

Master –Thesis

Kurzfassung

vorgelegt von

Marcel Wreczycki

Die geschichtliche Entwicklung verschiedener Pfahltypen verdeutlicht, dass gerade in den letzten Einhundert Jahren eine zunehmende Spezialisierung ihren Einzug in den Bereich der Pfahlgründungen gehalten hat.

Mit steigenden Lasten, immer komplizierteren Konstruktionen, sowie neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Baustoffkunde bediente man sich verschiedener Materialien und Verfahrenstechniken, die mit ihren Eigenschaften den heutigen zum Teil sehr individuellen Anforderungen in jeder Hinsicht gerecht werden. Zudem darf in der heutigen Zeit die Planung von Pfahlgründungen nicht nur allein unter den Gesichtspunkten der Konstruktion und Festigkeitslehre betrachtet und vollzogen werden. Vielmehr muss sie sich im Einklang mit den wirtschaftlichen Aspekten und dem Kosten-Nutzen-Gedanken einer speziell zu bewältigenden Pfahlgründungssituation befinden. Diese Herausforderungen verlangen vom heutigen Ingenieur und Planer interdisziplinäre Kenntnisse, die sich in einer T-Struktur fachübergreifend sowohl in die Breite wie auch in die Tiefe erstrecken. Dies versetzt ihn letztlich in die Lage ein optimal abgestimmtes Pfahlgründungssystem für eine spezielle Situation zu kreieren, und verleiht dem Begriff der Planung als Mittel der vorweggenommenen Willensbildung seinen Inhalt.

Das Ziel dieser Arbeit war neben der detaillierten Dokumentation des Herstellungsverfahrens für Atlas-Pfähle, eine Analyse und Sichtung der Bohrdaten, die vom installierten Messdatenerfassungssystem „TARALOG“ im Laufe der Jahre aufgezeichnet wurden. Mit Hilfe dieser Daten sollten verschiedene Möglichkeiten zu deren weiterer Verwendung ergründet werden. Unter anderem sollten die Möglichkeit untersucht werden, Prognosen für die zeitliche Dauer künftiger Bohrvorgänge anzustellen.

Doch schon bei der ersten stichprobenartigen Sichtung der Daten zeigten sich eklatante Fehler in der Erfassung, die sich in minimalen und maximalen Spitzenwerten zeigten. Da diese fehlerhafte Datenaufzeichnung so gut wie bei jedem Pfahl auftrat, war das empirische Daten-Rohmaterial für eine statistische Auswertung weitestgehend unbrauchbar. Ebenso im Verborgenen blieben die Ursachen für die fehlerhafte Datenaufzeichnung.

Um die kontaminierten Datensätze im Nachhinein von ihren Fehlern zu befreien und zu säubern, mussten die Ursachen die zu deren Entstehung führten identifiziert werden. Zu diesem Zweck wurde das Herstellungsverfahren einer Prozessanalyse unterzogen, und parallel zur Datenanalyse nach dem Top-Down-Verfahren vom Groben ins Kleine heruntergebrochen. In Anlehnung an die Aufgabenstellung wurde das Verfahren in vier Hauptarbeitsphasen unterteilt. Dieser Unterteilung folgte eine weitere in einzelne Aktivitäten. Die Unterteilung wurde als Prozesskette visualisiert. Die einzelnen Phasen des Herstellungsverfahrens wurden mit der Datenaufzeichnung in Beziehung gesetzt, um die Fehlerquellen herauszukristallisieren. Diese Fehlerquellen waren sowohl menschlichen Ursprungs, sowie auch in der Maschinenteknik und der Sensorik des Erfassungssystems zu finden.

Die Prozessanalyse des Herstellungsverfahrens erfolgte durch Beobachtungen des Herstellungsprozesses auf der Baustelle und Befragungen verschiedener Fachkräfte. Gesichtet wurden dabei die Aufzeichnungen der Jahre 2006 und 2007 mit 74 Bauvorhaben und insgesamt 10178 Pfählen. Dies geschah - der Software des Anbieters gehorchend - in zwei Stufen.

Das massive Auftreten von Spitzenwerten (Peaks o. Ausreißer) ließ sich nach diesem Prozess auf drei Hauptursachen zurückführen, von denen zwei hausgemacht und als falsche Werte zu betrachten waren. Die dritte Hauptursache ist als ein durch den Baugrund gegebener Einfluss anzusehen und kann nicht als fehlerhafte Datenaufzeichnung gewertet werden. Diese Hauptursachen zogen weitere Ursachen für fehlerhafte Datenaufzeichnung nach sich.

Eine Gliederung der Fehlerquellen finden Sie als Organigramm im Anhang.

Der Prozess der Fehleranalyse würde den 5-Seiten-Rahmen dieser Kurzfassung sprengen. Dazu empfehle ich Ihnen sich bitte das Kapitel „Identifikation von Fehlerquellen“ in der Thesis anzuschauen. In diesem sind unter anderem die visuellen Charakteristika zur

leichteren Identifikation der Fehler in Diagrammen dargestellt, und der Bezug zum Herstellungsverfahren aufgeführt.

Nach der Identifikation der einzelnen Fehlerquellen wurden eine Reihe von Lösungsvorschlägen von mir unterbreitet, um künftige Daten fehlerfrei aufzeichnen zu können. Diese entnehmen Sie bitte auch der Thesis.

Trotz der Identifikation einer Reihe von Ursachen konnten nicht alle fehlerhaften Datenaufzeichnungen erklärt werden. Die Ursache für deren Aufkommen wird von mir in einem Fehler in der Software des Messdatenerfassungssystems vermutet.

Die Untersuchungen um Möglichkeiten für eine zeitliche Prognose für künftige Bohrvorgänge anstellen zu können wurden den beiden Stufen der Datensichtung zugeordnet.

### **STUFE I**

Datensätze gebündelt als ganze Bauvorhaben im Durchschnitt analysiert

### **STUFE II**

Datensätze im Einzelnen als Pfahl analysiert

### **STUFE I**

- Daten gebündelt und synthetisiert zu Vertragsnummern / Bauvorhaben
- Analyse der Parameter:
  - Bohrzeit,
  - Betonierzeit,
  - Gesamtherstellungszeit,

angegeben als:

- Durchschnittswert,
- Minimalwert,
- Maximalwert,
- Gesamtanzahl (Stück /Meter),

aller Datensätze (Pfähle) einer gebündelten Vertragsnummer.

- Konzeption eines Programms zur:
  - Rechnungserstellung
  - Prognose von Herstellungszeiten
  - Baustellencontrolling
  - Herstellungsnachweis

### **STUFE II**

- Betrachtung einzelner Datensätze (Pfähle)
- Analyse der Parameter:
  - Zeit

- Bohrfortschritt
- Vergleich unstimmgiger Datenaufzeichnung mit den Phasen des Herstellungsverfahrens.
- Herausarbeiten der Ursachen für fehlerhafte Datenaufzeichnung in Verbindung mit Lösungsvorschlägen.
- Untersuchung von Prognosemöglichkeiten unter Zuhilfenahme einer Regressionsanalyse
- Herausarbeiten der Nettoboehrzeit für vergleichende Untersuchungen mit den Werten der Drucksondierung

**Stufe I** beinhaltet die Sichtung ganzer Vertragsnummern bzw. Bauvorhaben mit den Angaben der verschiedenen Herstdauern bezüglich Bohrung, Betonierung und Gesamtherstdauer einzelner Pfähle, sowie den Durchschnittsangaben ganzer Bauvorhaben.

Aus dieser Stufe entspringen Daten, die man über das Programm des Anbieters einer Synthese unterziehen und als EXCELL - Datei auslagern kann. Die in dieser Form gebündelten Daten eignen sich für eine weitergehende Programmierung, die dem Anwender in einem Netzwerk folgendes gestattet.

- Unterstützung bei der Abschätzung von Herstellungszeiten durch abrufen von Aufwandswerten als Faktoren

Die bisherige Ermittlung von Aufwandswerten für die Abschätzung der Pfahlherstellungszeiten erfolgt auf zweierlei Weise.

Die erste Methode basiert auf der Grundlage bereits realisierter Tiefengründungen, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft der zu tätigenen befinden. Dabei werden Bauakten dieser Bauvorhaben gesichtet, und die Vergleichbarkeit bzw. die Übertragbarkeit der tatsächlichen Aufwandswerte geprüft.

Die zweite basiert gänzlich auf der Sachkunde und dem Erfahrungsschatz der kalkulierenden Verantwortlichen. Dabei wird im Schnitt mit 120m Tagesleistung für eine Atlas-Kolonne bei durchschnittlicher Pfahllänge gerechnet.

Mit den Aufzeichnungen der verschiedenen Parameter der letzten Jahre, existiert nun ein ständig wachsender und sich erweiternder Datensatz, der durch wenige simple Rechenoperationen zu – in Frage kommenden – Aufwandswerten verarbeitet werden kann. Diese, in übersichtlicher Form zusammengestellt, bieten zumindest eine schnelle Alternative zur mühseligen und zeitraubenden Sichtung von alten Bauakten.

- Baustellencontrolling
- automatische Rechnungserstellung

Über eine Schnittstelle kann man die Herstdaten mit einem Kalkulationsprogramm koppeln und die Werte einfließen lassen bzw. abrufen.

- Generierung von Herstellungsnachweisen

Bei entsprechender Standardisierung von Herstellprotokollen können diese automatisch erstellt werden.

Durch die Möglichkeit der Fernübertragung der Daten von der Baustelle an das Büro via Internet, kann dieser Ablauf bei entsprechender Programmierung völlig autark und automatisch vonstatten gehen.

Die Möglichkeiten einer solchen Programmierung wurden mit einem Informatiker diskutiert und für praktikabel befunden.

Um die Informationen für die Funktionsweise eines solchen Programms zu erhalten, schauen Sie sich bitte das entsprechende Kapitel in der Thesis an.

**Stufe II** umfasste die Sichtung einzelner Pfähle und deren Parameter.

In dieser detaillierteren Datenauflösung wurde die Möglichkeit untersucht, auf der Grundlage einer multiplen Regressionsanalyse Zeit-Daten aus den Werten der Drucksondierungen zu prognostizieren.

Dieses statistische Analyseverfahren scheitert allerdings an der bestehenden Kontamination der Datensätze. Eine Prämisse der Regressionsanalyse ist ein Ausreißerfreier Datensatz und unabhängige Variablen. Allein die maschinentechnische Seite bringt eine Vielzahl an Variablen mit sich, die nicht alle Unabhängigkeit darstellen.

Ein weiterer Bestandteil dieser Thesis war ein Vergleich des erfassten Parameters Zeit mit den Spitzendruckwerten einer Drucksondierung. Dies geschah bei zwei unterschiedlichen Bauvorhaben mit unterschiedlichen Baugrundverhältnissen.

Die für die vergleichenden Untersuchungen herangezogenen Daten stammen von den Bauvorhaben Prologis Logistikhallen an der Bredowstraße, und dem Partikel Therapie Zentrum an der Feldstraße in Kiel.

Die Pfähle an der Bredowstraße wurden mit den Geräten der alten Generation hergestellt. Die an der Feldstraße hingegen mit denen der neuen Generation, die über eine load-sensing-Steuerung verfügen, und somit eine gleich bleibende Beaufschlagung der Motoren aufweisen.

Dabei wurden die Spitzendruckwerte verschiedener Drucksondierungen mit dem Lineal abgegriffen, und der Einflussbereich auf den Pfahlplänen abgezirkelt. Die sich in diesem Einflussbereich befindlichen Pfähle wurden den Drucksondierungen zugeordnet, und mit dem Parameter Zeit verglichen. Die fehlerhaften Daten des Parameters Zeit wurden vorab korrigiert und gesäubert, was einige Zeit in Anspruch nahm. Dies geschah unter Zuhilfenahme des Programms EXCELL.

Die Ergebnisse wurden in Diagrammen zusammengestellt, wobei aus jedem Vergleich zwei Diagramme generiert wurden. Die Diagramme zeigen die Werte des Bohrvorganges.

Das erste Diagramm zeigt den Vergleich bei einem Intervall von 10cm.

Schon bei diesem Vergleich wird ein Trend erkennbar.

Beim zweiten Diagramm wurden die Werte vorab einer Mittelwertbildung unterzogen. Sie zeigen geglättete Daten im 1m Intervall. Aus dieser Glättung wurde bei den meisten Vergleichen ein eindeutiger Zusammenhang festgestellt.

Im Anhang befinden sich einige Beispiele des Bauvorhabens Bredowstraße. Links der Vergleich im 10cm Intervall und rechts im 1m Intervall. Die blaue Linie zeigt die Werte der Drucksondierung, und die rosa Linie die des Parameters Zeit.

Diese Diagramme bilden nur einen kleinen Teil der vergleichenden Untersuchungen.

Die kompletten Daten entnehmen Sie bitte dem Anhang. Diese enthalten auch die Auszüge aus den jeweiligen ASKI-Dateien der Messdatenerfassung.

Bei diesen vergleichenden Untersuchungen zeigten die Daten der Pfähle, die in unmittelbarer Nähe zur Drucksondierung hergestellt wurden eine große Übereinstimmung mit den Daten der Drucksondierung. Dies war insbesondere dort der Fall, wo der Schichtenaufbau bzw. der Schichtenhorizont Gleichmäßigkeit aufwies wie beim Bauvorhaben Bredowstraße. Weitere Untersuchungen bezüglich des Einflussbereiches und des Abstandes eines Pfahles zur Drucksondierung sind notwendig um die Ergebnisse weiter zu verifizieren.

Folgende Aussagen lassen sich nach der Bearbeitung dieses Themas treffen.

## **Zur Qualität der gespeicherten Daten**

Die in der Jean Lutz Datenbank gespeicherten Daten weisen durchgehend Fehler unterschiedlichen Charakters auf.

Die Ursachen für diese Fehler wurden durch die Prozessanalyse zum größten Teil identifiziert.

Die Ursachen für deren Entstehung wurden in geordneter Weise aufgeführt.

Dies macht eine Zuordnung der Fehler und eine Korrektur der kontaminierten Daten weitestgehend möglich.

Vergleiche mit händischen Aufzeichnungen zeigten weitere Unstimmigkeiten, die in einem Fehler in der Software des Messdatenerfassungssystems vermutet werden.

## **Zur Verwendung der Daten**

Nach erfolgter Korrektur der Daten ist eine weitere Verwendung der Daten für verschiedene Zwecke möglich.

Dennoch weisen die Daten ein verstecktes Fehlerpotenzial auf, das Sie für statistische Analyseverfahren mit dem Ziel der Prognose von Herstellungzeiten nur bedingt Einsatzfähig macht.

Unter anderem eignen sich die Daten bei künftiger fehlerfreier Erfassung für die automatische Rechnungserstellung, die Abschätzung von Herstelldauern, und das Baustellencontrolling, sowie als Herstellungsnachweis.

Dies nach entsprechender Programmierung durch einen Informatiker.

## **Zur Aufzeichnung künftiger Daten**

Die während der Fehleridentifikation ausgearbeiteten Lösungsvorschläge vermeiden bei Umsetzung das Auftreten der identifizierten Fehler bei der künftigen Datenaufzeichnung. In einigen Fällen muss allerdings noch die praktikable Umsetzung untersucht werden.

## **Zur weiteren Verwendung des Messdatenerfassungssystems**

In Anbetracht der Tatsache das die Bohrgeräte der neuen Generation mit der speicherprogrammierbaren Steuerung SPS ausgerüstet sind, die durch entsprechende Programmierung und zusätzliche Sensorik den größten Teil der Aufgaben des Messdatenerfassungssystems übernehmen kann, sollte sich das Augenmerk zukünftig darauf richten.

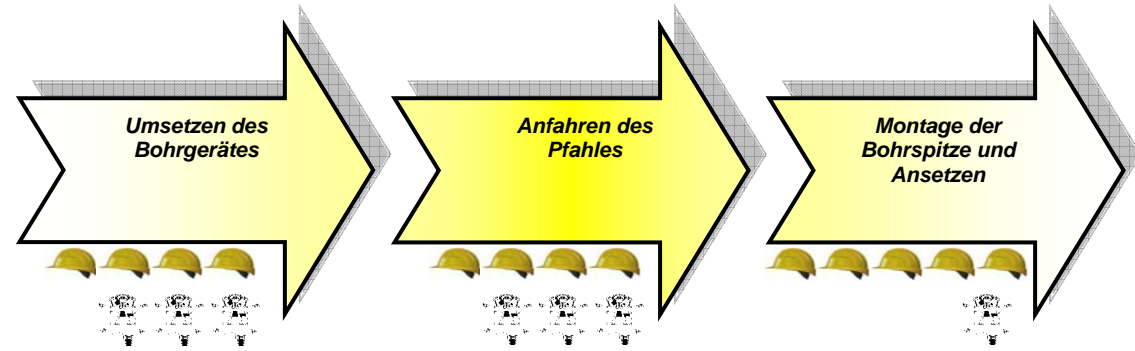
Die Vergangenheit hat gezeigt, dass sich z.B durch sprachliche Barrieren die Serviceleistungen der Firma Jean Lutz nicht in vollem Umfang entfalten können. Zudem sollten bei laufendem Betrieb die Serviceleistungen auch zeitnah erfolgen. Eine Ferndiagnose des Systems wird durch die Firma durch ein Aufschalten in Echtzeit nicht angeboten.

## **Zum Vergleich der Spitzendruckwerte mit den Daten der Aufzeichnung**

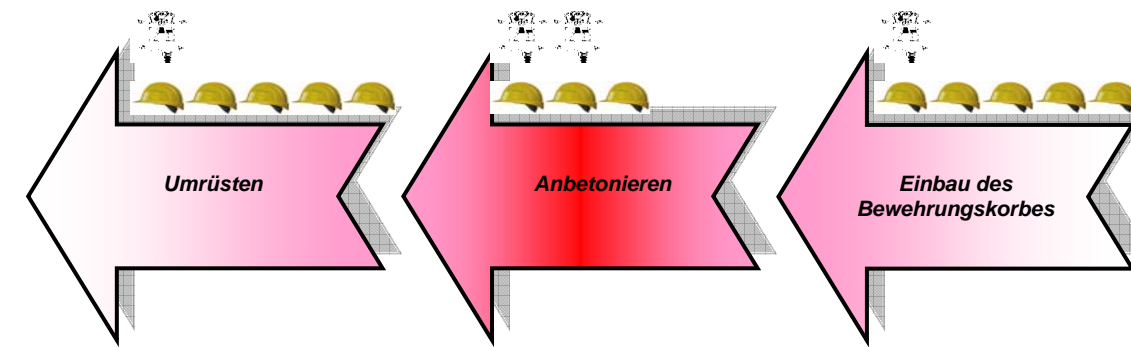
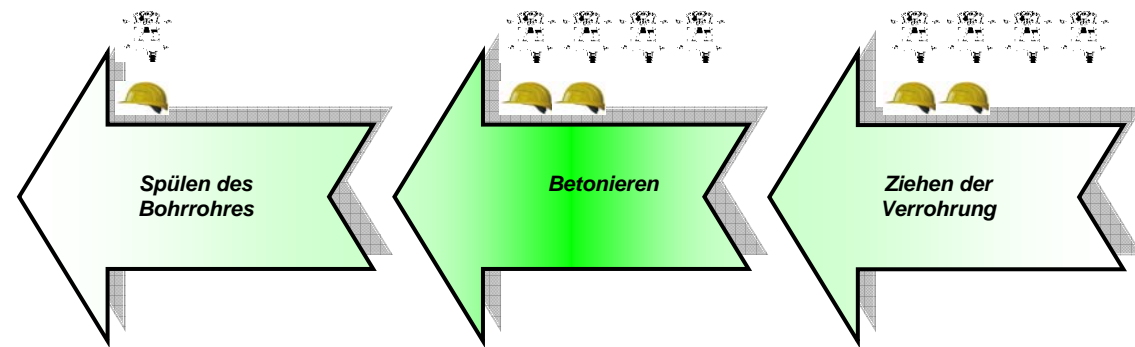
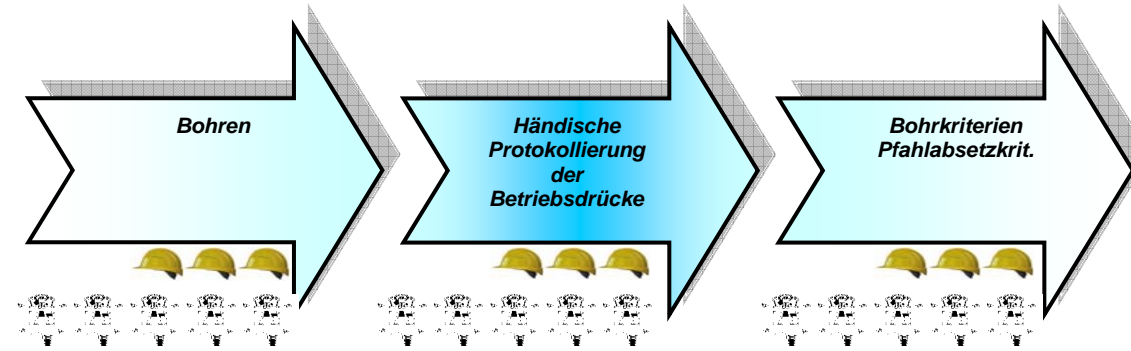
Nach der Generierung der Diagramme aus den ASKI-Dateien der Datenaufzeichnung ist meinem Erachten nach zumindest beim Bauvorhaben Bredowstraße ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Werten der Drucksondierung und den Werten der Datenaufzeichnung festzustellen. Siehe Anhänge CPT Vergleich Bredowstraße.

Ich hoffe, dass ein Blick in die Thesis offene Fragen klären wird.

**Phase I**  
(bodenunabhängig)

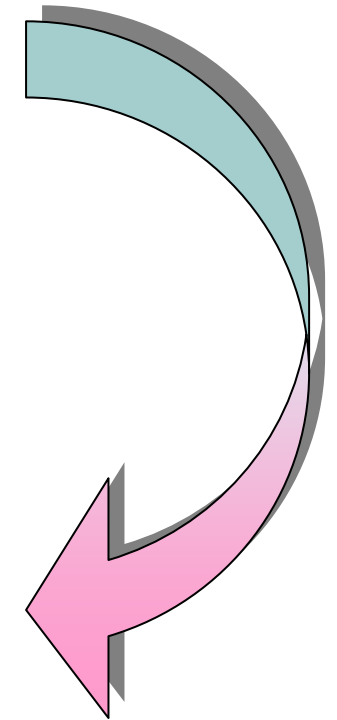


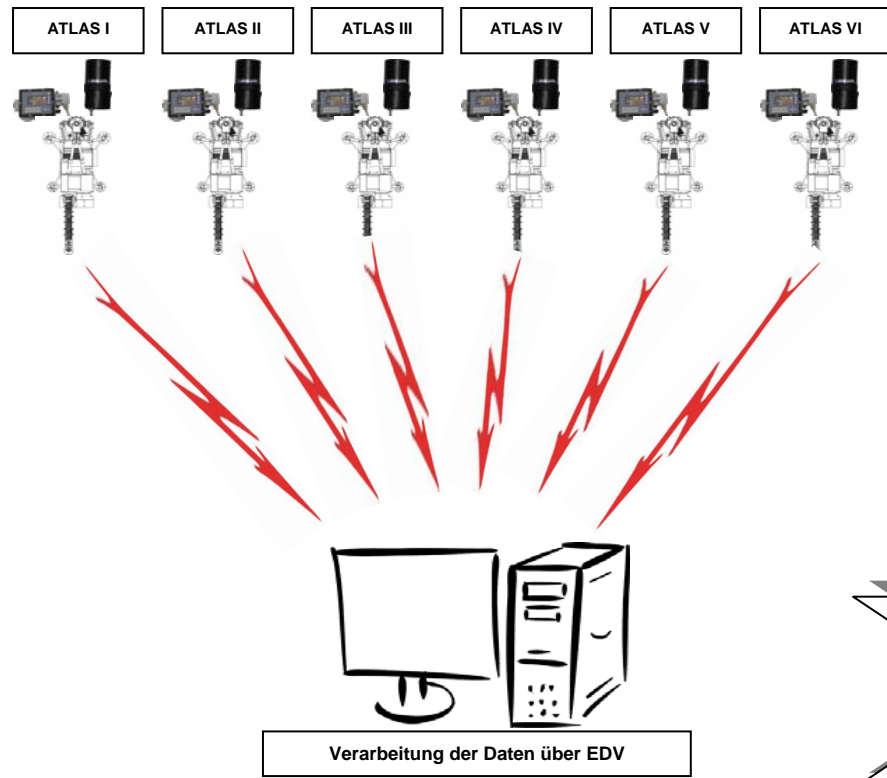
**Phase II**  
(bodenabhängig)



**Phase IV**  
(bodenabhängig)

**Phase III**  
(bodenunabhängig)





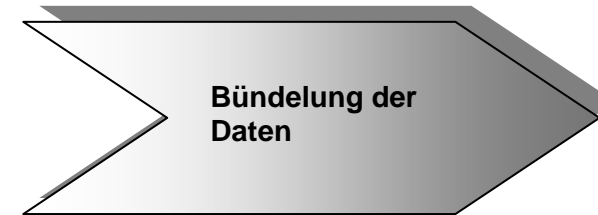
**Voraussetzungen:**

- Einheitliche Eingabeprotokolle
- Fehlerfreie Datenerfassung
- Regelmäßige Datenpflege

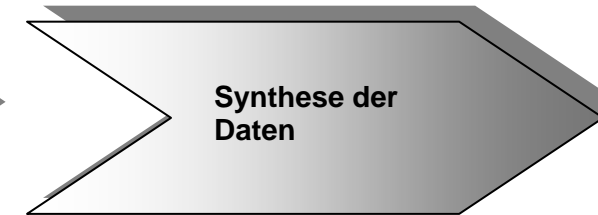
1.



2.



3.



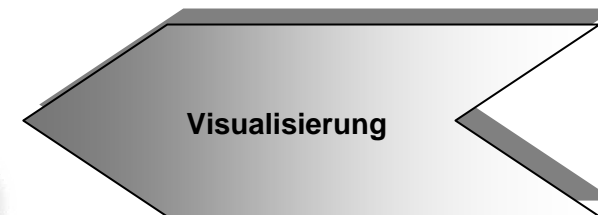
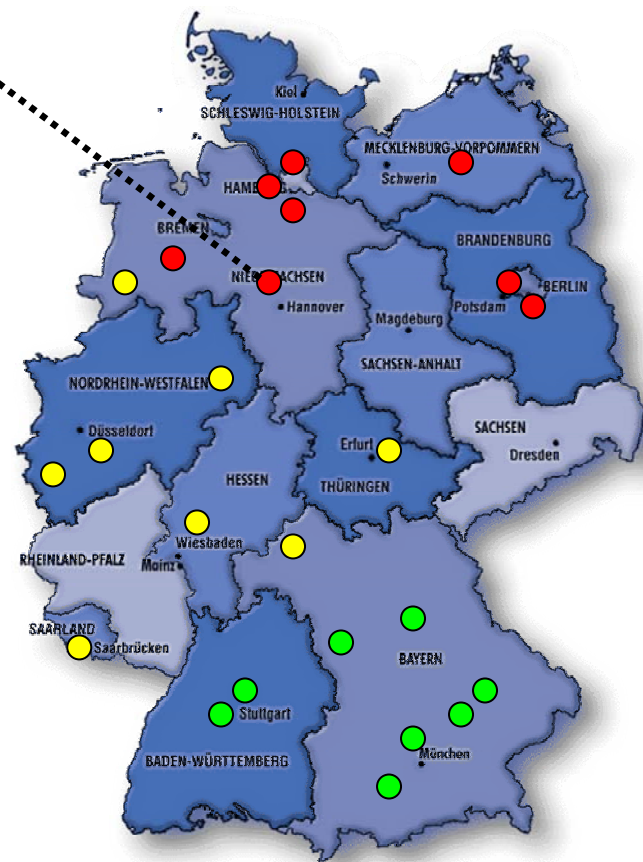
**Daten für Baustellencontrolling**

Vertragsnummer: XXXX  
 BV: MUSTER  
 Status: in Abwicklung  
 Gerät: ATLAS III ●

	Stück	Meter
Ausgeführte Leistung:	98	1274
Noch auszuf. Leistung:	21	273
Durchschnitt. Leistung:	7/T	91/T
Voraussichtliche Dauer:	3T	

98; 82%      21; 18%

Weitere benötigte Angaben nach Abteilung und Wunsch darstellbar



5.

4.



Beispiele PTZ Kiel:

