in der Nacht oder am Wochenende durchgeführt.



Abbildung 32: Übersicht Baustelleneinrichtungsplan²¹⁶

4.5.1.3 Baugeräte

Die eingesetzten Baugeräte sind teilweise Eigen- teilweise Fremdgeräte. Die Anzahl der Geräte variiert stark in Abhängigkeit von den geplanten Leistungen. Fast alle LKWs auf der Baustelle

²¹⁶ Baustelleneinrichtungsplan - 1.Hauptbauphase bis 31.03.2015 (bereitgestellt von Habau)

sind angemietet. Die Wartung der fremden Geräte wird außerhalb der Baustelle durchgeführt, aber die Betankung wird vom Auftragnehmer gemeinsam mit den eigenen Geräten vorgenommen. Die Wartung der eigenen Geräte wird von einer unternehmensinternen maschinentechnischen Abteilung durchgeführt. Die Baugeräte (eigene und fremde), die während des Besuchs auf der Baustelle vorhanden sind, stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 18: Baugeräteliste (Baustelle „Umbau Knoten Prater“)

| Baugeräte | Anzahl |
|----------------------|-----------|
| Mobilkran | 3 |
| Bagger | 4 |
| Walze | 2 |
| LKW | 5 |
| Grader | 1 |
| Rüttelplatte | 3 |
| Dieselaggregat | 2 |
| Gesamtanzahl: | 20 |

Die obenstehende Liste wurde vom Polier für Erdarbeiten mündlich mitgeteilt. An Spitzentagen waren ungefähr 25 LKWs und einige Großmaschinen mehr im Einsatz. Die zusätzlichen Maschinen wurden von fremden Unternehmen angemietet.

4.5.1.4 Logistik der Kraftstoffe

Die angemieteten LKWs werden außerhalb der Baustelle betankt. Die Betankung aller anderen Maschinen wird vom Bauunternehmen organisiert. Dies bedeutet, dass auf dieser Baustelle nur ein Betankungssystem existiert. Die Betankung ist an einen Kraftstofflieferanten vergeben.

Beschreibung des Betankungsprozesses: Einmal täglich (zwischen 8:00 und 12:00 Uhr) kommt ein Tankwagen mit einem vollen 1.000 l Tank zur Baustelle. Manchmal ist es nötig, dass der Tankwagen zweimal täglich kommt (bei größerem Kraftstoffbedarf). Die Großgeräte werden direkt vom Tankwagen am Arbeitsort betankt. Alle Maschinen werden jedes Mal voll betankt. Wenn die Betankung während der Arbeit durchgeführt wird, ist eine Pause von ungefähr 10 Minuten für jedes Gerät nötig. Der durchschnittliche tägliche Verbrauch auf der Baustelle beträgt ungefähr 600-700 l.

Die täglichen Kraftstoffmengen werden nicht bestellt. Es gibt eine fixe Vereinbarung mit dem Kraftstofflieferanten, dass der Tankwagen immer mit einem vollem Tank (ca. 1.000 l) zur Baustelle kommen soll. Die Koordination (zeitlich und räumlich) wird vom Polier für die Erdarbeiten gemacht. Der Tankwagenfahrer gibt dem Polier einen Lieferschein für jeden Baustellenbesuch, indem er die getankten Mengen für jede Baumaschine mit der entsprechenden internen Nummer kennzeichnet.

Für die kleinen Geräte ist eine mobile Tankanlage (ausgerüstet mit Zapfpistole, Zählwerk etc.) auf der Baustelle vorhanden. Der Fassungsraum des Tanks ist 1.000 l und wird ungefähr jede zweite Woche nachgefüllt. Diese Kraftstoffmengen werden zusätzlich vom Polier bestellt. Benzin wird nur in Kanistern gelagert, in ziemlich geringen Mengen zwischen 40 und 60 l. Die Lieferung von Benzin wird bestellt. Es gibt Zustellungen bis zu dreimal pro Woche.

Struktur des Betankungssystems: Die Kraftstoffe werden von einem Lieferanten zugestellt. Es gibt zwei Güterflüsse – Dieseltzustellungen und Benzinzustellungen. Die großen Baumaschinen werden direkt vom Tankwagen betankt und die kleinen Geräte von der Tankanlage und mittels Kanistern (für Diesel und Benzin). Diese Prozesse werden mit den Polieren koordiniert. Die Koordination der Betankungsprozesse mit dem Lieferanten wird auch vom Polier für die Erdarbeiten durchgeführt. Die Bestandteile des Betankungssystems sind in der folgenden Tabelle beschrieben.

Tabelle 19: Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Umbau Knoten Prater“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff – zwei Güterströme |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze; Inselbaustellen |
| Transportmittel: | Tankwagen (Inhalt 1.000 l), Kanister (Inhalt 40-60 l) |
| Logistische Stationen: | 1. Kraftstofflieferant – extern für das System 2. Lagerstation (mobile Tankanlage 1.000 l – Diesel, Kanister - Benzin) 3. Empfangsstation/Ausgangsstation– Baugeräte |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Ring- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Betankungsunternehmen und Baustellenpersonal; Datenübertragung – mündlich (telefonisch), schriftlich (E-Mail) |

Dieses Logistiksystem ist teilweise einstufig, teilweise zweistufig. Unter einstufiges System versteht sich die Betankung der Großmaschinen ohne Zwischenstationen. Bei dem zweistufigen System handelt es sich um Betankung von kleinen Geräten mit einer Zwischenstation (Tankanlage und Kanister) (siehe Abbildung 33).

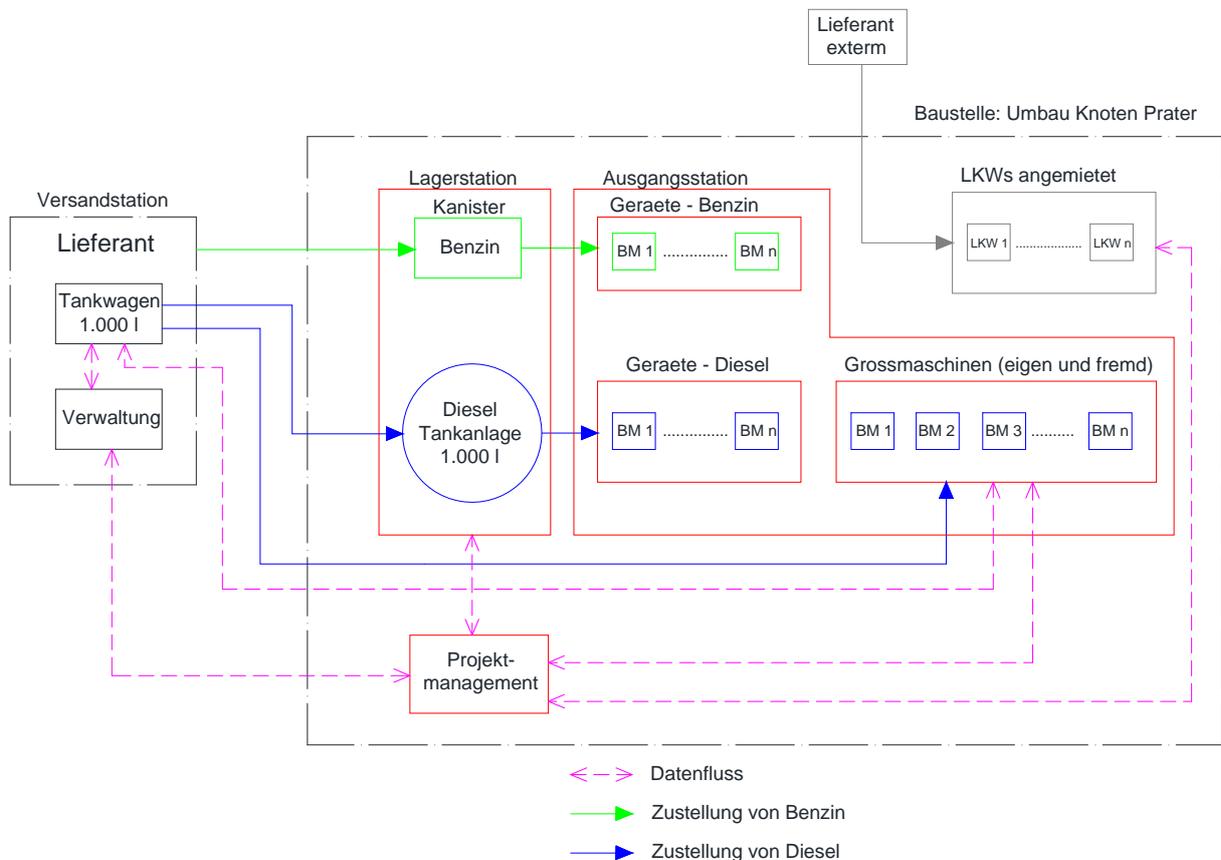


Abbildung 33: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Umbau Knoten Prater“

4.5.1.5 Logistik der Schmierstoffe

Beschreibung des Wartungskonzeptes auf der Baustelle: Die Wartung der Fremdgeräte ist keine Pflicht des Bauunternehmens. Die Wartung der eigenen Geräte wird von der maschinentechnischen Abteilung (MTA) ausgeführt. Auf der Baustelle „Umbau Knoten Prater“ ist die Anzahl der eigenen Geräte gering und ständige Anwesenheit von Mechanikern oder einer mobilen Werkstatt ist nicht sinnvoll. Die Baumaschinenfahrer sind bestens vertraut mit dem internen Wartungskonzept. Sie überprüfen täglich den Zustand der Geräte und helfen den Mechanikern bei der Wartung oder Reparatur. Ein Mechaniker kommt auf die Baustelle vom Bauhof mit einem Servicewagen für geplante Wartungsarbeiten oder bei festgestellten Betriebsproblemen irgendeines Geräts.

Logistik der Schmierstoffe: Auf der Baustelle werden die Schmierstoffe für die Wartung der Baumaschinen nicht gelagert. Alle notwendigen Betriebsstoffe werden vom Bauhof bis zum Knoten Prater mittels des Servicewagens transportiert und nach den Wartungs- bzw. Reparaturarbeiten werden die übrig gebliebenen neuen Schmierstoffe und die Altöle wegtransportiert. Dies verringert die auf der Baustelle ausgeführten logistischen Tätigkeiten bezüglich der Schmierstoffe auf ein Minimum. Die Logistik wird von der MTA organisiert und durchgeführt.

Bei Ausfall eines Geräts oder anderen Problemen haben die Baumaschinenfahrer und der Polier nur eine Koordinationsaufgabe, sie müssen die verantwortlichen Personen im Bauhof informieren und die Schäden beschreiben. Die Wartungsarbeiten und manche kleine Reparaturarbeiten werden vor Ort ausgeführt. Tabelle 20 fasst die Bestandteile des Logistiksystems von Betriebsstoffen zusammen.

Tabelle 20: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Umbau Knoten Prater“

| | |
|--|---|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze; Inselbaustellen |
| Transportmittel: | mobile Werkstatt, Behälter: Spezialtanks, Originalverpackungen, Fässer etc. |
| Logistische Stationen: | 1. Versandstation (Lagerplatz Bauhof) – extern für das System 2. Übergangsstationen (Baugeräte) 3. Entsorgungsunternehmen (keine direkte Verbindung mit der Baustelle – extern für das System) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Ring- oder Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Aufgabe des Maschinenmanagements - Koordination zwischen der Werkstätte (Außendienst) und dem Baustellenpersonal (Poliere, Lagerplatzverwalter, Maschinenfahrer) Datenübertragung – mündlich (telefonisch), schriftlich (E-Mail) |

Die logistische Prozesse und die ganze Logistiksystemstruktur entsprechen dem Schema des Logistiksystems von Schmierstoffen ohne Zwischenlagerung auf der Baustelle, welches in Punkt 4.4.2.6 beschrieben ist (siehe Abbildung 28).

4.5.1.6 Zusammenfassung

Die Betankung der Baumaschinen wird von einem Kraftstofflieferanten durchgeführt. Der Betankungsprozess wird vom Polier für die Erdarbeiten gesteuert. Eine tägliche Planung der Betankung ist nur hinsichtlich der Änderungen in der Geräteliste für Betanken und in der Positionen der Großmaschinen notwendig. Die Logistik der Schmierstoffe wird von der MTA organisiert und durchgeführt. Auf der Baustelle werden Schmierstoffe nur gewechselt (keine Lagerung). Das Baustellenpersonal hat nur eine Hilfsfunktion. Ein ausführlicher Vergleich der Logistik von Kraft- und Schmierstoffe auf den besuchten Baustellen erfolgt unter Punkt 4.6

4.5.2 Verlängerung U1, Wien, Österreich

Das Projekt umfasst die Verlängerung der Wiener U-Bahnlinie U1 nach Süden mit insgesamt 4,6 km und 5 Stationen.²¹⁷ Das ganze Projekt ist zwischen einigen Auftragnehmern verteilt. Die besuchten Bauabschnitte Nr.13, 14 und 15 werden von Porr Bau GmbH gebaut. Die Erdarbeiten für die Bauabschnitte 14 und 15 werden vom Subunternehmer Koller – Erdbau GmbH ausgeführt. Als Beispiel hier ist die Logistik der Betriebsstoffe vom Unternehmen Koller dargelegt.

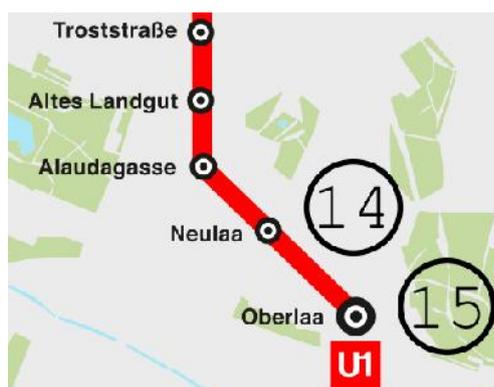


Abbildung 34: Neue Stationen der U-Bahnlinie U1²¹⁸

4.5.2.1 Projektdaten

Der Bauabschnitt U1/14 (Neulaa) wird ebenerdig auf der Trasse der ehemaligen Straßenbahnlinie 67 errichtet: Gesamtlänge - ca. 1,2 km, zwei Gleise. Dieser Bauabschnitt umfasst im Wesentlichen folgende Baumaßnahmen:

- Errichtung von 2 Richtungsgleisen in Niveaulage;
- Errichtung der Betriebsanlage Neulaa mit folgenden Anlagen:
 - 2 Abstellhallen (Abstellkapazität 6+3 Langzüge);
 - Dachrevisionshalle für 2 Langzüge;
 - Betriebsgebäude;
 - Ladegleise;
 - Aufgleismöglichkeit;
 - Ausziehgleise sowie erforderliche Gleisanlagen / Weichenstraßen;

²¹⁷ Vgl. Wiener Linien: https://www.wienerlinien.at/media/files/2014/u1ausbaufolder_119666.pdf, 01.2015, S.2

²¹⁸ Wiener Linien: https://www.wienerlinien.at/media/files/2014/u1ausbaufolder_119666.pdf, 01.2015, S.4

- Errichtung der Station Neulaa samt Betriebsräumen
- Errichtung der Niveaulage und Rampe Richtung U1/13²¹⁹



Abbildung 35: Übersichtslageplan – Bauabschnitt U1/14²²⁰

Der Bauabschnitt U1/15 (Oberlaa) wird der neue Streckenbeginn der Linie U1 in Richtung Süden sein. Die gesamte Abschnittslänge ist ca. 590 m. Die Trasse verläuft geradlinig in Ost-West Richtung und liegt auf der in diesem Bereich aufzulassenden Fontanastraße. Dieser Bauabschnitt umfasst im Wesentlichen folgende Baumaßnahmen:

- den Rohbau
- die Entwässerung mit Regenrückhaltebehälter und Kanalanschlüssen
- die Baumeisterarbeiten des Innenausbau
- den Stahlbau der Fachwerksstege und des Liffachwerks der Station
- den Lärmschutz
- die Verglasung der Fachwerksstege der Station
- den Gleisbau²²¹

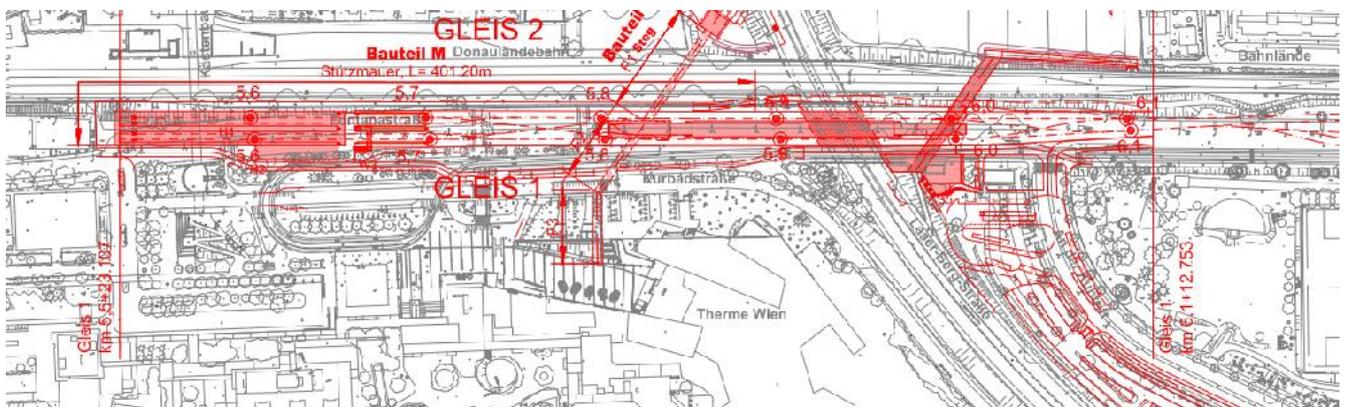


Abbildung 36: Übersichtslageplan – Bauabschnitt U1/15²²²

In diesen zwei Bauabschnitten sind die Erdarbeitsvolumina ziemlich gering. Die U-Bahnlinie verläuft fast ebenerdig. Die Erdarbeiten müssen bis Ende 2016 beendet werden und das Projektende ist im August 2017 geplant. Die Fotos unten zeigen einen Teil der im Moment des Besuchs ausgeführten Arbeiten.

²¹⁹ Vgl. Wiener Linien: Bauabschnitt U1/14 Ausschreibung - Technischer Bericht Rohbau, S.3, bereitgestellt von Koller GmbH

²²⁰ Wiener Linien: Ausschreibungsprojekt, Bauabschnitt U1/14 – Übersichtslageplan, bereitgestellt von Koller GmbH

²²¹ Vgl. Wiener Linien: Bauabschnitt U1/15 Ausschreibung - Technischer Bericht Rohbau, S.11-12, bereitgestellt von Koller GmbH

²²² Wiener Linien: Ausschreibungsprojekt, Bauabschnitt U1/15 – Übersichtslageplan, bereitgestellt von Koller GmbH



Abbildung 37: Bauarbeiten in Abschnitt U1/14 (Stand 29.01.2015)

4.5.2.2 Baustelleneinrichtung

Das Baustellenbüro des Auftragsnehmers und des Subunternehmers befindet sich in Bauabschnitt U1/13 in der Nähe der U1-Station „Alaudagasse“ in der Favoritenstraße. Der Lagerplatz mit Magazincontainer und die Mannschaftcontainer befinden sich im Bauabschnitt U1/15. Hier befindet sich auch die mobile Tankanlage. Die Baustelle ist wegen der Straßenverbindungen auf einige kleinere Baustellen verteilt. Für den Transport von u.a. Baumaterialien, Geräten, Betriebsstoffen zwischen den verschiedenen Bauabschnitten werden sowohl die Baustellenwege innerhalb der Baustellen als auch die Stadtstraßen verwendet. Die Arbeitszeit im Winter ist von 7:00h bis 17:00h und im Sommer bis 18:00h.

4.5.2.3 Baugeräte

Das Unternehmen Koller verfügt über insgesamt 19 Baugeräte zum Zeitpunkt des Besuchs auf der Baustelle. Sie sind gemäß folgender Tabelle zwischen den beiden Bauabschnitten verteilt.

Tabelle 21: Baugeräteliste von Koller GmbH

| Bauabschnitt U1/14 | | Bauabschnitt U1/15 | |
|------------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| Baugeräte | Anzahl | Baugeräte | Anzahl |
| Bagger | 4 | Mobilbagger | 1 |
| Walze | 1 | Bagger | 4 |
| Rüttelplatte | 2 | Dumper | 1 |
| Dumper | 1 | Walze | 1 |
| LKW mit Kran | 1 | Rüttelplatte | 1 |
| | | Bewässerungsfahrzeug | 1 |
| | | LKW mit Kran | 1 |
| Gesamtanzahl (U1/14): | 9 | Gesamtanzahl (U1/15): | 10 |
| Gesamtanzahl der Baugeräte: | | 19 | |

Eine grosse Anzahl der vorhandenen Baugeräte werden angemietet. Einige Maschinen werden sogar für andere Bauabschnitte temporär eingesetzt und dies beeinflusst die Logistik der Betriebsstoffe.

4.5.2.4 Logistik der Kraftstoffe

Auf dieser Baustelle sind einige parallele und voneinander unabhängige Betankungssysteme vorhanden, weil die Baumaßnahmen zwischen einigen Bauunternehmen verteilt sind. Räumlich

kann die Logistik der Kraftstoffe nicht in beiden Bauabschnitte U1/14 und U1/15 begrenzt werden, weil das Unternehmen auch Tätigkeiten und Baugeräte in anderen Bauabschnitten (U1/13) hat. Die Betankung, sowohl der eigenen als auch der Fremdmaschinen, ist an einen Kraftstofflieferanten vergeben.

Beschreibung des Betankungsprozesses: Ein Tankwagen mit einem vollen 1.000 l Tank kommt täglich zur Baustelle zwischen 7:00 h und 8:00 h, um Unterbrechungen des Arbeitsprozesses zu vermeiden. Der Tankwagen betankt alle großen Maschinen auf der Baustelle von U1/13 bis U1/15. Er hat eine ziemlich gleichbleibende Route. Veränderungen werden vom Polier koordiniert. Die Maschinen bleiben auf ihren Arbeitsplätzen. Zusätzlich werden auch manchmal Kanister gefüllt. Die Kraftstoffrestmengen werden in die mobile Tankanlage gefüllt. Der durchschnittliche tägliche Verbrauch ist ungefähr 900 l, d.h. ein fast voller Tank. Der Tankwagenfahrer gibt dem Polier für die Erdarbeiten einen Lieferschein, der die Daten über die betankten Maschinen und die getankten Kraftstoffmengen miteinschließt (siehe Abbildung 38).

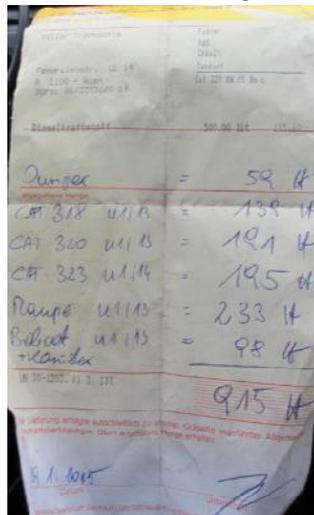


Abbildung 38: Lieferschein für die Betankung am 29.01.2015

Die tägliche Koordination zwischen Baustelle und Lieferant, wird vom Polier und Tankwagenfahrer durchgeführt. Zusätzliche Zustellungen werden vom Polier bestellt.

Auf der Baustelle ist eine mobile Tankanlage vorhanden. Der Nenninhalt des Tanks beträgt 1.000 l. Die Tankanlage befindet sich im Bauabschnitt U1/15 in der Nähe des Mannschaftcontainers. Sie ist doppelwandig und steht auf einer Betondecke. Ein Regendach hindert den Zutritt von Regenwasser (siehe Abbildung 39).



Abbildung 39: Mobile Tankanlage

Die mobile Tankanlage wird einmal wöchentlich betankt. Zusätzlich gehen die übrig gebliebenen täglichen Kraftstoffmengen vom Tankwagen in die mobile Tankanlage oder in Kanister. Die Tankanlage wird verschlossen, um Diebstähle zu vermeiden.

Weil die U-Bahnverlängerung eine Linienbaustelle ist, sind die Transportentfernungen zwischen der Tankanlage und den Geräten zum Betanken groß. Deswegen werden auch Kanister für den Kraftstofftransport innerhalb der Baustelle verwendet.

Für die kleinen Geräte, die Benzin brauchen, wird Benzin in Kanistern zugestellt und gelagert. Die Lagermengen liegen ungefähr bei 60 l. Die Kanister werden im Durchschnitt einmal pro Woche gefüllt.

Struktur des Betankungssystems: Hier gibt es auch zwei Güterflüsse – von Diesel- und Ottokraftstoff. Man kann das Betankungssystem als teilweise einstufig, teilweise zweistufig bezeichnen. Die mobile Tankanlage und die Kanister haben eine gemeinsame Funktion, nämlich Lagerung und sie können als eine Logistikstation definiert werden. Als einstufiges System wird die Betankung der Großgeräte direkt vom Tankwagen behandelt. Und als zweistufig kann die Betankung der Kleingeräte betrachtet werden. Die Tabelle unten stellt die wesentlichen Bestandteile des Betankungssystems dar.

Tabelle 22: Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff – zwei Güterströme |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze U1/13 bis U1/15 |
| Transportmittel: | Tankwagen (Inhalt 1.000 l), Kanister (60 l) |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Kraftstofflieferant – extern für das System 2. Lagerstation (mobile Tankanlage 1.000 l und Kanister – Diesel, Kanister - Benzin) 3. Empfangsstation/Ausgangsstation – Baugeräte |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linear- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Betankungsunternehmen und Baustellenpersonal. Datenübertragung – mündlich (telefonisch), schriftlich (E-Mail) |

Das Schema in Abbildung 40 stellt die Struktur des Betankungssystems auf der Baustelle dar.

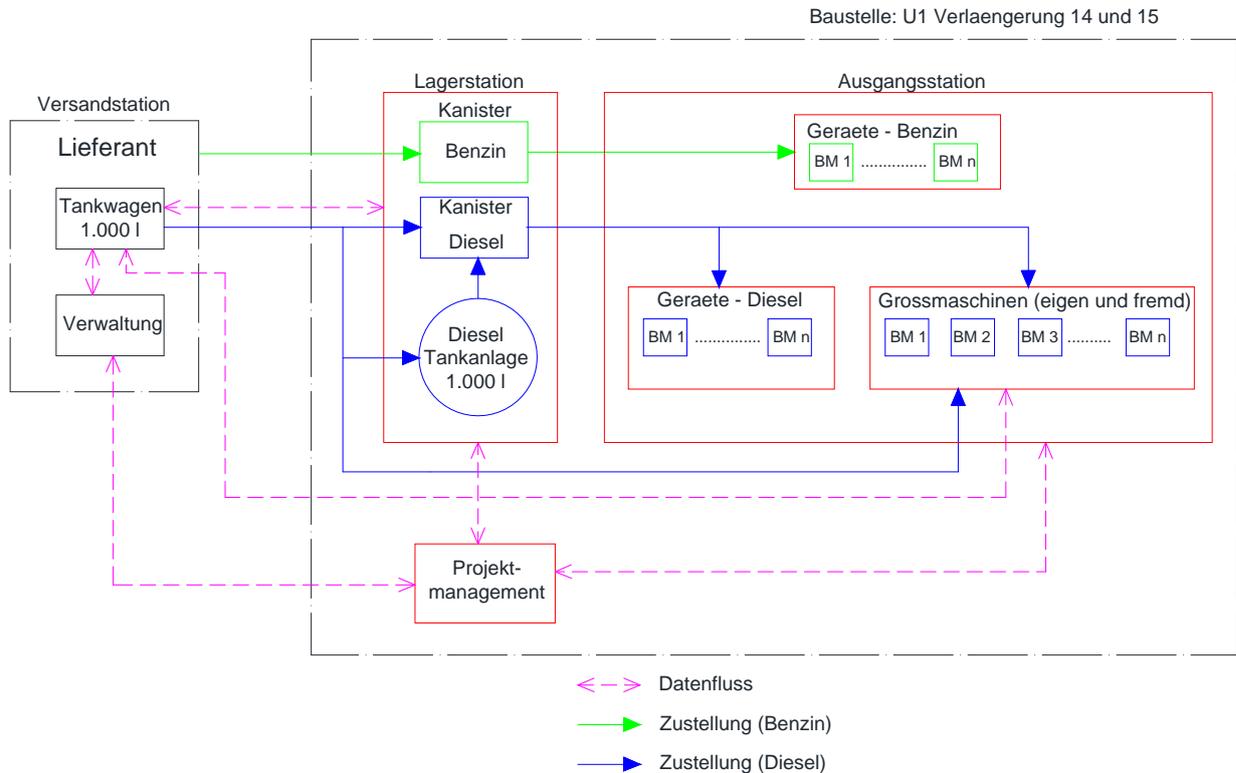


Abbildung 40: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“

4.5.2.5 Logistik der Schmierstoffe

Beschreibung des Wartungskonzeptes auf der Baustelle: Die Wartung der Fremdgeräte ist eine Pflicht der Vermieter. Die Wartung der eigenen Geräte ist an einen Dienstleister vergeben. Die eigenen Geräte auf der Baustelle sind gering und eine permanente Anwesenheit von Mechaniker oder Servicewagen ist unnötig. Die regelmäßigen Inspektionen werden von den Maschinenfahrern durchgeführt und die Tagesberichte zum Wartungsunternehmen geschickt. Ein Servicewagen mit allen notwendigen Betriebsstoffen kommt zur Baustelle nur nach Bedarf oder nur für geplante Wartungsarbeiten. Ein durchschnittliches Zeitintervall für die Wartungsarbeiten auf der Baustelle lässt sich schwierig feststellen. Aber die Besuche des Servicewagens variieren von einmal bis dreimal pro Monat.

Logistik der Schmierstoffe: Keine Schmierstoffe werden auf der Baustelle gelagert. Der Servicewagen bringt alles Notwendige, einschließlich Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, andere spezifische Öle, Schmierfette, Kühlmittel etc. für die Ausführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten mit. Die Aufgaben des Poliers und der anderen Personen auf der Baustelle, die mit der Wartung der Baugeräte verbunden sind, sind sehr gering. Die Grundaufgabe ist die Datenübermittlung zum Wartungsunternehmen, sodass die Wartung gut geplant und gesteuert werden kann. Die Baumaschinenfahrer und manchmal auch andere Arbeiter helfen für die Wartung und für Reparaturen vor Ort. Fast alle logistischen Tätigkeiten werden nicht auf der Baustelle ausgeübt. Die Logistik wird vom Wartungsunternehmen organisiert und durchgeführt. Die Bestandteile des Systems sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze |
| Transportmittel: | mobile Werkstatt Behälter: Spezialtanks, Originalverpackungen, Fässer etc. |
| Logistische Stationen: | 1. Versandstation Werkstatt – extern für das System 2. Übergangsstationen (Baugeräte) 3. Entsorgungsunternehmen (keine direkte Verbindung mit der Baustelle – extern für das System) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Aufgabe des Maschinenmanagements - Koordination zwischen der Werkstätte und dem Baustellenpersonal (Poliere, Maschinenfahrer) Datenübertragung – mündlich (telefonisch), schriftlich (E-Mail) |

Die Struktur des Logistiksystems, welches eigentlich ein kleiner Teil von einem größeren Logistiksystem ist, entspricht dem Schema für die Logistik der Betriebsstoffe ohne Zwischenlagerung auf der Baustelle, und ist in Punkt 4.4.2.6 beschrieben (siehe Abbildung 28).

4.5.2.6 Zusammenfassung

Die Betankung der Baumaschinen wird von einem Kraftstofflieferanten durchgeführt. Der Betankungsprozess wird vom Polier für die Erdarbeiten gesteuert. Eine tägliche Planung der Betankung ist nur hinsichtlich der Änderungen in der Geräteliste für Betanken und in der Positionen der Großmaschinen notwendig. Die Logistik der Schmierstoffe wird von der MTA organisiert und durchgeführt. Auf der Baustelle werden Schmierstoffe nur gewechselt (keine Lagerung). Das Baustellenpersonal hat nur eine Hilfsfunktion. Ein ausführlicher Vergleich der Logistik von Kraft- und Schmierstoffe auf den besuchten Baustellen erfolgt unter Punkt 4.6.

4.5.3 B40/B46 Umfahrung Mistelbach, Österreich

Die A5 Nord Autobahn (gegenwärtig in Bau) verläuft in der Nähe von Mistelbach (Niederösterreich). Das Projekt „B40/B46 Umfahrung Mistelbach“ umfasst die Errichtung von drei Umfahrungsstraßen. Das sind die Umfahrung von Mistelbach und die Umfahrungen von den nahegelegenen Siedlungen Paasdorf und Hüttendorf. Das Ziel des Projektes ist eine wirksame Entlastung des zu erwartenden hohen Anstieges des Verkehrsaufkommens auf den Zubringerstraßen B40 und B46.²²³

Auftragnehmer ist die Arbeitsgemeinschaft Habau – Gebr. Haider. Alle Bauleistungen werden von der ARGE selbst ausgeführt, ohne Subunternehmer. Dies bedeutet, dass die Ressourcen inkl. Geräte zentral verwaltet werden und nur ein zentrales logistisches System für Betriebsstoffe auf dieser Baustelle funktioniert.

²²³ Vgl. Einreichprojekt 2006, Technisches Bericht Straße, bereitgestellt von Habau, S. 3

4.5.3.1 Projektdaten

Die Straßen B40 und B46 verlaufen durch die Siedlungen Mistelbach und Paasdorf. Ein wesentlicher Anstieg des Verkehrsaufkommens wird erwartet und deswegen werden die drei Umfahrungen parallel mit dem Autobahnbau errichtet. Abbildung 42 zeigt den Lageplan des Projektes.²²⁴



Abbildung 41: Umfang des Projektes Umfahrung Mistelbach²²⁵

Das Umland von Mistelbach ist hügelig. Fast die ganze Strecke der Umfahrung verläuft durch landwirtschaftliches Gelände. Die Trasse kreuzt einige lokale und hochrangige Straßen. Das Projekt schließt 30 Brückenbauwerke mit ein. Die Gesamtlänge der neuen Straßen beträgt 14,8 km. Es wurde ein zweistreifiger Querschnitt gewählt. Das Projekt sieht die folgenden Baumaßnahmen vor:

- Erdbewegung – Aushub und Schüttung
- Oberbau
- Kunstbauten und besondere Maßnahmen
- Entwässerung
- Lärmschutz
- usw.²²⁶

Das Projekt ist in vier Bauabschnitte unterteilt, die unabhängig voneinander errichtet und in Betrieb genommen werden können. Tabelle 24 beschreibt die vier Bauabschnitte, die auf Abbildung 42 dargestellt werden.

²²⁴ Vgl. Einreichprojekt 2006, Technisches Bericht Straße, bereitgestellt von Habau, S. 3-17

²²⁵ NÖ Landesverwaltung: http://www.noelandsverwaltung.at/bilder/d32/B_40_B_46_UF_Mistelbach_Plan.jpg, 02.2015

²²⁶ Vgl. Einreichprojekt 2006, Technisches Bericht Straße, bereitgestellt von Habau, S. 1-24

Tabelle 24: Beschreibung der Bauabschnitte²²⁷

| Beschreibung | Abschnitte, Anschlussstellen, Nebenstraßen | Kilometer | Gesamtlänge (km) |
|--------------|---|---------------|------------------|
| Abschnitt 1 | Beginnt bei B46 südlich von Mistelbach bis inkl. Kreisverkehrsanlage und Absenkung B46 nördlich von Mistelbach; inkludiert sind die teilweise Errichtung der Anschlussstelle Mistelbach Süd (B46) und die Anschlussstelle Mistelbach West (B40) sowie die Kreisverkehrsanlagen im Bereich Interspar-Markt | 3,350 – 9,731 | 6,381 |
| Abschnitt 2 | Beginnt bei Spange Mistelbach bis Anschlussstelle Mistelbach Süd im Zuge der B46; inkludiert ist die Errichtung der Anschlussstelle Mistelbach Ost sowie die Fertigstellung der Anschlussstelle Mistelbach Süd | 0,000 – 3,350 | 3,350 |
| Abschnitt 3 | Umfahrung Hüttendorf | 0,160 – 2,921 | 2,761 |
| Abschnitt 4 | Umfahrung Paasdorf | 0,000 – 2,333 | 2,333 |

Abbildung 42: Bauabschnitte - Umfahrung Mistelbach²²⁸

4.5.3.2 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtungsfläche befindet sich am Stadtrand von Mistelbach, in der Nähe der Strecke Mistelbach West (siehe Abbildung 42). Hier befinden sich u.a. das Baustellenbüro, Lagerfläche und Lagercontainer für Bau- und Hilfsmaterialien, Kleingeräte, Betriebsstoffe, Stellflächen für Geräte und PKWs (siehe Abbildung 43).

²²⁷ Einreichprojekt 2006, Technisches Bericht Straße, bereitgestellt von Habau, S. 24

²²⁸ <http://www.noen.at/nachrichten/lokales/aktuell/mistelbach/Spatenstich-soll-ein-Volksfest-werden;art2689,442754,02.2015>

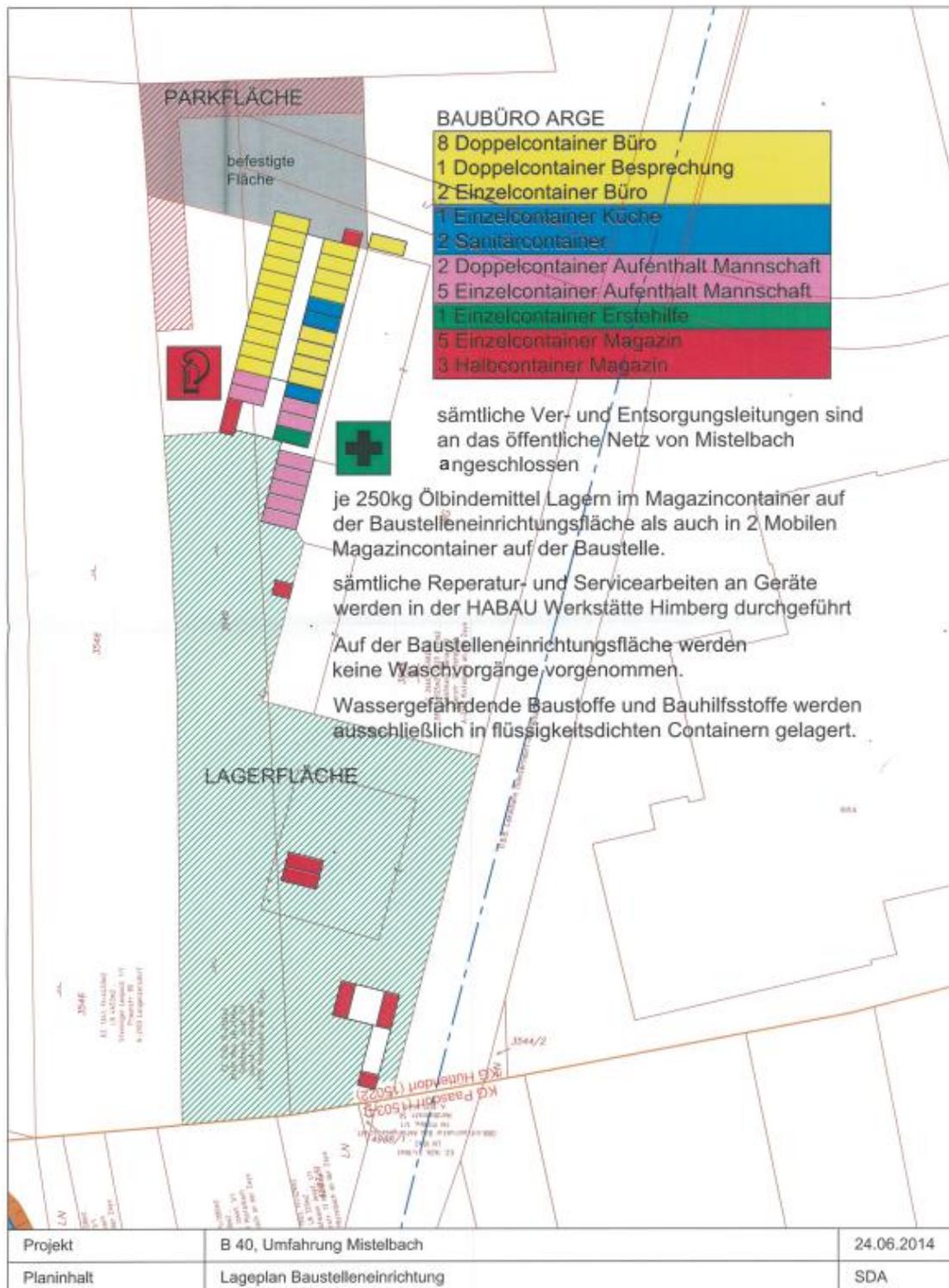


Abbildung 43: Lageplan Baustelleneinrichtung²²⁹

4.5.3.3 Baugeräte

Die eingesetzten Baugeräte auf dieser Baustelle sind im Besitz der beiden Unternehmen HABAU und GEHR. HAIDER, d.h. Eigengeräte für die ARGE. Wie auf Abbildung 43 erklärt, werden sämtliche Reparatur und Servicearbeiten an Geräten in der HABAU Werkstätte Himberg durchgeführt. Die kleinen Wartungsarbeiten, wie Betriebsstoffwechsel usw., werden vor Ort auf

²²⁹ Bereitgestellt von Habau

der Baustelle durchgeführt. Die vorhandenen Geräte zur Zeit des Besuchs (27.01.2015) sind wie folgt:

Tabelle 25: Geräteliste der ARGE HABAU-Gebr. HAIDER²³⁰

| Baugeräte | Anzahl |
|--|-----------|
| Bagger | 13 |
| Mobilbagger | 5 |
| Grader | 3 |
| Mulde | 8 |
| LKW | 6 |
| Planierraupe | 4 |
| Walze | 5 |
| Streuwagen | 1 |
| Bodenvermörteler | 1 |
| Tankwagen | 1 |
| Gesamtanzahl (inkl. Tankwagen): | 47 |

Die Betankung der Geräte ist intern organisiert – ein eigener Tankwagen betankt die Geräte. Der Tankwagen ist im Besitz des Unternehmens HABAU und bedient nur diese Baustelle. Die technischen Daten des Geräts sind in Tabelle 26 dargelegt.

Tabelle 26: Technische Daten des Tankwagens²³¹

| Gerät | Tankwagen MAN TGA 18.350 | |
|------------------|-----------------------------|---------|
| Leistung | kW/PS | 258/351 |
| Abgasrichtlinie | | Euro 5 |
| Verbrauch | l/100km | 28-55 |
| Gesamtgewicht | kg | 18.000 |
| Eigengewicht | kg | 9.565 |
| Nutzlast | kg | 8.360 |
| Fassungsvermögen | l | 10.500 |

Der Tankwagen, sowie teilweise die Baumaschinen, sind mit einem Telematiksystem ausgerüstet. Die Daten über die Betankung werden direkt vom Tankwagen an den Bauhof in digitaler Form übermittelt. Keine schriftlichen Tagesberichte oder Betankungsberichte werden ausgefertigt.

²³⁰ Vorhandene Geräte zur Zeit des Besuchs – 27.01.2015

²³¹ Vgl. Datenblatt Tankwagen, bereitgestellt von HABAU



Abbildung 44: Tankwagen MAN mit Fassungsvermögen 10.500 l

4.5.3.4 Logistik der Kraftstoffe

Beschreibung des Betankungsprozesses: Der Tankwagen fährt zur nahegelegenen Tankstelle. Nach der Befüllung fährt der Tankwagen in der Regel zu allen Großbaumaschinen auf der Baustelle und tankt die Maschinentanks voll. Die Betankung wird morgens vor dem Arbeitsbeginn oder während der Mittagspause gemacht. In Ausnahmefällen, z.B. bei schlechtem Wetter, werden die Maschinen unregelmäßig betankt – einmal in zwei Tagen oder seltener. Außerdem werden eine oder mehrere Maschinen bei dauerhafter Arbeit zweimal täglich betankt. Der durchschnittliche tägliche Verbrauch liegt zw. 8.000 und 9.000 l. Das macht fast einen vollen Tank des Tankwagens aus.

Die Baustelle verfügt über eine mobile Tankanlage mit einem 1.000 l Tank für Dieselkraftstoff. Sie befindet sich auf der Lagerfläche innerhalb der Baustelleneinrichtung in einem Magazin. Die Tankanlage wird im Durchschnitt einmal pro Woche gefüllt. Die Betankung der Kleingeräte von der Tankanlage wird sowohl direkt mit der Zapfpistole als auch mittels Kanister als Transportbehälter ausgeführt. Kanister werden auch für die Lagerung von Kraftstoffen in kleinen Mengen auf der Baustelle verwendet.

Die Geräte mit Benzinbetrieb werden mittels Kanister betankt. Auf der Baustelle wird Benzin in kleinen Mengen gelagert – in Kanistern bis max. 80 l.

Wie oben erwähnt wird die Betankung der Baugeräte intern organisiert. Die räumliche und zeitliche Koordination der Betankung wird vom Polier für die Erdarbeiten durchgeführt. Es werden keine Papierlieferscheine ausgefertigt, weil der Tankwagen die Daten über die Betankung digital direkt an den Bauhof übermittelt.

Struktur des Betankungssystems: Die wesentlichen Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“ sind in Tabelle 27 zusammengefasst und die Struktur des Systems ist in Abbildung 45 dargestellt.

Tabelle 27: Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“

| | |
|--|---|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff – zwei Güterströme |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze – die Umgebung von Mistelbach |
| Transportmittel: | Tankwagen (Inhalt 10.500 l), Kanister (60-80l) |
| Logistische Stationen: | 1. Tankstelle – extern für das System 2. Lagerstation Betriebsstoffmagazin (mobile Tankanlage – Diesel, Kanister - Benzin) 3. Empfangsstation/Ausgangsstation – Baugeräte |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Baustellenpersonal, Bauhof und Tankstelle. Datenübertragung - mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mail), elektronisch (Telematiksystem) |

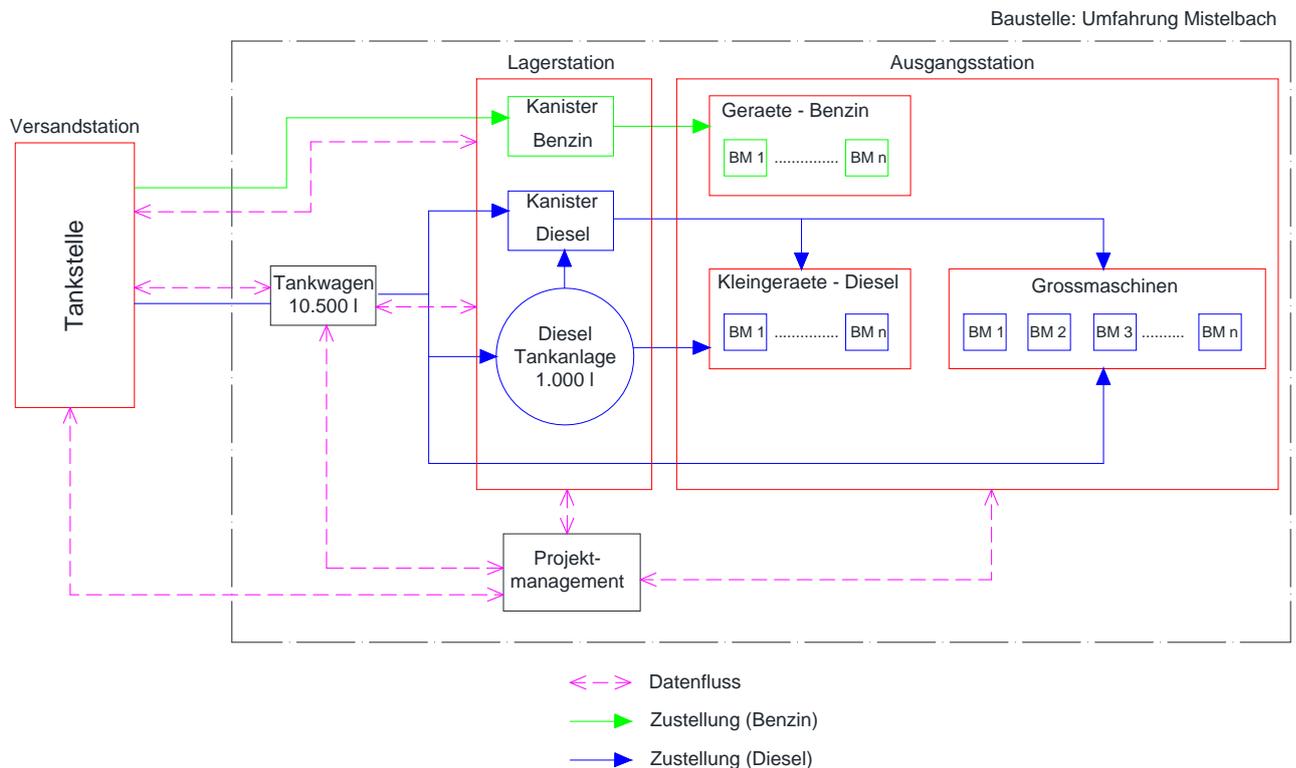


Abbildung 45: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“

Der Kraftstofftransport auf diese Baustelle kann wieder als teilweise einstufig, teilweise zweistufig bezeichnet werden. Die direkte Betankung der großen Baumaschinen ist einstufig (ohne Zwischenstationen) und die Betankung von Geräten mit Hilfe von Kanistern oder mobiler Tankanlage ist zweistufig.

4.5.3.5 Logistik der Schmierstoffe

Beschreibung des Wartungskonzeptes auf der Baustelle: Das Wartungskonzept ist ein Teil der Instandhaltungsstrategie von HABAU. Wie der Baustelleneinrichtungsplan (siehe Abbildung 43) erklärt, werden sämtliche Reparatur- und Servicearbeiten an Geräten in der HABAU Werkstätte in Himberg durchgeführt. Nur der Betriebsstoffwechsel und andere kleine Wartungsarbeiten werden vor Ort ausgeführt. Es gibt keine Werkstatt auf der Baustelle, nur ein

Betriebsstoffmagazin. Ein Servicewagen besucht die Baustelle bei geplanten Wartungsarbeiten oder bei Betriebsproblemen. Die Besuche der Mechaniker werden im Durchschnitt zweimal pro Monat durchgeführt. Teilweise sind die Baumaschinen auf der Baustelle mit einem Telematiksystem verknüpft. Die regelmäßigen Inspektionen werden von den Maschinenschauern durchgeführt.

Logistik der Schmierstoffe: Die Betriebsstoffe, die in großen Mengen auf der Baustelle benötigt werden, werden von Bauhoflagerplatz (firmenintern) geliefert. Das Betriebsstoffmagazin ist ein Einzelcontainer auf der Lagerfläche. Hier werden auch die Altöle gesammelt. Sie werden mit dem Servicewagen zum Bauhof transportiert, wo sie wieder getrennt gelagert werden, bevor sie vom Entsorgungsunternehmen abgeholt werden.

Struktur des Logistiksystems: Das Logistiksystem von den Schmierstoffen auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“ ist ein System mit Zwischenlagerung von Betriebsstoffen auf der Baustelle (siehe Punkt 4.4.2.6). Die wesentlichen Bestandteile des Systems sind in der Tabelle 28 dargestellt und die Systemstruktur ist in Abbildung 46 ersichtlich.

Tabelle 28: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze |
| Transportmittel: | mobile Werkstatt Behälter: Spezialtanks, Originalverpackungen, Fässer, Kanister etc. |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Versandstation Werkstatt – extern für das System 2. Lagerstation - Betriebsstoffmagazin (Baustelle) für Lagerung von neuen und angebrauchten Schmierstoffen und für Altölsammlung Behälter: Fässer, IBC-Container, Originalverpackungen Diese Station wird nicht immer beim Transport von Schmierstoffen und Altölen verwendet. 3. Übergangsstationen (Baugeräte) 4. Entsorgungsunternehmen (keine direkte Verbindung mit der Baustelle – extern für das System) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- oder Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Aufgabe des Maschinenmanagements - Koordination zwischen der Werkstätte (Außendienst) und dem Baustellenpersonal (Poliere, Lagerplatzverwalter, Maschinenschauer) Datenübertragung - mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mail), elektronisch (Telematiksystem) |

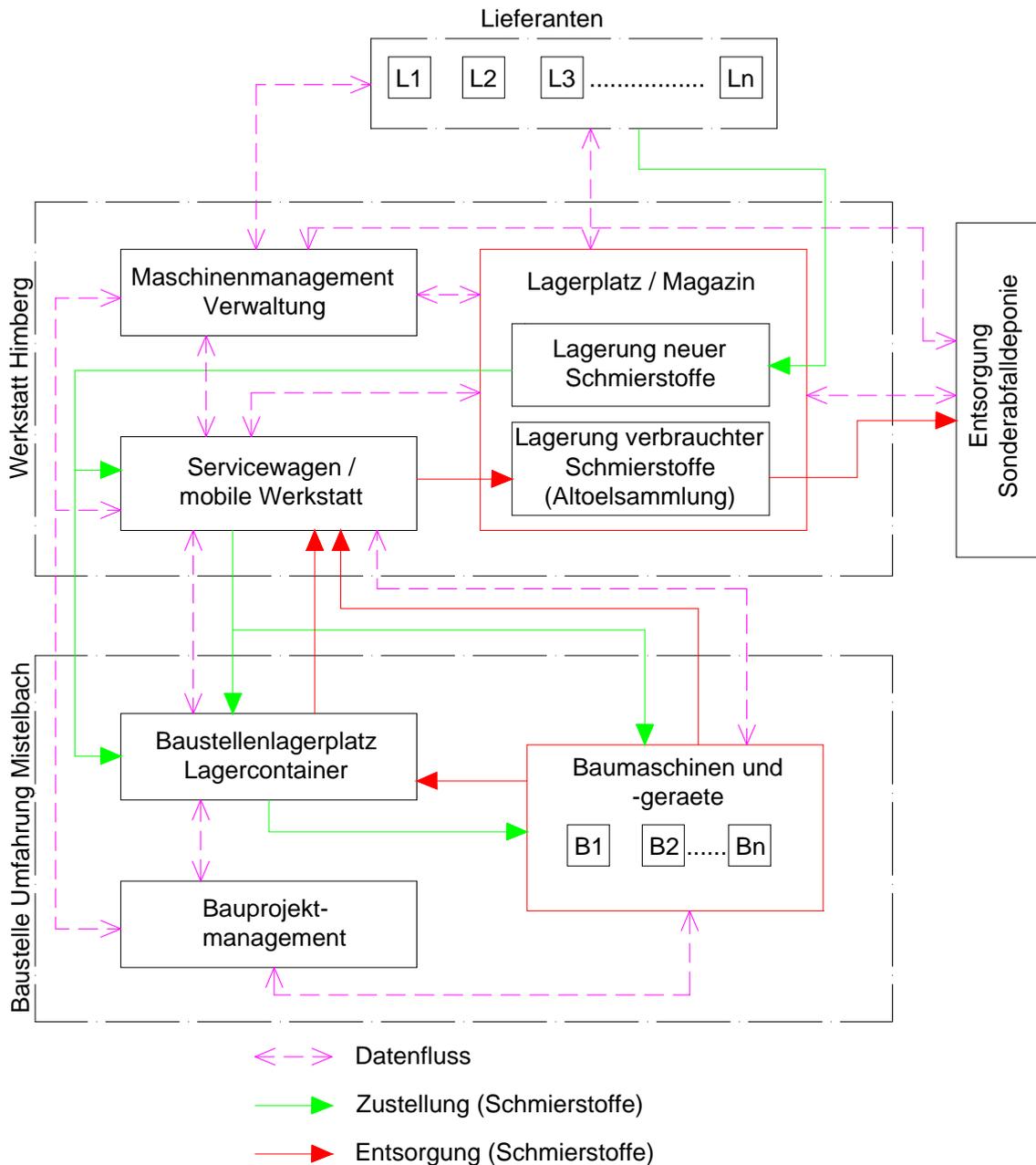


Abbildung 46: Struktur der Schmierstofflogistik auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“

4.5.3.6 Zusammenfassung

Die Anzahl der Baugeräte auf dieser Baustelle ist wesentlich größer im Vergleich mit den vorigen zwei Baustellen. Deswegen ergeben sich wesentliche Unterschiede bei der Logistik von Kraft- und Schmierstoffen. Die Betankung ist intern organisiert. Der Polier für die Erdarbeiten steuert den Prozess. Es gibt keine Baustellenwerkstatt, die notwendigen Wartungsarbeiten werden mithilfe eines Servicewagens durchgeführt. Die Baustelle verfügt über ein Betriebsstoffmagazin zur Unterstützung der Wartung. Der Einsatz eines Telematiksystems ist ein großer Schritt zur Optimierung der Logistik von Betriebsstoffen. Ein ausführlicher Vergleich der Logistik von Kraft- und Schmierstoffen auf den besuchten Baustellen erfolgt unter Punkt 4.6.

4.5.4 Bahnlinie Harmanli – Svilengrad, Bulgarien (Erdbau – Fa „MONI 07“)

Das Projekt umfasst den Umbau und die Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad. Das ist eine Strecke mit der Länge von insgesamt 38 km, die zur Grenze mit der Türkei und Griechenland führt. Eingeschlossen sind drei Bahnhöfe, zwei Haltestellen und eine Umfahrung. Diese Bahnlinie ist ein Teil der Linie Plovdiv – Svilengrad, die auf den TEN Korridoren Nr.4 und Nr.9 liegt.

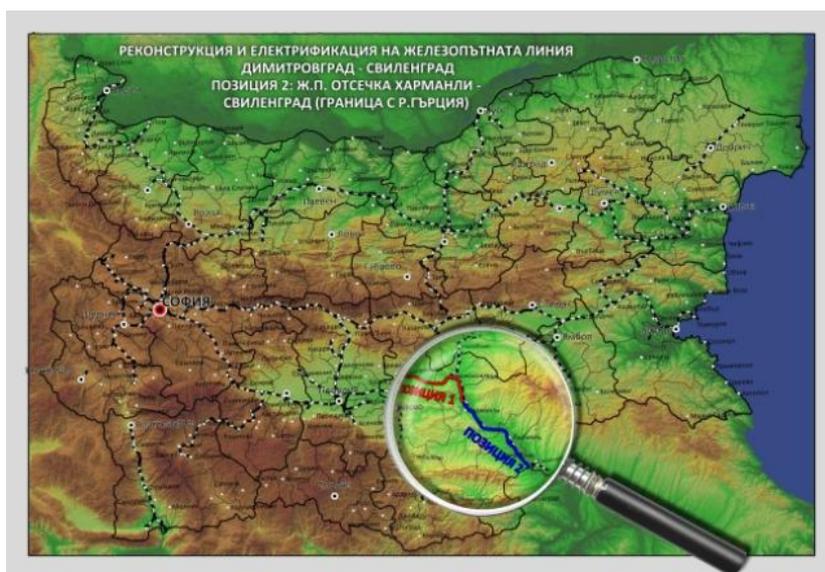


Abbildung 47: Lage der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad²³²

Im Rahmen dieses Projektes werden zwei voneinander unabhängige Betankungssysteme und entsprechende Schmierstofflogistiksysteme betrachtet. Das eine Beispiel ist die Logistik eines Subunternehmens für die Erdarbeiten in Bauabschnitt 5 (siehe Tabelle 26), und das zweite Beispiel ist von PORR Bau – Abteilung Oberbau. Diese Abteilung arbeitet in allen Bauabschnitten.

Die unten dargestellten Projektdaten gelten für die beiden Beispiele. Die Baustelleneinrichtung wird separat behandelt.

4.5.4.1 Projektdaten

Das Projektziel ist die Modernisierung einer existierenden Bahnlinie. Die Trasse der neuen Bahnlinie ist neu, vorgesehen für eine Geschwindigkeit von 160 km/h. Die neue Eisenbahnlinie hat ein Gleis. Vorgesehen ist eine zukünftige Verdoppelung der Bahngleise. Abbildung 48 zeigt eine schematische Darstellung des Projektes. Die rote Linie stellt die neue Bahnstrecke dar, hier schematisch als eine Gerade gezeigt. In blau ist die existierende Bahnlinie abgebildet. Beide Trassen kreuzen sich in vielen Punkten.

²³² Alle Tabellen und Abbildungen über das Projekt sind von PORR Bau GmbH bereitgestellt

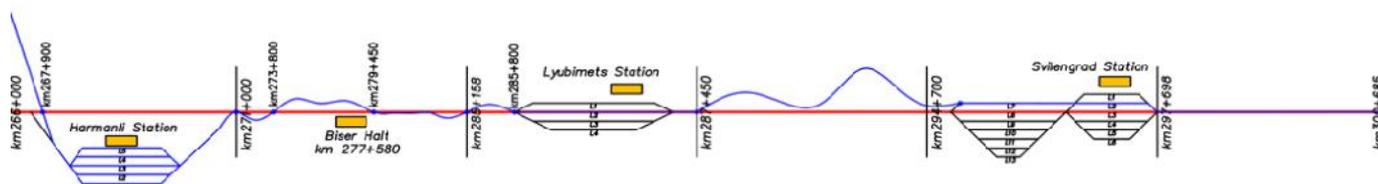


Abbildung 48: Schema der neuen und der alten Bahnstrecke

Das Projekt ist in 6 unabhängige Bauabschnitte gegliedert (siehe Tabelle 29). In allen 6 Abschnitten wird parallel gearbeitet.

Tabelle 29: Gliederung des Projektes Umbau und Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad

| | |
|--------------------|--|
| Abschnitt 1 | Lyubimets – Svilengrad von km 285+450 bis km 294+700 3 große Brückenbauwerke und 12 Durchlässe |
| Abschnitt 2 | Bahnhof Svilengrad (Grenzbahnhof) von km 294+700 bis km 297+747 Ein Personenbahnhof und ein Güterbahnhof 4 große Brückenbauwerke und 2 Durchlässe |
| Abschnitt 3 | Bahnhof Lyubimets von km 285+150 bis km 287+450 4 große Brückenbauwerke und 1 Durchlass |
| Abschnitt 4 | Harmanli – Lyubimets von km 271+000 bis km 285+150 4 große Brückenbauwerke und 36 Durchlässe, 1 Halt |
| Abschnitt 5 | Bahnhof Harmanli und Umfahrung Harmanli von km 266+000 bis km 271+000 8 große Brückenbauwerke und 7 Durchlässe, 1 Halt, 1 Bahnhof |
| Abschnitt 6 | Svilengrad – Grenze mit Griechenland von km 297+698 bis km 300+685 1 großer Brückenbauwerk und 7 Durchlässe |

Das Projekt umfasst vielfältige Arbeiten aus vielen Ingenieurbereichen, die wichtigsten sind in Tabelle 30 aufgelistet.

Tabelle 30: Projektkennndaten - Umbau und Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad

| | |
|-------------------|---|
| Projekt: | Umbau und Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad |
| Auftraggeber: | Nationale Gesellschaft „Eisenbahninfrastruktur“ Bulgarien |
| Auftragnehmer | Arbeitsgemeinschaft „Eisenbahninfrastruktur 2011“ (PORR Bau GmbH & PST Holding) |
| Baukosten: | 120 Mio lv. (60 Mio Euro) |
| Bauzeit: | 2012 – Ende 2015 |
| Gleislänge | 55 km |
| Erdbewegung: | Aushub: 1.145.012 m ³ und Dammschüttung: 1.455.550 m ³ |
| Brückenbauwerke: | 24 |
| Durchlässe: | 65 |
| Elektrifizierung: | 53 km |
| Gebäude: | 9 |

4.5.4.2 Baustelleneinrichtung

Das Subunternehmen für Erdarbeiten Moni 07 ist ein ziemlich kleines Bauunternehmen, das auf dieser Baustelle 17 große Baumaschinen im Einsatz hat. In den verschiedenen Arbeitsphasen arbeitet das Subunternehmen in verschiedenen Bauabschnitten. Weil die Entfernungen auf der

Baustelle sehr groß sind, war es nötig, die Baustelleneinrichtung öfters umzustellen. Die Baustelleneinrichtungsfläche befindet sich in Bauabschnitt 5 Harmanli, weil sich die Erdarbeiten zur Zeit des Besuches in diesem Abschnitt konzentriert haben. Die Einrichtung besteht aus 2 Containern für die Arbeiter, einem Magazin und freie Fläche für Lager- und Stellflächen. Die Baustelleneinrichtung liegt bereits an der Trasse der neuen Bahnlinie.

4.5.4.3 Baugeräte

Das Unternehmen arbeitet nur mit Eigengeräten. Selten und nur bei Spitzbelastungen werden ein paar Baumaschinen angemietet – meistens Mulden. Die Betankung aller Maschinen wird vom Unternehmen selbst organisiert und durchgeführt. Die Instandhaltung ist an einen Dienstleister vergeben. Die vorhandenen Baumaschinen stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 31: Liste der großen Baumaschinen von Moni 07

| Baumaschinen | Anzahl |
|----------------------|-----------|
| Bagger | 2 |
| Mobilbagger | 1 |
| Planierdraupe | 2 |
| Walze | 3 |
| Grader | 1 |
| Mulde | 8 |
| Gesamtanzahl: | 17 |

4.5.4.4 Logistik der Kraftstoffe

Beschreibung des Betankungsprozesses: die Betankung der Baumaschinen wird vom Unternehmen selbst durchgeführt. Moni 07 besitzt einen LKW mit einem 1.000 l IBC Container und eine Umfüllpumpe, ausgestattet mit Zählwerk (siehe Abbildung 49).



Abbildung 49: Betankungsfahrzeug von „Moni 07“

Das Fahrzeug holt den Kraftstoff von einer Tankstelle, die sich in der Stadt Harmanli befindet (Entfernung 2,5 km). Der Arbeitsbeginn ist um 6:30 Uhr. Es gibt keine fixe Betankungszeit. Die Betankung wird vor Arbeitsbeginn, in der Mittagspause, oder während der Arbeit mit einer Zwangspause von ca. 10 min durchgeführt. Die Mulden können auch direkt an der Tankstelle

betanken. Auf diese Weise wird die tägliche Anzahl der Befüllungen vom Betankungsfahrzeug verringert. Normalerweise wird der Kraftstoffbehälter einmal oder zweimal befüllt – zweimal jeden zweiten Tag.

Der durchschnittliche tägliche Verbrauch liegt zwischen 800 l und 1.200 l. Es werden zuerst die Restmengen im Betankungsfahrzeug vom vorigen Tag für die Betankung der Maschinen verwendet und dann wird der IBC Container an der Tankstelle wieder gefüllt. Danach werden die verbliebenen Maschinen betankt.

Es gibt keine mobile Tankanlage auf der Baustelle. Geringere Mengen von Dieselmotorkraftstoff werden in Kanistern und Fässern gelagert. An der Baustelleneinrichtung werden nicht mehr als 2 Fässer gefüllt (400 l). Die Kanister werden für Einlagerung von Reservemengen in den Maschinen und für Transport von geringen Kraftstoffmengen innerhalb der Baustelle verwendet.

Benzin wird in Kanistern gelagert – bis zu 60 l. Benzin wird ziemlich selten verwendet und entsprechend selten zugestellt. Ein Kanister wird ungefähr einmal jede zwei Wochen befüllt.

Die Koordination des Betankungsprozesses ist eine Pflicht des Poliers. Alles wird mündlich (per Telefon) organisiert – der Polier gibt dem Fahrer des Betankungsfahrzeugs Anweisungen, welche Maschinen wann betankt werden müssen. Alle weiteren Tätigkeiten werden von dem Fahrer gemacht – die Betankung und die Berichterstattung. Es werden tägliche Papierberichte erstellt. Ein Betankungsbericht wird von dem Fahrer des Betankungsfahrzeugs erstellt. Zusätzlich fertigen die Maschinenfahrer Tagesberichte für jede einzelne Maschine an. Die Maschinenanzahl ist gering und die Datenverarbeitung ist ziemlich einfach.

Struktur des Betankungssystems: Die wesentlichen Bestandteile des Betankungssystems sind in Tabelle 32 zusammengefasst und die Systemstruktur ist in Abbildung 50 dargestellt.

Tabelle 32: Bestandteile des Betankungssystems von „Moni 07“

| | |
|--|---|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff – zwei Güterströme |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze (Bauabschnitt 5) |
| Transportmittel: | Betankungsfahrzeug (Fahrzeug mit einem IBC Container mit Nenninhalt von 1.000 l), Kanister (60l) |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tankstelle– extern für das System 2. Lagerstation Betriebsstoffmagazin (2 Fässer mit Gesamtvolumen 400 l – Diesel, Kanister - Benzin) 3. Empfangsstation/Ausgangsstation – Baugeräte |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zw. Fahrer des Betankungsfahrzeugs und Polier Datenübertragung – mündlich (Telefon) |

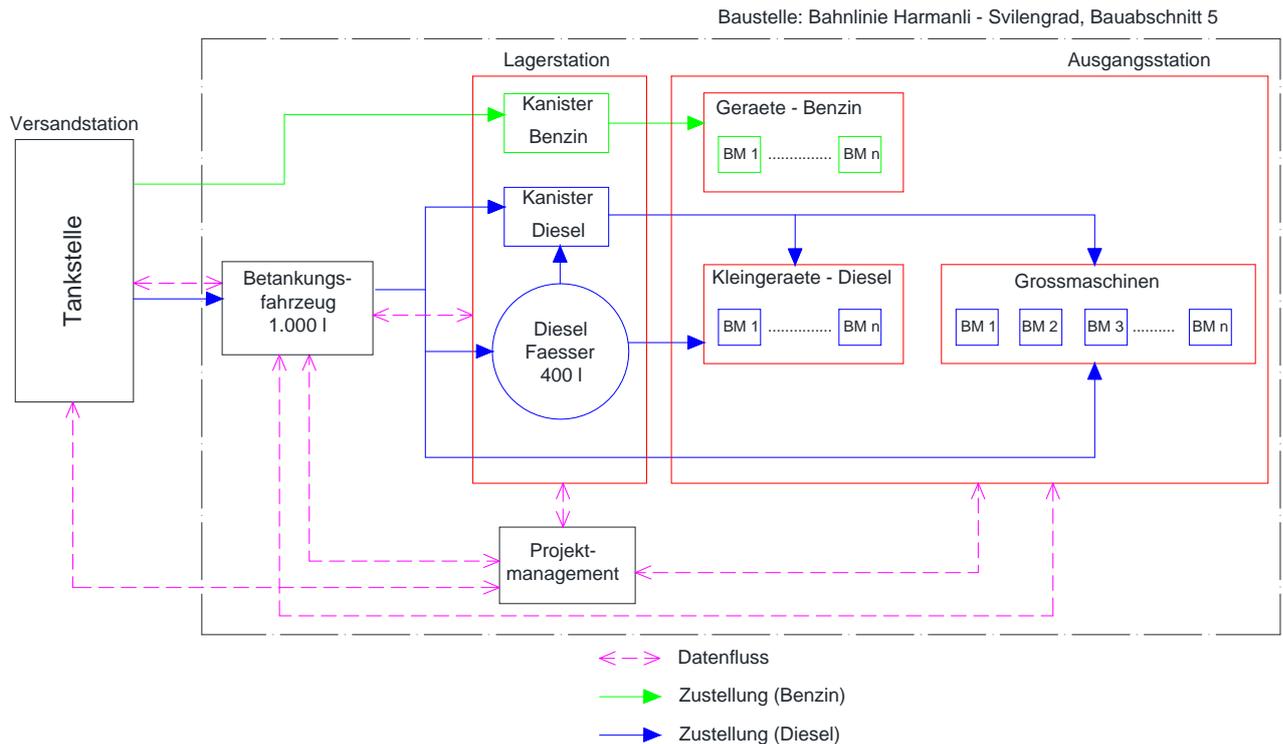


Abbildung 50: Struktur des Betankungssystems von „Moni 07“

4.5.4.5 Logistik der Schmierstoffe

Beschreibung des Wartungskonzeptes: in der Regel arbeitet das Unternehmen „Moni 07“ nur mit Eigengeräten. Sehr selten werden Fremdgeräte für kurze Zeit angemietet. Die Wartung und die Reparatur sind an einem externen Unternehmen vergeben. Es gibt keine ständige Anwesenheit von Mechanikern auf der Baustelle. Die regelmäßigen Inspektionen werden von den Maschinenfahrern durchgeführt und die Betriebsdaten werden firmenintern verarbeitet. Die Koordination der Instandhaltung wird vom Polier durchgeführt. Ein Mechaniker kommt auf die Baustelle nur auf Abruf mit allen notwendigen Schmierstoffen.

Logistik der Schmierstoffe: Keine Schmierstoffe werden auf der Baustelle gelagert. Der Mechaniker bringt alles Notwendige mit dem Servicewagen. Die Aufgaben des Baustellenpersonals, verbunden mit der Wartung, sind sehr gering – das sind nur Datenübertragung und Koordination. Die Logistik der Betriebsstoffe als ein Teil der Wartungs- und Reparaturarbeiten ist eine Aufgabe des Instandhaltungsunternehmens. Es gibt fast keine Tätigkeiten auf der Baustelle, die mit der Logistik der Schmierstoffe verbunden sind. Nur der Schmierstoffwechsel, die Datensammlung und Datenübertragung passieren innerhalb der Baustelle. Das macht das Logistiksystem sehr einfach. Die Bestandteile des Systems sind in Tabelle 33 zusammengefasst.

Tabelle 33: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens „Moni 07“

| | |
|--|---|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze (Bauabschnitt 5) |
| Transportmittel: | mobile Werkstatt Behälter: Spezialtanks, Originalverpackungen, Fässer etc. |
| Logistische Stationen: | 1. Versandstation Werkstatt - extern Unternehmen (extern für das System) 2. Übergangsstationen (Baugeräte) 3. Entsorgungsunternehmen (keine direkte Verbindung mit der Baustelle – extern für das System) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linien-, Ring- und Sternstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Aufgabe des Poliers - Koordination zwischen der Werkstätte (extern Unternehmen) und dem Baustellenpersonal Datenübertragung mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mails) |

Die Struktur des Logistiksystems, das ein Teil des Logistiksystems vom Wartungsunternehmen ist, entspricht dem Schema für die Logistik der Schmierstoffe ohne Zwischenlagerung auf der Baustelle, welches in Punkt 4.4.2.6 beschrieben ist (siehe Abbildung 28).

4.5.4.6 Zusammenfassung

Wenn die Anzahl der Baugeräte und die Bauleistungen verglichen werden, ähnelt diese Baustelle der „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“. Die Betankung ist aber intern organisiert (verschiedene Baustellenrandbedingungen). Der Polier koordiniert und steuert den Betankungsprozess. Die Logistik der Schmierstoffe (als ein Teil der Wartung) wird von einem externen Serviceunternehmen übernommen. Auf der Baustelle werden Schmierstoffe nur gewechselt. Die anderen logistischen Tätigkeiten finden außerhalb der Baustelle statt. Ein ausführlicher Vergleich der Logistik von Kraft- und Schmierstoffe auf den besuchten Baustellen erfolgt unter Punkt 4.6.

4.5.5 **Bahnlinie Harmanli – Svilengrad, Bulgarien (Oberbau – Fa. „PORR“)**

4.5.5.1 Projektdaten

Siehe Beschreibung in Punkt 4.5.4.1.

4.5.5.2 Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung befindet sich in Bauabschnitt 2 des Projektes - Bahnhof Svilengrad. Die Bürocontainer sind an der linken Seite des Bahnhofs installiert und der maschinentechnische Bereich befindet sich an der rechten Seite des Bahnhofs (siehe Abbildung 51). Der maschinentechnische Bereich nutzt Serviceflächen des Bahnhofs – die sogenannte Dreieckfläche. Vorhanden ist ein kleines Gebäude, das als Büro der MTA dient, und es sind große freie Flächen vorhanden. Servicegleise verbinden diesen Bereich mit dem Bahnhof (dargestellt in blau auf dem Baustelleneinrichtungsplan). Die Servicegleise werden auch für die

Vorhaltung der Gleisbau-Oberbaumaschinen benutzt. Solche Garage-Gleise sind vom Bauherrn in allen drei Bahnhöfen bereitgestellt.

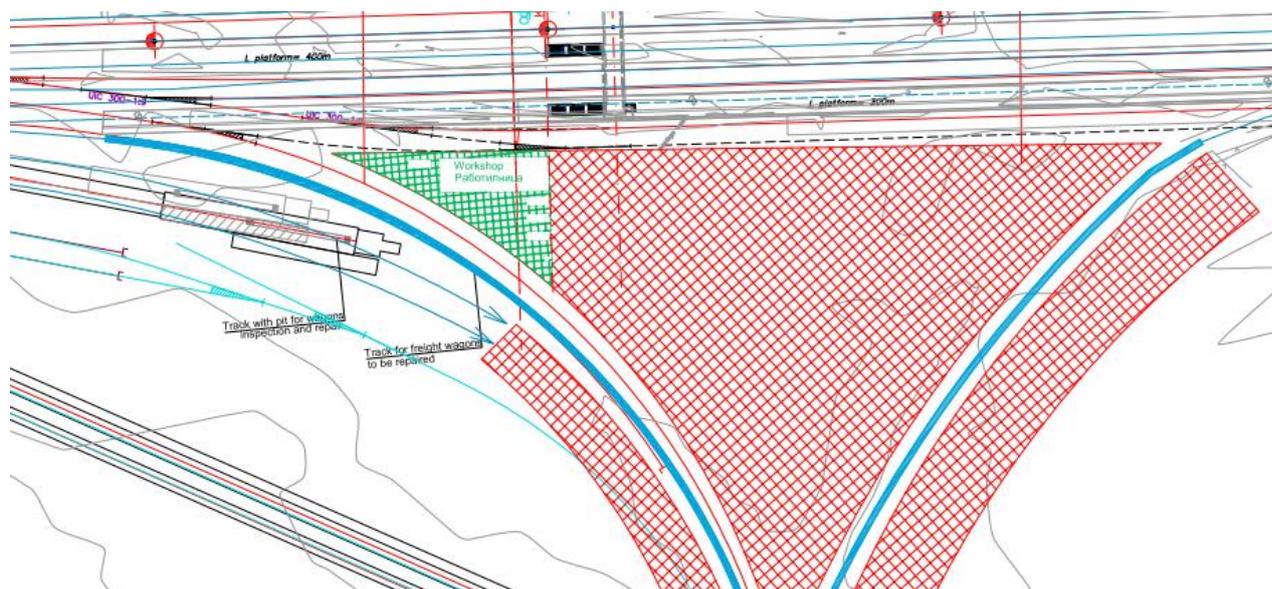
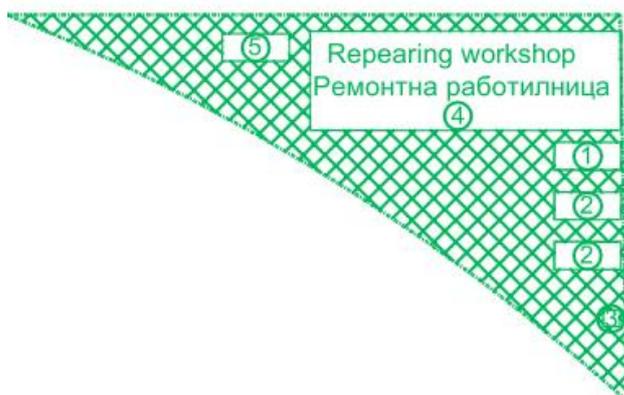


СХЕМА НА РЕМОНТНА РАБОТИЛНИЦА
SCHEME OF REPAIRING WORKSHOP



Legende:

- 1 – Container Büro
- 2 – Container für die Arbeiter
- 3 – Container sanitär
- 4 – Werkstatt
- 5 – Container Abfall

Abbildung 51: Auszug aus dem Baustelleneinrichtungsplan für den Bahnhof Svilengrad

Der maschinentechnische Bereich besteht u.a. aus einem kleinen Bürogebäude, Werkstatt, Magazincontainern für Kleingeräte, Werkzeuge, Betriebsstoffe sowie einem Lagerplatz für Baumaterialien, Stellflächen und Operationsflächen. In Abbildung 52 ist das Schmierstoffmagazin dargestellt.



Abbildung 52: Schmierstoffmagazin – Bahnhof Svilengrad

4.5.5.3 Baugeräte

Die Baugeräte sind in zwei Gruppen unterteilt: Gleisbau-Oberbaumaschinen und übliche Baugeräte. Alle Oberbaumaschinen sind im Besitz des Unternehmens PORR Bau sowie auch die meisten von den anderen Baugeräten. Angemietet werden am häufigsten Maschinen für Erdarbeiten für Perioden mit Spitzenauslastung. Die Wartung der fremden Maschinen ist eine Pflicht der Vermieter und für die Wartung und die Reparatur der eigenen Maschinen sorgt eine eigene Werkstatt. Die Werkstatt hat einige Magazincontainer für die Lagerung von Werkzeugen und Schmierstoffen. Die Wartungs- und Reparaturarbeiten werden auf den freien Flächen oder unter einem Schutzdach durchgeführt. Für große Reparaturarbeiten können auch Servicegebäude im Bahnhof verwendet werden.

Tabelle 34: Liste der Oberbaumaschinen

| Oberbaumaschinen | Anzahl |
|--|-----------|
| Stopfmaschine für Gleis und Weichen | 1 |
| Stopfmaschine für Gleis | 2 |
| Schotterverteiler- und Planiermaschine | 2 |
| Bettungsreinigungsmaschine | 1 |
| Schweißmaschine | 1 |
| Portalkran mit Balken (2x9t) | 1 |
| Zwei-Wege-Bagger | 9 |
| Motordraisine | 5 |
| Kleine Draisinen für Schweiße | 2 |
| Hydraulische Gleishebemaschine mit Verschwenkeinrichtung | 2 |
| Materialförder- und Siloeinheit | 3 |
| Wagen | 30 |
| Trichterwagen (Selbstentladewagen) | 5 |
| Anzahl der Maschinen, die betankt werden | 29 |
| Gesamtanzahl (Oberbaumaschinen): | 64 |



Abbildung 53: Gleisbau-Oberbaumaschine (hier eine Stopfmaschine)

Typisch für den Betrieb der Oberbaumaschinen ist die unregelmäßige zeitliche Verteilung der Betriebsstunden. Es wird häufig passiert, dass eine große Oberbaumaschine für eine lange Zeit (bis zu zwei oder drei Monate) nicht zum Einsatz kommt. Dies beeinflusst sowohl das Betankungssystem als auch die Wartungstätigkeiten inkl. der Schmierstofflogistik.

Tabelle 35: Liste der Baugeräte (Eigenbaugeräte)

| Baugeräte | Anzahl |
|---|-----------|
| LKW | 2 |
| Baggerlader | 2 |
| Grader | 1 |
| Walze | 3 |
| Mulde | 5 |
| Aggregat | 3 |
| Betonmischer | 1 |
| Tankwagen | 1 |
| Gesamtanzahl (Baugeräte): | 18 |
| Gesamtanzahl (regelmäßige + Oberbaumaschinen): | 82 |



Abbildung 54: Baumaschinen (hier Zwei-Wege-Bagger und Baggerlader)

Die Gesamtanzahl aller Maschinen von PORR beträgt 82. Das Projekt ist eine Linienbaustelle mit einer gesamten Länge von 30 km. Die Baumaschinen sind entlang der Trasse verteilt und bleiben an der Arbeitsstelle. Das beeinflusst die Betankung und die Wartung der Maschinen.

4.5.5.4 Logistik der Kraftstoffe

Die Betankung der Geräte ist intern organisiert – ein eigener Tankwagen mit einem Fassungsvermögen von 10.400 l betankt die Geräte. Der Tankwagen ist im Besitz von PORR und bedient die Baumaschinen auf der ganzen Baustelle.



Abbildung 55: Tankwagen mit Fassungsvermögen 10.400 l

Beschreibung des Betankungsprozesses: der Tankwagen wird von einem externen Tankwagen auf der Baustelle täglich gefüllt. Der Kraftstoff wird aus einer nahegelegenen Kraftstoffbasis angeliefert. Die Entfernungen auf der Baustelle sind groß (Linienbaustelle), deswegen dauert die Betankung einige Stunden und daher sind Zwangspausen unumgänglich. Die Transportnetzstruktur kann als linear bezeichnet werden. Der Prozess startet sehr früh morgens, aber nicht alle Maschinen können vor Arbeitsbeginn betankt werden. Außerdem werden nicht alle Maschinen täglich betankt. In Abhängigkeit von der Beanspruchung der Maschinen, können sie einmal in zwei Tagen oder seltener betankt werden. Dies wird von den Polieren koordiniert.

Wie in Punkt 4.5.5.3 erklärt, ist die Arbeit der Oberbaumaschinen sehr unregelmäßig. Typisch sind kurze Spitzenbelastungen, die von einigen Stunden bis zu einigen Tagen dauern können und weiters lange Stillstandperioden. Im Durchschnitt wird eine große Oberbaumaschine einmal bis dreimal in einem Monat betankt. Die gefüllten Mengen pro Betankung variieren von ungefähr 250 l bis 800 l. Diese Unregelmäßigkeit beeinflusst auch den täglichen Kraftstoffverbrauch für die ganze Baustelle. Es gibt große Schwankungen. Der tägliche Verbrauch variiert von 8.000 l bis ungefähr 20.000 l. Der Spitzenverbrauch tritt in den sogenannten „Arbeitsspannen“ auf. Das sind geplante Zeitspannen (mit einer Dauer von 24 bis 120 Stunden), wenn ein Bereich der Bahnlinie für Züge geschlossen wird. In solchen Zeitspannen wird sehr intensiv und ununterbrochen gearbeitet. Es werden in dieser Zeit sehr große Kraftstoffmengen verbraucht und der Tankwagen muss zweimal täglich die Maschinen betanken.

In der Werkstatt werden sowohl Diesel als auch Benzin (in geringen Mengen) gelagert. Es werden Fässer mit einem Gesamtvolumen von 600 l für Dieseldieselkraftstoff benutzt und für die Lagerung von Benzin werden Kanister mit einem Gesamtvolumen von 120 l verwendet. Die Dieselfässer werden zweimal pro Woche vom Tankwagen gefüllt und Benzin wird einmal in zwei Wochen von einer Tankstelle in Kanistern zugestellt. Es werden auch Kanister für den Transport

von kleinen Kraftstoffmengen innerhalb der Baustelle verwendet. Die Kraftstoffe werden in einem Container in der Werkstatt gelagert, der auch für die Lagerung von Betriebsstoffen benutzt wird (siehe Abbildung 52).

Die Koordination der Betankung wird von der Werkstatt und von den Polieren durchgeführt. Die Maschinenfahrer erfassen die notwendigen Daten in Tagesberichten. Es kommt kein Telematiksystem zum Einsatz. Die Mengenkontrolle wird mittels Tagesberichten und Betankungsberichten gemacht. Der Tankwagen drückt einen Betankungsbericht für jede Betankung aus, der vom Maschinenfahrer unterschrieben wird (siehe Abbildung 56).



Abbildung 56: Betankungsbericht vom Tankwagen

Struktur des Betankungssystems: Die wesentlichen Bestandteile des Betankungssystems des Unternehmens PORR BAU auf der Baustelle Bahnlinie Harmanli – Svilengrad sind in Tabelle 36 zusammengefasst und die Struktur des Logistiksystems ist in Abbildung 57 dargestellt.

Tabelle 36: Bestandteile des Betankungssystems von PORR Bau, Baustelle „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Diesel- und Ottokraftstoff – zwei Güterströme |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze – Umgebung der Bahnlinie Harmanli - Svilengrad |
| Transportmittel: | Tankwagen (Tank 10.400 l), Fässer, Kanister |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Kraftstoffbasis – extern für das System 2. Lagerstation Betriebsstoffmagazin Werkstatt Svilengrad (Fässer – Diesel und Benzin) 3. 3.Empfangsstation/Ausgangsstation – Baugeräte |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel (Linienstruktur) |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Koordination zwischen Werkstattmanagement und Baustellenpersonal Datenübertragung – mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mail) |

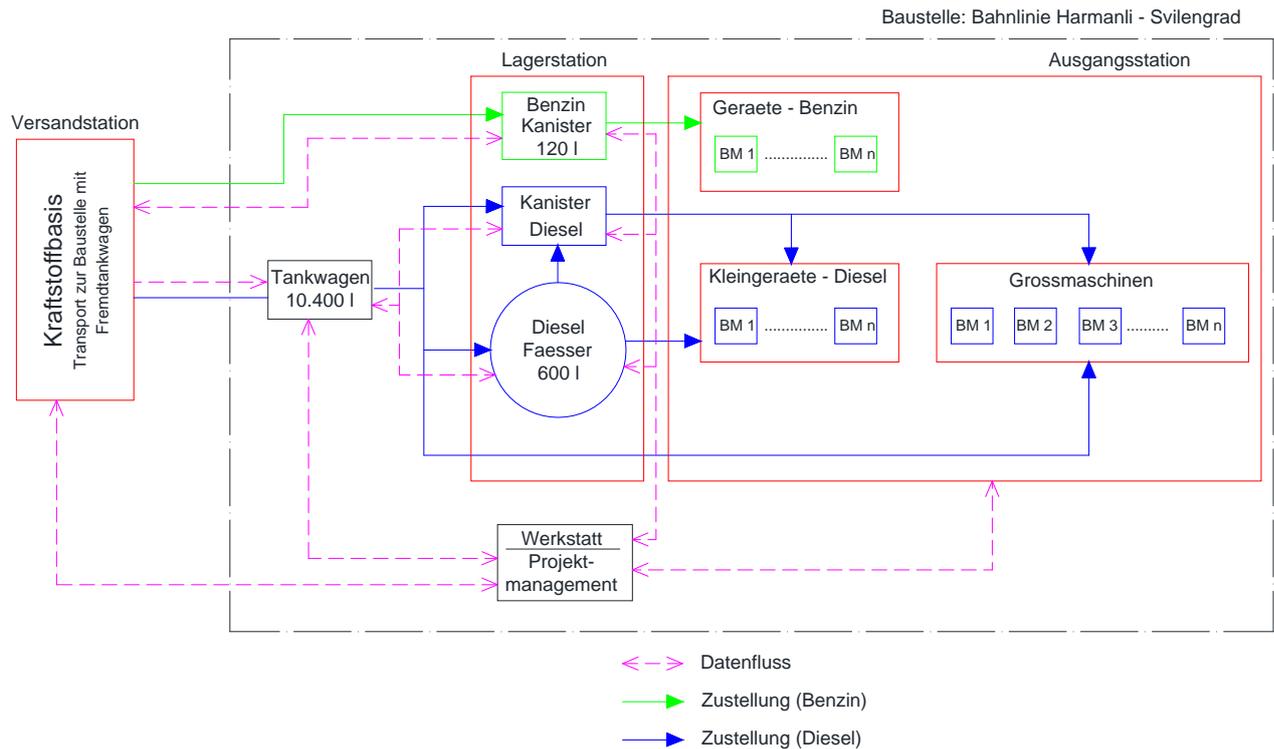


Abbildung 57: Struktur des Betankungssystems von PORR Bau – Baustelle „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“

4.5.5.5 Logistik der Schmierstoffe

Beschreibung des Wartungskonzeptes auf der Baustelle: PORR Bau hat ein Wartungskonzept speziell für diese Baustelle entwickelt. Die Instandhaltung wird von der Werkstatt durchgeführt. Wie schon zuvor erläutert, wurde eine Werkstatt im Bahnhof Svilengrad gebaut (siehe Punkt 4.5.5.2). Sie verfügt über freie Flächen, Bahnhofsgebäude, Servicewagen und Betriebsstoffmagazin. Im Betriebsstoffmagazin werden Kraftstoffe, Schmierstoffe und andere Betriebsstoffe gelagert.

Die täglichen Inspektionen werden von den Maschinenfahrern durchgeführt, die Mechaniker mit dem Servicewagen machen periodische Detailinspektionen. Die Maschinenfahrer fertigen Maschinen-Tagesberichte aus, die später von der Werkstattleitung verarbeitet werden. Der Servicewagen führt Wartungs- und kleine Reparaturarbeiten vor Ort auf Abruf (bei Betriebsproblemen) oder für die geplanten Schmierstoffwechsel aus.

Die gewöhnlichen Wartungsintervalle der Großmaschinen sind von 250 bis 1.000 Bh. Das Hydrauliköl der großen Bahnbaumaschinen wird einmal pro Jahr überprüft und wenn es notwendig ist, wird es getauscht oder gefiltert.

Logistik der Schmierstoffe: Die Logistik der Schmierstoffe wird von der Werkstattleitung organisiert. Das Unternehmen arbeitet mit einem Lieferanten für alle Typen von Schmierstoffen. Sie werden direkt auf die Baustelle (zur Werkstatt) geliefert. Dort werden sie im Betriebsstoffmagazin gelagert. Die Schmierstoffe werden in demselben Container wie die Kraftstoffe gelagert. Die Zustellungen von Schmierstoffen werden mit den geplanten

Wartungsarbeiten koordiniert. Im Magazin werden nur geringe Mengen gelagert, genug für die kommenden Wartungsarbeiten und als Reserve für Notfälle.

Die Altöle werden in Metallfässern je nach Art getrennt gesammelt. Der Lieferant von Betriebsstoffen sammelt auch die Altöle.

Der Baustellentransport von Schmierölen und Altölen wird mit dem Servicewagen durchgeführt. In der Regel wird der Schmierstoffwechsel vor Ort ausgeführt, seltener in der Werkstatt.

Struktur des Logistiksystems: Das Logistiksystem der Schmierstoffe auf der Baustelle Bahnlinie „Harmanli - Svilengrad“ ist ein System mit Lagerung von Schmierstoffen auf der Baustelle: Das Bauunternehmen verfügt über keinen Hauptbauhof irgendwo im Staat und alle logistische Tätigkeiten Organisations- und Koordinationstätigkeiten werden von der Werkstatteleitung auf der Baustelle selbst durchgeführt. Die Systemstruktur hat ähnliche Charakteristiken wie das System mit Zwischenlagerung von Betriebsstoffen auf der Baustelle. Die Bestandteile des Logistiksystems sind in Tabelle 37 beschrieben und die Struktur ist in Abbildung 58 dargestellt.

Tabelle 37: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens PORR Bau, Baustelle Bahnlinie „Harmanli – Svilengrad“

| | |
|--|--|
| Logistikgüter: | Schmierstoffe: Motoröle, Hydrauliköle, Getriebeöle, Schmierfette, Kühlmittel etc. Altöle und weitere verbrauchte Betriebsstoffe |
| Systemgrenze: | Baustellengrenze |
| Transportmittel: | Servicewagen Behälter: Originalverpackungen, Fässer, etc. |
| Logistische Stationen: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Versandstation – Schmierstofflieferant (extern für das System) 2. Lagerstation - Betriebsstoffmagazin für Lagerung von neuen und angebrauchten Schmierstoffen und Altölen 3. Übergangsstationen (Baugeräte) 4. Entsorgungsunternehmen (Lieferant von neuen Schmierstoffen – extern für das System) |
| Transportnetzstruktur: | zeitlich flexibel Linienstruktur |
| Transportsteuerung und Datenübertragung: | Aufgabe der Werkstatteleitung - Koordination zwischen Werkstattmanagement und Baustellenpersonal Datenübertragung – mündlich (Telefon), schriftlich (E-Mails) |

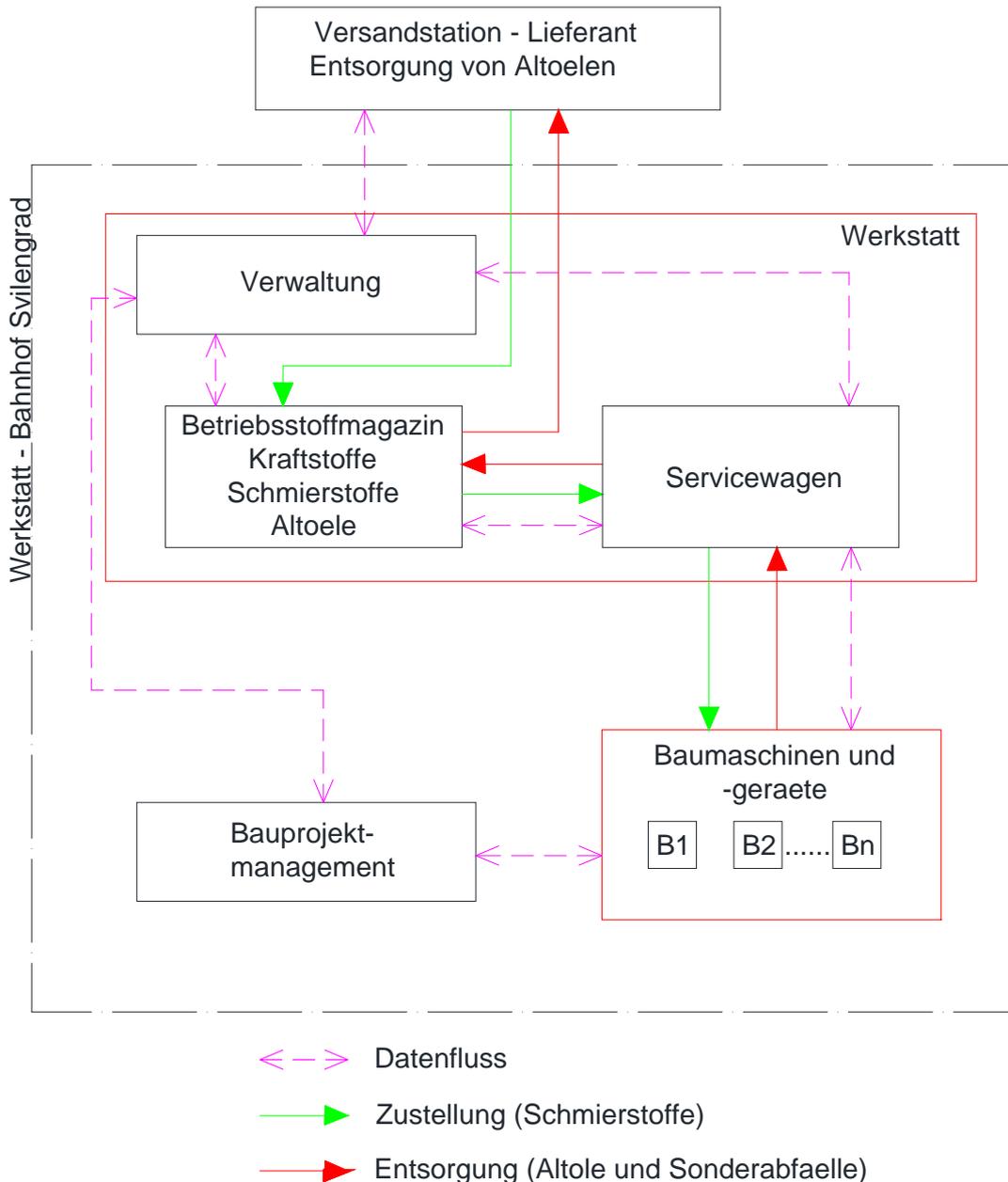


Abbildung 58: Struktur des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens PORR Bau, Baustelle Bahnlinie „Harmanli – Svilengrad“

4.5.5.6 Zusammenfassung

Die Anzahl der Baugeräte auf dieser Baustelle ist groß genug, sodass die Betankung und die Wartung intern organisiert werden. Das Betankungssystem auf diese Baustelle ist ähnlich wie bei der „Umfahrung Mistelbach“ (eigene Tankwagen, gleiche Anzahl der Baumaschinen). Die Logistik der Schmierstoffe wird von der MTA gesteuert. Die Baustelle verfügt über eine Werkstatt und Schmierstoffmagazin. Auf diese Baustelle ist das Logistiksystem für die Schmierstoffe vollständig aufgebaut und hängt nicht von der Zentralwerkstatt ab. Ein ausführlicher Vergleich der Logistik von Kraft- und Schmierstoffe auf den besuchten Baustellen erfolgt unter Punkt 4.6.

4.6 Vergleich der Beispiele

In diesem Punkt werden die gesammelten Informationen von den besuchten Baustellen zusammengefasst und die Unterschiede zwischen den Baustellen und den Logistiksystemen hervorgehoben. Die Baustellen sind in Tabelle 38 aufgelistet.

Tabelle 38: Liste der besuchten Baustellen

| Nr. | Baustelle | Ort | Bauunternehmen |
|-----|--|----------------------------------|---|
| 1 | Umbau Knoten Prater | Wien, Österreich | HABAU |
| 2 | Verlängerung der U-Bahnlinie U1, Stationen 14 und 15 | Wien, Österreich | Koller (Subunternehmen von PORR) |
| 3 | B40/B46 Umfahrung Mistelbach | Mistelbach, Österreich | ARGE HABAU - GEBR.HEIDER |
| 4 | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad | Harmanli – Svilengrad, Bulgarien | MONI 07 (Erdbau, Subunternehmen von PORR) |
| 5 | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad | Harmanli – Svilengrad, Bulgarien | PORR (Gleisbau-Oberbau) |

Die Baustellen „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“, „Umfahrung Mistelbach“ und „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ sind Linienbaustellen und der „Umbau Knoten Prater“ kann als Flächenbaustelle bezeichnet werden. Die wesentlichen Parameter, die die Logistik der Kraftstoffe und der Schmierstoffe beeinflussen sind die Unternehmensstrategie hinsichtlich der Geräte, Wartungskonzept, Geräteanzahl auf der Baustelle und Randbedingungen der Baustelle. Tabelle 39 beschreibt die Unterschiede in den logistischen Systemen der verschiedenen Bauunternehmen und gibt einen Überblick über die ausgewählten Strategien und Wartungskonzepte.

Tabelle 39: Vergleich der logistischen Systeme aller besuchten Baustellen

| Nr. | Charakteristiken der Logistiksysteme | Bauunternehmen | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|
| | | Umbau Knoten Prater | Verlängerung der U-Bahnlinie U1, Stationen 14 und 15 Erdarbeiten | B40/B46 Umfahrung Mistelbach | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad Erdbau | Bahnlinie Harmanli – Svilengrad Oberbau |
| A | Firmenangaben | | | | | |
| 1 | Geräteanzahl | 20 | 19 | 47 | 17 | 82 inkl. Wagen 47 für Betankung |
| 2 | Geräte: eigen/fremd (%/%) | 50/50 | 70/30 | 100/0 | 100/0 | 100/0 |
| B | Betankungssystem | | | | | |
| 1 | Betankung intern/extern | extern | extern | intern | intern | intern |
| 2 | Kraftstofftransport | Tankwagen 1.000 l | Tankwagen 1.000 l | Tankwagen 10.500 l | Betankungsfahrzeug mit IBC Container 1.000 l | Tankwagen 10.400 l |
| 3 | Kraftstofflagerung auf der Baustelle | Diesel: Mob. Tankanlage 1.000 l Benzin: Kanister 40-60 l | Diesel: Mob. Tankanlage 1.000 l Benzin: Kanister 60 l | Diesel: Mob. Tankanlage 1.000 l Benzin: Kanister 80 l | Diesel: Fässer 400 l Benzin: Kanister 60 l | Diesel: Fässer 600 l Benzin: Kanister 120 l |
| 4 | Durchschnittlicher täglicher Verbrauch | 600 l - 700 l | ca. 900 l | 8.000 l - 9.000 l | 800 l - 1.200 l | 8.000 l - 20.000 l |
| 5 | Zeit der Betankung | 8:00 h - 12:00 h | 7:00 h - 8:00 h | Vor Arbeitsbeginn, Mittagspause | Vor Arbeitsbeginn, Mittagspause | Vor Arbeitsbeginn, während der Arbeit |
| 6 | Telematiksystem | nein | nein | teilweise | nein | nein |
| C | Schmierstofflogistik | | | | | |
| 1 | Wartungskonzept | Zentralbauhof mit Außendienst (Servicewagen) | externe Firma mit Servicewagen | Zentralbauhof mit Außendienst (Servicewagen) | externe Firma | Werkstatt auf der Baustelle |
| 2 | Werkstatt auf der Baustelle | nein | nein | nein | nein | ja |
| 3 | Wartungspersonal auf der Baustelle | nein | nein | nein | nein | ja |
| 4 | Mobile Werkstatt/Servicewagen | eigen | extern | eigen | extern | eigen |
| 5 | Schmierstofflagerung auf der Baustelle | nein | nein | ja | nein | ja |

Die obige Tabelle zeigt deutlich, dass auf Baustellen mit ähnlicher Größe, wo vergleichbare Ressourcen eingesetzt werden (Geräteanzahl, Personal etc.), ähnliche Betankungssysteme und Wartungskonzepte eingesetzt werden. Dies sind die gängigen Praktiken, die sich im Laufe der Jahre bewährt haben. Ein gutes Beispiel dafür sind die Baustellen „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“ und „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ (Subunternehmen für die Erdarbeiten) und teilweise Baustelle „Knoten Prater“. Auf diesen Baustellen wird ungefähr eine gleiche Baugeräteanzahl verwendet und es werden ähnliche Betankungssysteme und Wartungskonzepte eingesetzt.

Ähnliche Parameter weisen auch die Baustellen „Umfahrung Mistelbach“ und „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ auf. Beide Baustellen sind linear mit großen Arbeitsvolumina. Die Anzahl der Großmaschinen auf beiden Baustellen ist wesentlich größer im Vergleich mit den anderen Beispielen. Die Betankungssysteme sind relativ gleich. Die Wartungskonzepte haben auch ähnliche Charakteristiken. Die wesentlichen Unterschiede sind, dass es im Gegensatz zu „Umfahrung Mistelbach“ auf „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ eine Baustellenwerkstatt gibt und dass es auf der „Umfahrung Mistelbach“ ein funktionierendes Telematiksystem gibt, während auf der „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ mit Papierberichten gearbeitet wird.

5 Fazit und Ausblick

Wie bereits erläutert, aufgrund der ständig wechselnden Bedingungen in der Baubranche verändern sich die Strategien der Bauunternehmen hinsichtlich der Vorhaltung und des Betriebs von Baugeräten. Immer mehr Bauunternehmen rechnen mit einem Einsatz von Mietgeräten für ihre Bauprojekte. Einige der größeren Unternehmen besitzen gar keine eigenen Geräte mehr. Bei Bedarf mieten sie die notwendigen Geräte an. Auf diese Weise verringern sie wesentlich ihre Gerätekosten. In dieser Situation sind zahlreiche Unternehmen entstanden, die sich mit der Bereitstellung von Baugeräten beschäftigen. Sie sind sehr flexibel bei der Bereitstellung von Geräten – in Bezug auf Fristen, Bedienung, Wartung, Betankung etc. Viele Bauunternehmen, die nur sehr wenige eigene Baugeräte besitzen, vergeben die Wartung und Reparatur an externe Unternehmen, die die Geräte vieler Bauunternehmen instand halten. Dies trägt zur Verbesserung der Qualität der angebotenen Dienstleistung bei und führt zu einer wesentlichen Verringerung der Kosten dieser Bauunternehmen. Die Auftragnehmer vergeben einen Teil der Bauleistungen an Subunternehmen, die oft wiederum weitere Subunternehmen haben. Im Bauprozess und in der Baulogistik sind viele Teilnehmer engagiert, wie z.B. Subunternehmen, externe Dienstleister, Lieferanten, Vermieter von Geräten. Auf diese Weise werden auf einer Baustelle mehrere parallele Organisationssysteme verwendet, die gemeinsam arbeiten müssen.

Die Logistik, der Betriebsstoffe wird häufig an Dienstleister vergeben. Besonders in städtischen Gebieten, wo es viele Kraftstofflieferanten und Instandhaltungsunternehmen gibt, die sehr günstige Bedingungen für ihre Dienstleistungen anbieten.

Dies bedeutet, dass die Logistikprozesse im Bereich der Betankung und der Wartung immer komplexer werden. Die gestiegene Anzahl der engagierten Firmen und Personen in einem Logistiksystem beeinflusst die Strukturen der Organisation, der Koordination und des Controllings der Tätigkeiten. Sehr häufig wird das zentrale Logistiksystem auf einer Baustelle von mehreren Systemen ersetzt, die in der Regel unabhängig voneinander funktionieren. Dies wird auch von den gegebenen Beispielen (siehe Punkt 4.5) bestätigt. Der Einsatz von einem Telematiksystem kann die Aufgaben aller engagierten Personen erleichtern und die Fehler sowie die Missverständnisse in den Logistikprozessen minimieren. Damit dies funktioniert, muss das Telematiksystem sehr gut in die tägliche Arbeitsorganisation integriert werden.

5.1 Erkenntnisse im Bereich der Betankungslogistik

Von den durchgeführten Recherchen und Gesprächen mit Bauleitern und Baustellenpersonal können die folgenden Erkenntnisse in Bezug auf die Betankung gemacht werden.

5.1.1 Zentralbetankungssystem / separate Betankungssysteme

Auf einer Baustelle, wo mehrere Bauunternehmen arbeiten, werden selten Zentralbetankungssysteme eingesetzt, sondern jedes Unternehmen sorgt für die Betankung seiner eigenen Baumaschinen. Die Ursachen dafür sind komplex. Das Zentralbetankungssystem hat viele Vorteile gegenüber den separaten Systemen: Bei einem Zentralbetankungssystem werden die Anfahrten des Tankwagens auf die Baustelle reduziert (nur ein Tankwagen betankt

alle Baumaschinen) und es wird die effektivste Transportnetzstruktur gewählt. Auf diese Weise können die Störungen des Arbeitsprozesses, wenn die Betankung während der Arbeitszeit ausgeführt wird, minimiert werden. Auch für Kleinbaustellen, wo die Betankung nur mit Kanistern und Fässern ausgeführt wird, kann die Gesamtanzahl der Kraftstoffbehälter und damit auch die benutzte Lagerfläche reduziert werden. Ein zentrales System ist besonders für Baustellen mit Platz- oder Wegeproblemen vorteilhaft, weil alle Fahrten gemeinsam koordiniert werden.

Ein Zentralbetankungssystem verlangt im Prinzip extra Aufwand in Bezug auf Planung, Steuerung und Koordination zwischen allen Unternehmen auf einer Baustelle, was eine sehr komplizierte Aufgabe sein kann. Die einzelnen Unternehmen haben eine verschiedene Organisation der Betankungssysteme. Dies kann eine Voraussetzung für Missverständnisse und Koordinationsfehler sein. Die Aufgaben der Poliere bezüglich der Betankung und ihrer täglichen Planung vergrößern sich wesentlich, wenn kein Koordinator für die Logistikprozesse bestellt wird.

Nur eins von den fünf dargestellten Beispielen hat ein Zentralbetankungssystem. Das ist die Baustelle „Umfahrung Mistelbach“. Der Einsatz eines Zentralbetankungssystems funktionierte daher gut, weil die Anzahl der engagierten Bauunternehmen gering ist sowie alle Baugeräte auf der Baustelle Eigengeräte der ARGE darstellen. Die anderen 4 Beispiele betreffen Baustellen, bei welchen mehrere Unternehmen arbeiten und sie unabhängige Betankungssysteme haben.

5.1.2 Externe Kraftstofflieferanten

Eine gute Lösung zur Gewährleistung der Betankung von Baumaschinen sind die externen Kraftstofflieferanten. Diese sind Unternehmen, die in der Kraftstoffbeförderung spezialisiert sind. Es wird ein Betankungssystem entwickelt, das die Anforderungen des Bauunternehmens erfüllt und einen reibungslosen Betrieb der Baumaschinen sichert. Diese Variante ist sowohl für ein Zentralbetankungssystem als auch für separate Systeme geeignet.

Der große Wettbewerb im Bereich der Kraftstoffzustellungen führt zur Verringerung der Betankungskosten und bringt hohe Qualität der Dienstleistung. In Großstädten ist der Wettbewerb größer und die Preise der Dienstleistung sind entsprechend günstig. Die Aufgaben der Bauunternehmen kommen nicht über Koordination und Prozesscontrolling hinaus. Aus diesen Gründen sind die externen Kraftstofflieferanten eine bevorzugte Lösung für die Betankung der Baumaschinen auf Baustellen mit geringerer Anzahl der eigenen Großbaumaschinen.

Der externe Kraftstofflieferant hat ein großes Optimierungspotential und kann das Betankungssystem in kurzer Zeit adaptieren und verbessern. Da er über vielen verschiedene Tankfahrzeuge und Betankungszubehör verfügt, kann er sehr schnell und effektiv auf die veränderten Anforderungen der Kunden oder des variierenden Kraftstoffbedarfes mit minimalen Kosten reagieren.

5.1.3 Betankungsplanung

Das ist der Bereich, der eine reelle Optimierung der Betankung bringen kann. Bei der Betankungsplanung sind zwei Bereiche zu unterscheiden: Planung des Betankungskonzepts in der Arbeitsvorbereitungsphase einer Baustelle und die tägliche Planung der Betankung.

5.1.3.1 Planung in der Arbeitsvorbereitungsphase

Jedes Bauunternehmen, das keine externen Dienstleister für die Betankung nutzt, besitzt einen Satz von allen notwendigen Mitteln (Behältern, Tankanlagen, Pumpen, Tankwagen, ...) für die Betankung seiner Baumaschinen. Wenn das Bauunternehmen auf vergleichbaren Baustellen mit denselben Ressourcen (Baugeräte, Personal etc.) arbeitet, kommt immer dasselbe Betankungssystem zum Einsatz. Alles Notwendige für die eingesetzte Betankungsmethode ist vorhanden und das Personal ist an das System gewöhnt. Im Regelfall funktioniert dieses System effektiv und problemlos. Deswegen wird oftmals in der Arbeitsvorbereitungsphase einer Baustelle die Betankung nicht geplant. Es werden nur die Betankungskosten auf der Basis der Nachkalkulation von vorigen Baustellen kalkuliert. Oft sind die gesammelten Daten von vorigen Baustellen nicht ausreichend für eine zielgerichtete Planung der neuen Baustellen. Deswegen werden im Regelfall der Kraftstoffbedarf und der Betankungsprozess nicht analysiert. Dies erlaubt keine gute Planung der Betankung vor dem Arbeitsbeginn.

Das Betankungssystem bleibt in Prinzip für die ganze Bauzeit unverändert. Nur bei wesentlicher Steigerung des Kraftstoffbedarfes oder festgestellten Störungen des normalen Arbeitsprozesses (lange Zwangspausen bei Betankung, Kraftstoffmangel während der Arbeit) werden Optimierungsvarianten gesucht. Häufig werden schnelle und temporäre Lösungen angewendet, die keine langfristigen Vorteile für das System bringen. Die Zwangspausen und die Wartezeiten für die Betankung werden als normal angesehen und somit die Nachteile des Betankungssystems unterschätzt.

Die Probleme mit der Betankung auf einer Baustelle werden i.d.R. von den Polieren gelöst und bleiben manchmal von der Bauleitung unbemerkt. Solche Probleme können vermieden werden, wenn die Kommunikation zwischen Baustellenpersonal und Bauleitung verbessert wird und die Poliere am Arbeitsvorbereitungsprozess eine stärkere Beteiligung aufweisen.

5.1.3.2 Tägliche Betankungsplanung

Die Aufgabe der täglichen Planung ist, die Betankung der für die geplanten Arbeiten notwendigen Baumaschinen mit minimalen Störungen des Bauprozesses zu gewährleisten (siehe Punkt 4.4.1.8). Viele Probleme im Betankungsprozess werden von Missverständnissen oder Fehlern bei der Planung der täglichen Tätigkeiten verursacht. Die tägliche Planung kann sehr effektiv durch den Einsatz von einem Telematiksystem optimiert werden. Einerseits liefert dieses System jederzeit ausführliche Daten über die genauen Arbeitsorte aller Baumaschinen, den Kraftstoffverbrauch und den Betankungsbedarf für jede einzelne Maschine und andererseits bietet es die Möglichkeit für eine schnelle und effektive Planung der täglichen Betankungstätigkeiten. Alle engagierten Personen haben einen schnellen Zugang zu den relevanten Daten und auf diese Weise wird die Datenübertragung schnell und ohne großen Aufwand durchgeführt. Der Einsatz von einem Telematiksystem kann die Aufgaben aller engagierten Personen erleichtern sowie die Fehler und die Missverständnisse im Betankungsprozess minimieren. Damit dies funktioniert, muss das Telematiksystem sehr gut in die tägliche Arbeitsorganisation integriert werden.

5.2 Erkenntnisse im Bereich der Schmierstofflogistik

Von den durchgeführten Recherchen und Gesprächen mit Bauleitern und Baustellenpersonal können die folgenden Erkenntnisse in Bezug auf die Schmierstofflogistik gemacht werden:

5.2.1 Wartungskonzepte

Jedes Bauunternehmen hat ein eigenes Wartungskonzept (siehe Punkt 2.4.2.3). Die Wartungskonzepte werden an die Baustellenbedingungen sowie die Art und Anzahl der eingesetzten Baumaschinen angepasst.

Aus den Beobachtungen auf Baustellen im Rahmen dieser Diplomarbeit kann leicht festgestellt werden, dass auf kleineren Baustellen, wo die Anzahl der großen Baumaschinen gering bleibt, keine Baustellenwerkstatt oder Schmierstofflagerplatz vorgesehen wird. Für die täglichen Aufgaben, wie z.B. Inspektionen, Datensammlung etc. werden Baumaschinenfahrer und Poliere betraut. Die Schmierstoffwechsel und die Wartungsarbeiten inkl. Schmierstofflogistik werden i.d.R. von Mechanikern mittels Servicewagen ausgeführt. Die Wartung wird häufig an externe Unternehmen vergeben, die sich mit Instandhaltung von Baugeräten beschäftigen. Dies setzt die Aufgaben des eigenen Personals bezüglich der Wartung und der Schmierstofflogistik auf ein Minimum.

Ab einer gewissen Baustellengröße und Anzahl der eigenen Geräte ist es sinnvoll ein Betriebsstoffmagazin bzw. eine Werkstatt auf der Baustelle vorzusehen. Auf solchen Baustellen ist der Schmierstoffbedarf wirklich groß und es ist nicht zweckmäßig, diese enormen Schmierstoffmengen mit einem Servicewagen aus großen Entfernungen anzutransportieren. Die Aufstellung einer Baustellenwerkstatt hängt davon ab, ob das Bauunternehmen einen Bauhof besitzt und wie weit entfernt er sich befindet.

Ähnlich wie die externen Kraftstofflieferanten haben die externen Wartungsfirmen (auch Servicefirmen) die Absicht eine gute und günstige Lösung für die Wartung inkl. der Schmierstofflogistik zu gewährleisten. Die externen Serviceunternehmen bieten verschiedene Dienstleistungen: von Reparaturen in der Außenwerkstätten bis „Full Service“ (Inspektionen, Wartung einschließlich Schmierstofflogistik und Reparatur) an. Die Wartungsarbeiten werden zwischen dem Bauunternehmen und dem Wartungsunternehmen vereinbart. Bei voller Vergabe von Wartung und Reparatur gehen die Aufgaben des Bauunternehmens über Koordination und Controlling nicht hinaus. Die spezialisierten Wartungsfirmen verfügen i.d.R. über eine gute Materialbasis, qualifiziertes Personal und bieten eine Dienstleistung mit hoher Qualität.

Für kleine Bauunternehmen mit geringerer Geräteanzahl, die keine maschinentechnische Abteilung haben, ist es aus wirtschaftlichen Gründen vorteilhaft, wenn die Instandhaltung ihrer Geräte an externe Unternehmen vergeben wird. Dies resultiert in Senkung der Instandhaltungskosten, während die Qualität der Wartung hoch gehalten wird.

Auf zwei von den besuchten Baustellen: „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“ und „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ (Erdarbeiten) wurden Wartung und Reparatur an externe Dienstleister vergeben. Auf beiden Baustellen war die Anzahl der Baumaschinen gering (siehe Tabelle 39)

und eine Lagerung von Schmierstoffen auf der Baustelle war nicht nötig. Alle Tätigkeiten der Schmierstofflogistik wurden mittels eines Servicewagens durchgeführt.

5.2.2 Wartungs- und Schmierstofflogistikplanung

Die Unternehmensstrategien hinsichtlich der Baugeräte und Wartungskonzepte bestimmen die Schmierstofflogistik auf einer Baustelle. Eine Vorausplanung der Wartung entsprechend der Logistik von Schmierstoffen wird in der Regel für kleine Baustellen nicht durchgeführt. Die Hauptursache dafür ist, dass keine Baustelleninfrastruktur (Betriebsstoffmagazine, Werkstätten etc.) notwendig ist. Es wird das laufende Wartungskonzept erfüllt. Eine Vorausplanung ist für größere Baustellen sinnvoll (siehe Punkt 4.4.2.8). In der Arbeitsvorbereitungsphase werden die verschiedenen Wartungsvarianten nach Wirtschaftlichkeit verglichen. Nachdem die technischen Details (Wartungsintervalle, Schmierstoffmengen etc.) von den Wartungskonzepten vorgegeben sind, werden nur die Positionen der Betriebsstoffmagazine und Werkstätten (wenn notwendig) bestimmt. Die Logistik der Schmierstoffe wird i.d.R. vom Instandhaltungspersonal geplant, welches sich normalerweise außerhalb der Baustelle befindet. Das Baustellenpersonal hat nur eine Hilfsfunktion bei der Wartung und der Reparatur und in Bezug auf die Logistik hilft es bei Transport, Lagerung, Datensammlung usw.

Von den 5 besuchten Baustellen wurde nur auf der Baustelle „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ eine Baustellenwerkstatt mit eigener Schmierstofflogistik eingerichtet. Die Ursachen dafür können in der Größe der Baustelle, der Baugerätestrategie der Auftragnehmer, seinem Wartungskonzept und dem Fehlen von Firmenbauhof oder –werkstatt in der Nähe von der Baustelle gesucht werden. Die anderen vier Baustellen verfügen über keine Baustellenwerkstatt, und ein Schmierstoffmagazin gibt es nur auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“, was aufgrund der Maschinenanzahl (siehe Tabelle 39) erklärbar ist.

5.3 Weitere Erkenntnisse

Unabhängig davon, ob die Betankung und die Wartung intern oder extern organisiert wird, ist es sehr wichtig, dass das Bauunternehmen eine klare Übersicht über die ausgeführten Wartungsarbeiten, die verbrauchten Schmierstoff- und Kraftstoffmengen jederzeit hat. Die Datensammlungssysteme der verschiedenen Bauunternehmen unterscheiden sich in vielen Aspekten, aber die Inhalte sind grundsätzlich dieselben: Papiertagesberichte mit Betriebsdaten, verbrauchte Mengen an Betriebsstoffen, durchgeführte Wartungs- und Reparaturarbeiten, Berichterstattung über Betankung und Schmierstoffzustellungen usw. Die gängige Berichterstattung mit Papierdokumente funktioniert in der Regel gut, aber die Datenverarbeitung ist langsam und braucht großen bürokratischen Aufwand. Außerdem können eventuelle Fehler oder Diebstähle von Betriebsstoffen sehr spät entdeckt und schwierig verhindert werden. Besonders auf großen Baustellen können Diebstähle große finanzielle Auswirkungen haben, deshalb ist die schnelle Erkennung von Abweichungen von großer Bedeutung.

In der Praxis funktionieren die Systeme für Datensammlung und Kontrolle nicht immer effektiv. Auf manchen Baustellen, wo die Sammlung und Verarbeitung von Daten nicht gut organisiert und verteilt ist, werden die Tagesberichte und die anderen Dokumente nur gesammelt und nach gewisser Zeit werden sie verarbeitet und analysiert. Außerdem werden die Berichte aus

verschiedenen Gründen nicht zuverlässig ausgefüllt. Wenn die Daten nicht rechtzeitig verarbeitet werden, sind solche Berichte später nutzlos und es ist keine Kontrolle mehr möglich.

Ein großes Optimierungspotential gibt es im Bereich der Datensammlung und des Controllings. Es soll darauf hingewiesen werden, dass die gute Motivierung und Qualifizierung des Personals eine wesentliche Rolle für die effektive Kontrolle der Betankung und Wartung spielen. Eine generelle Lösung aller dieser Probleme könnte der Einsatz von Telematiksystemen sein. Sehr wenige Baufirmen haben schon Telematiksysteme in ihrer Arbeit eingesetzt. Die Telematiksysteme und ihre Umsetzung in der Betankungs- und Wartungsplanung befinden sich noch in Erprobungsphase. Aber diese Systeme werden in naher Zukunft ein integraler Bestandteil des Baumaschinenbetriebs sein.

5.4 Ausblick

Die Logistik von Kraftstoffen und Schmierstoffen gilt als eine Nebentätigkeit des Baustellenpersonals, die seine täglichen Aufgaben vermehrt. Es kann noch heute der Trend beobachtet werden, dass auf immer mehr Baustellen die Betankung und die Wartung vom Baustellenpersonal auf externe Dienstleister transferiert werden. Die Aufgaben von Polieren oder anderen engagierten Baustellenarbeitern nehmen stark ab. In Zukunft wird diese Tendenz immer stärker werden. Die Ursachen dafür sind, dass die externen Dienstleister eine hohe Effektivität zu niedrigeren Kosten bei beiden Logistiksystemen aufweisen können und dies den Zielen jedes Bauunternehmens entspricht.

5.4.1 Neue Betriebsstoffe und Versorgungsmethoden

Das Streben nach einem energieeffizienten Antrieb von Land- und Baumaschinen und die immer strenger werdenden Vorschriften zur Begrenzung der Abgasemissionen beeinflussen die Entwicklung der Baumaschinenbranche. Die eingesetzten neuen Technologien bringen wesentliche Änderungen in den Betrieb von Baumaschinen. Es kommen neue Arten von Betriebsstoffen und Verbrauchsmaterialien zum Einsatz, wie z.B. Biokraftstoffe, AdBlue®, Batterien etc. Viele für den heutigen Baumaschinenbetrieb typische Betriebsstoffe werden schrittweise wegfallen. Sie werden durch neue, verbesserte, umweltfreundlichere Betriebsstoffe ersetzt. Die Bemühungen im Bereich der Kraftstoffe sind an die Verringerung des Schadstoffgehalts und der Abgasemissionen gerichtet. Es werden neue umweltfreundlichere und effizientere Betriebsstoffe entwickelt, die längere Wartungsintervalle erlauben.

Mit den neuen Betriebsstoffen werden sich die Anforderungen an Verpackungen, Transport und Lagerung verändern und die Logistik der Betriebsstoffe muss sich rechtzeitig anpassen. Die Betankungs- und Wartungssysteme müssen die veränderten Betriebsanleitungen schnell umsetzen. Es werden neue und verschiedene Beförderungsmethoden, Abgabesysteme etc. entwickelt, die den Einsatz von modernisierten Betankungs- und Wartungsfahrzeugen sowie Zubehör erfordern. Das Personal muss rechtzeitig auf die neuen Logistiksysteme ausgebildet werden, damit Betriebsfehler vermieden werden.

5.4.2 Telematiksysteme

Wie bereits mehrfach erwähnt, werden Telematiksysteme ein integraler Bestandteil des Baumaschinenbetriebs in naher Zukunft sein. Die Funktionsweise eines Telematiksystems und ihre Anwendungsmöglichkeiten wurden unter Punkt 2.4.3 erläutert. Die gegenwärtigen Telematiksysteme für Baumaschinen brauchen noch Verbesserung in manchen Aspekten. Dieser Bereich entwickelt sich sehr schnell in den letzten Jahren und bald werden die Probleme und die Schwierigkeiten bei dem Einsatz von Telematiksystemen im Baumaschinenbetrieb gelöst sein. Allmählich werden diese Systeme nicht nur in großen, sondern auch in Mittel- und Kleinbauunternehmen eingeführt.

Mit dem Einsatz von Telematiksystemen werden die papierbasierten Prozesse im Baumaschinenbetrieb (Datensammlung, -verarbeitung und Controlling) völlig wegfallen und durch digitale Datenbanken ersetzt. Dies wird die von Personen ausgeführten Tätigkeiten stark reduzieren und auf diese Weise kann die Effizienz wesentlich gesteigert werden. Die alltägliche Koordination und Steuerung der Arbeitsprozesse auf einer Baustelle, die vorher mit zahllosen Telefonaten und persönlichen Gesprächen durchgeführt wurden, werden wesentlich erleichtert. Die Planung von Betankung und Wartung kann direkt vom Büro oder Werkstatt erfolgen. Außerdem werden die Telematiksysteme die Logistikplanung für die Betriebsstoffe wesentlich verbessern. Die Vorausplanung von Zustellungen von neuen Betriebsstoffen sowie Schmierstoffwechsel und Altölersorgung kann automatisch erfolgen, was die Koordination der verschiedenen Prozesse optimiert und die Aufgaben von den verantwortlichen Personen erleichtert.

6 Literaturverzeichnis

Bücher

- BERNER (et al.): Grundlagen der Baubetriebslehre 1 – Baubetriebswirtschaft, 2007
- GEITMANN: Alternative Kraftstoffe, 2008
- GRUDEN: Umweltschutz in der Automobilindustrie, 2008
- GUDEHUS: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 2005, S.13
- HOFSTADLER: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, 2007
- HÖPKE (et al.): Maschinen, Fahrzeuge und Betriebsstoffe im Bauwesen, 1991
- KÖNIG: Maschinen im Baubetrieb - Grundlagen und Anwendung, 2008
- ÖBGL 2015: <http://www.bgl-online.info/BGL/frameset.html?start=1>, 01.2015
- REIF: Dieselmotor-Management, Systeme, Komponenten, Steuerung und Regelung, 2012
- SCHACH (et al.): Baustelleneinrichtung, 2011

Zeitschriften

- ATZ offhighway, Artikel: Energieeffiziente Antriebe für Bau- und Landmaschinen, März 2013,
- ATZ offhighway, Burow: Hybridantrieb für mobile Arbeitsmaschinen, 03.2009
- ATZ offhighway, Kliffken (et al.): Kosten bremsen und Umwelt schonen mit hydraulischem Hybridantrieb, 03.2009 Sonderausgabe
- ATZ offhighway, Kunze: Mobile Baumaschinen, Entwicklungen und Forschungsschwerpunkte 03.2013,
- ATZ offhighway, Rosefort: Integrative Konzepte zur Emissionsreduzierung und Abgasnachbehandlung, 07.2013
- ATZ offhighway, Ulrich: Elektrische Antriebslösungen werden nicht gefordert, 10.2012
- tHIS, Dipl.-Ing. H.H. Cohrs: Telematik für Baumaschinen aus der Ferne betrachtet, 10.2012
- tHIS: Flottenmanagement 2.0 Flottengewinne, 02.2012
- TIEFBAU, 1/2009, Zimmermann (et al.): Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung,

Gesetze, Normen, Vorschriften

- ABFALLHANDBUCH, April 2012: www.dalaas.at, S. 27, 02.2015
- Abfallwirtschaftsgesetz 2002, §16 (3)
- EN 15293:2014-05-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge - Ethanol (E85) Autokraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren
- EN15376:2014-12-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge - Ethanol zur Verwendung als Blendkomponente in Ottokraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren

Festsetzungsverordnung 1997; Anlage 1 Verzeichnis gefährlicher Abfälle

Kraftstoffverordnung 2012, § 2 Begriffsbestimmungen

ÖNORM B 2061:1999 09 01 Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm,

ÖNORM B 2061:1999 09 01:Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm

ÖNORM EN 14214:2014 04 01 Flüssige Mineralölerzeugnisse – Fettsäure-Methylester (FAME) zur Verwendung in Dieselmotoren und als Heizöl – Anforderungen und Prüfungen

ÖNORM EN 228:2013-01-01 Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Unverbleiter Ottokraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren

ÖNORM EN 590: 2014-05-01 Kraftstoffe für Fahrkraftzeuge – Dieseldieselkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren

ÖNORM EN ISO 9000: 2014 09 01 Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe

ÖNORM EN ISO 9000: 2014 09 01 Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe

Richtlinie 97/68/EG (letzte Änderung mit Richtlinie 2012/46/EU)

Verordnung über brennbare Flüssigkeiten:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10007156/VbF%2c%20Fassung%20vom%2012.01.2015.pdf>

Verordnung über die Verfahren für Lagerung von gefährlichen chemischen Stoffen und Gemischen

WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH (WKO): Merkblatt für eine Betriebstankstelle (Dieseldieselkraftstoff), Stand 10/2011, wko.at, S.3

WKO, Geschäftsstelle Bau: Merkblatt für die Beförderung von Dieseldieselkraftstoff zu Baustellen, Stand ADR 2013

Berichte

CATERPILLAR: Betriebs- und Wartungshandbuch , 01.2009

HABAU Hoch- und Tiefbau GmbH: Umbau Knoten Prater - Project Key Facts, 01.2015

HABAU: Bericht Geräte – Präsentation, 2015

LVA 315.227 Kraft- und Schmierstoffe, alternative Kraftstoffe, 11.2013, Folie 108

Online-Quellen

Agriaffaires Blog: <http://blog.agriaffaires.de/2012/09/05/eu-abgasnormen-landmaschinen/>, 12.2014

ARAL AG: <http://www.aral-lubricants.de/know-how/schmierstoff-wissen/additive/arten-von-additiven/>, 01.2015

Arbeitsinspektion:

https://www.arbeitsinspektion.gv.at/AI/Arbeitsstoffe/explosionsgefahrlche/brand_050.htm, 01.2015

ASFiNAG: http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/wien/-/asset_publisher/1_46044/content/a-23-sudosttangente-wien-umbau-knoten-prater, 01.2015

- ATU Meisterwerkstatt: <http://www.atu.de/pages/werkstatt/unsere-werkstatt/oel-lexikon-getriebeoel.html>, 01.2015
- Berger Maschinen GmbH & Co KG: Katalog Tankstationen und Tankanlagen, S.132, http://www.berger-maschinen.at/media/files/Tankstationen_Tankanlagen.pdf, 01.2015
- bioltec systems GmbH: <http://www.bioltec.de/index.php?hp=633>, 12.2014
- Bundesvereinigung Logistik: <http://www.bvl.de/wissen/logistik-defintionen>, 01.2015
- CHEMIE.DE Information Service GmbH: <http://www.chemie.de/lexikon/Schmierstoff.html>, 01.2015
- Emtec Tankanlagen GmbH: Fachbegriffe für Lagerung und Transport, 01.2015
- Energiepoint Forum: <http://forum.energienpoint.de/post9906.html>, 12.2014
- EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:31998L0070>, 01.2015
- EUROPÄISCHE KOMMISSION:
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/documents/legislation/emissions-non-road/index_en.htm, 01.2015
- fahrzeugbilder.de/bild/LKW~MAN~Tankaufbau/94801/man-als-tankfahrzeug-verl228sst-einebaustelle.html, 01.2015
- HEIZÖL-DIESEL-PELESKA: <http://www.heizoel-diesel.at>, 01.2015
- <http://pflanzenoele.blogspot.co.at/2008/07/baumaschinenbetrieb-mit-pflanzenl.html> ,12.2014
- http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Wasser_und_Boden/Lagerung_wassergefaehrdender_Stoffe.html, 01.2015
- <http://www.noen.at/nachrichten/lokales/aktuell/mistelbach/Spatenstich-soll-ein-Volksfest-werden;art2689,442754>, 02.2015
- <http://www.skf.com/at/products/lubrication-solutions/lubricants/understanding-grease-technical-data/index.html>, 01.2015
- Kfz-Technik: <http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/abgas/abgasrueckfuehrung.htm>, 07.2015
- Kühlerbau Schneider GmbH & Co. Betriebs- KG:
http://www.kuehlerschneider.de/de/pdf/motor_kuehlsystem.pdf, 01.2015
- Lubrizol corporation: <https://www.lubrizol.com/DrivelineAdditives/OffHighway/UTTO/default.html>, 01.2015
- Matik AG: <http://www.matik.ch/de/betriebsstoffe/>, 02.2015
- Michael Haan Unternehmensgruppe: http://www.michael-haan-unternehmensgruppe.de/mobile_werkstatt.html#, 03.2015
- NÖ Landesverwaltung: http://www.noe.gv.at/bilder/d32/B_40_B_46_UF_Mistelbach_Plan.jpg, 02.2015
- ottomotor.info, 01.2015
- PATZER VERLAG:
<https://patzerverlag.de/Shop/Produkte/Formulare/tabid/82/ProductID/37/Default.aspx>, 12.2014

Piusi S.p.a.: <http://www.piusi.com/sheets/PIUSI-PICO-ifd.pdf>, 01.2015

Robert Aebi AG: http://www.robert-aebi.com/domains/robert-ebi_com/data/free_docs/,01.2015

SKF: <http://www.skf.com/de/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/principles/lubrication/lubricant-storage/index.html>, 02.2015

SPRINGER: <http://www.springerprofessional.de/eth-forscher-entwickeln-erdgas-diesel-hybridmotor/4708110.html>, 12.2014

VOLKSWAGEN: <http://www.volkswagen.de/de/technologie/technik-lexikon/scr-katalysator.html>, 07.2015

WIENER LINIEN: https://www.wienerlinien.at/media/files/2014/u1ausbaufolder_119666.pdf, 01.2015

Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hydraulik> , 11.2014

ZEITSCHRIFT „LANDWIRT“: <http://www.landwirt.com/gebrauchte,697459,Addinol-Mehrbereichs-Motoroel-10-W-40.html>, 02.2015

ZEPPELIN Baumaschinen GmbH: Datenblatt 320E, <http://www.zeppelin-cat.de/produkte/bagger/cat-kettenbagger-13-bis-40-t.html>, 01.2015

7 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1: Gruppen von Baugeräten | 4 |
| Tabelle 2: Wartungsmaßnahmen..... | 16 |
| Tabelle 3: Einfluss der wichtigsten Kenndaten von Dieselkraftstoff auf Motorbetrieb und Emission | 20 |
| Tabelle 4: Allgemein anwendbare Anforderungen für Dieselkraftstoff..... | 21 |
| Tabelle 5: Anforderungen für einen unverbleiten Ottokraftstoff | 21 |
| Tabelle 6: Allgemeine Anforderungen an Biodiesel | 25 |
| Tabelle 7: Eigenschaften von Bioethanol | 26 |
| Tabelle 8: Vergleich des Energiegehalts von Erdgas, Benzin und Diesel..... | 27 |
| Tabelle 9: Vergleich verschiedener Energieträger | 29 |
| Tabelle 10: Emissionsgrenzwerten – Stufe IV / Tier 4 final | 30 |
| Tabelle 11: Viskositätsklassen J300 von Motorölen nach SAE..... | 35 |
| Tabelle 12: Lagerung geringer Mengen brennbarer Flüssigkeiten gemäß VbF §66 und §67..... | 42 |
| Tabelle 13: Verbräuche gängiger Großgeräte auf Baustellen..... | 61 |
| Tabelle 14: Betrieb von Baggern und Radlader mit einem vollen Tank..... | 62 |
| Tabelle 15: Bestandteile eines Betankungssystems..... | 64 |
| Tabelle 16: Bestandteile eines Logistiksystems von Schmierstoffen..... | 71 |
| Tabelle 17: Projektdaten – Umbau Knoten Prater..... | 77 |
| Tabelle 18: Baugeräteliste (Baustelle „Umbau Knoten Prater“)..... | 80 |
| Tabelle 20: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Umbau Knoten Prater“..... | 82 |
| Tabelle 21: Baugeräteliste von Koller GmbH..... | 85 |
| Tabelle 22: Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“ | 87 |
| Tabelle 23: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“ | 89 |
| Tabelle 24: Beschreibung der Bauabschnitte | 91 |
| Tabelle 25: Geräteliste der ARGE HABAU-Gebr. HAIDER | 93 |
| Tabelle 27: Bestandteile des Betankungssystems auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“..... | 95 |
| Tabelle 28: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“ | 96 |
| Tabelle 29: Gliederung des Projektes Umbau und Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad..... | 99 |
| Tabelle 30: Projektkennndaten - Umbau und Elektrifizierung der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad | 99 |
| Tabelle 31: Liste der großen Baumaschinen von Moni 07..... | 100 |
| Tabelle 32: Bestandteile des Betankungssystems von „Moni 07“..... | 101 |
| Tabelle 33: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens „Moni 07“ | 103 |
| Tabelle 34: Liste der Oberbaumaschinen..... | 105 |
| Tabelle 35: Liste der Baugeräte (Eigenbaugeräte) | 106 |
| Tabelle 36: Bestandteile des Betankungssystems von PORR Bau, Baustelle „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ | 108 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 37: Bestandteile des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens PORR Bau, Baustelle Bahnlinie „Harmanli – Svilengrad“..... | 110 |
| Tabelle 38: Liste der besuchten Baustellen | 112 |
| Tabelle 39: Vergleich der logistischen Systeme aller besuchten Baustellen | 113 |

8 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Vielfalt von mobilen Baumaschinen | 4 |
| Abbildung 2: Schema eines Vierzylinder-Dieselmotors ohne Hilfsaggregate | 8 |
| Abbildung 3: Schematische Darstellung einer einfachen Hydraulikanlage mit einem Zylinder | 9 |
| Abbildung 4: Beispiel eines Hybridsystems | 11 |
| Abbildung 5: Struktur des Maschinenmanagements des Bauunternehmens HABAU GmbH | 13 |
| Abbildung 6: Inhaltshaltungsmaßnahmen..... | 14 |
| Abbildung 7: Beispiel für Maschinen-Tagesbericht | 17 |
| Abbildung 8: Bestandteile und Funktionsweise eines Telematiksystems | 18 |
| Abbildung 9: Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für Industriemotoren | 30 |
| Abbildung 10: Globale Emissionsgesetzgebung für Industriemotoren | 31 |
| Abbildung 11: Aufgaben einer Hydraulikflüssigkeit | 34 |
| Abbildung 12: Darstellung eines Logistiksystems | 47 |
| Abbildung 13: Organisation und Aufgaben der Unternehmenslogistik | 49 |
| Abbildung 14: Teilbereiche der Baulogistik..... | 50 |
| Abbildung 15: Baulogistikaufgaben der Planungsphasen | 54 |
| Abbildung 16: Baulogistikkonzept: Basis – Entwicklung - Ergebnisse..... | 55 |
| Abbildung 18: Umfüllungspumpe mit Zählwerk..... | 57 |
| Abbildung 19: Mobile Tankanlage bei Betankung einer Maschine | 58 |
| Abbildung 20: Aufsetztank, montiert auf einem Transporter | 59 |
| Abbildung 21: Tankfahrzeug..... | 59 |
| Abbildung 22: Beispiel einer oberirdischen Betriebstankanlage..... | 60 |
| Abbildung 23: Elementare Netzstrukturen | 64 |
| Abbildung 24: Struktur eines Betankungssystems – Betankung mit Sternstruktur | 66 |
| Abbildung 25: Lagercontainer für Bau- und Betriebsstoffe..... | 69 |
| Abbildung 26: Verpackungsarten von Schmierstoffen | 69 |
| Abbildung 27: Ausrüstung eines Servicewagens | 70 |
| Abbildung 28: Struktur eines Schmierstofflogistiksystems ohne Zwischenlagerung auf der Baustelle | 72 |
| Abbildung 29: Struktur eines Schmierstofflogistiksystems mit Lagerung auf der Baustelle | 73 |
| Abbildung 30: Layout und Umfang des Projektes | 77 |
| Abbildung 31: Umbau Knoten Prater: Stand 01.2015 | 78 |
| Abbildung 32: Übersicht Baustelleneinrichtungsplan | 79 |
| Abbildung 33: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Umbau Knoten Prater“..... | 81 |
| Abbildung 34: Neue Stationen der U-Bahnlinie U1 | 83 |
| Abbildung 35: Übersichtslageplan – Bauabschnitt U1/14..... | 84 |
| Abbildung 36: Übersichtslageplan – Bauabschnitt U1/15..... | 84 |
| Abbildung 37: Bauarbeiten in Abschnitt U1/14 (Stand 29.01.2015) | 85 |
| Abbildung 38: Lieferschein für die Betankung am 29.01.2015 | 86 |
| Abbildung 39: Mobile Tankanlage | 87 |
| Abbildung 40: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Verlängerung der U-Bahnlinie U1“ | 88 |
| Abbildung 41: Umfang des Projektes Umfahrung Mistelbach | 90 |
| Abbildung 42: Bauabschnitte - Umfahrung Mistelbach | 91 |
| 92 | |
| Abbildung 43: Lageplan Baustelleneinrichtung | 92 |
| Abbildung 44: Tankwagen MAN mit Fassungsvermögen 10.500 l..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 45: Struktur des Betankungssystems der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“ | 95 |
| Abbildung 46: Struktur der Schmierstofflogistik auf der Baustelle „Umfahrung Mistelbach“ | 97 |
| Abbildung 47: Lage der Bahnlinie Harmanli – Svilengrad | 98 |
| Abbildung 48: Schema der neuen und der alten Bahnstrecke | 99 |
| Abbildung 49: Betankungsfahrzeug von „Moni 07“ | 100 |
| Abbildung 50: Struktur des Betankungssystems von „Moni 07“ | 102 |
| Abbildung 51: Auszug aus dem Baustelleneinrichtungsplan für den Bahnhof Svilengrad | 104 |
| Abbildung 52: Schmierstoffmagazin – Bahnhof Svilengrad..... | 105 |
| Abbildung 53: Gleisbau-Oberbaumaschine (hier eine Stopfmaschine) | 106 |
| Abbildung 54: Baumaschinen (hier Zwei-Wege-Bagger und Baggerlader) | 106 |
| Abbildung 55: Tankwagen mit Fassungsvermögen 10.400 l | 107 |
| Abbildung 56: Betankungsbericht vom Tankwagen | 108 |
| Abbildung 57: Struktur des Betankungssystems von PORR Bau – Baustelle „Bahnlinie Harmanli – Svilengrad“ | 109 |
| Abbildung 58: Struktur des Logistiksystems von Schmierstoffen des Unternehmens PORR Bau, Baustelle Bahnlinie „Harmanli – Svilengrad“ | 111 |