

Leistungszuweisung in der Sperrmüllabfuhr

Vortrag auf der 17. Fachkonferenz Sammeln, Verwerten und Entsorgen von Sperrmüll

Hamburg, 14. Mai 2019

Prof. Dr. Michael Bräuninger
Dr. Jürgen Peemöller

ETR

Economic Trends Research
Analyse Ökonomischer Trends



DR. PEEMÖLLER GESELLSCHAFT
FÜR IT-RISIKO-MANAGEMENT MBH

Agenda

- **Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen**
- Exkurs BDO-System
- Daten- und Leistungserhebung
- Auswertung Fahrtzeiten
- Auswertung Bearbeitungszeiten
- Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten

Aktuelles Verfahren bei der Planung der Sperrmülltouren

- 7 Kolonnen mit Presswagen (3 MA) und Möbelwagen (2 MA): **TA-Touren**
 - Sollkapazität 75 cbm, zusätzlich 10% Reserve für Sprint-Aufträge
 - Pro Tag ein spez. Abfuhrgebiet, Sprint in ganz HH: SP2
- 10 Kolonnen mit Presswagen (2 MA) und Möbelwagen (2 MA): **ST-Touren**
 - Sollkapazität 75 cbm, zusätzlich 10% Reserve für Sprint-Aufträge
 - Täglich in ganz HH; WoWi, Gewerbe, Sprint: SPW/SPG
- Aufträge werden im Internet oder telefonisch erfasst
 - Genaue Spezifikation der Teile, z.B. Schrank groß oder Schrank klein, die intern in Standard-Kubikmeter umgerechnet werden
- Pro Auftrag werden die **Cbm** mit Zu- oder Abschlägen versehen:
 - Stockwerk: Keller/EG/1./2./3./4. oder höher = 1/0,9/1/1,1/1,2/1,3
 - Fahrstuhl: wie 1. Stock, also 1
 - Laufweg > 50m: 1,1
 - Zerlegeservice: ohne planerische Berücksichtigung
- Die Aufträge werden bis zur Sollkapazität verplant.
- Zusätzlich werden die **KM** ermittelt (Tourenplanung).
- Es erfolgt eine Prüfung, dass die vorgegebene maximale Gesamtarbeitszeit pro Tour nicht überschritten wird.
- Separat: Haushaltsauflösung: Gruppenleiter schätzt (Vor-Ort-Besichtigung)

Welche Zielsetzung hat die Einführung eines Arbeitsrichtwertesystems für die Sperrmüllabfuhr?

Erreichen einer **gerechteren Arbeitsverteilung / realistischeren Planung** durch

- Überprüfung der gegenwärtigen Realitätsabbildung der Planansätze, d.h. Beobachten und Messen des aktuellen Arbeitsverhaltens
- Identifizierung von bisher nicht bzw. nicht optimal berücksichtigten Einflussfaktoren
- ggf. Konzeption und Einführung eines spezifischen BDO-Systems für die Sperrmüllabfuhr (als **Durchschnittswerte für das aktuelle Arbeitsverhalten**)

Vorgehen

- Mathematisch-statistischer Ansatz
- Orientierung des Systems am bei der SRH eingesetzten BDO-System der Müllabfuhr
- Berücksichtigung aller Arbeitsschritte der Sperrmüllabfuhr sowie der örtlichen Gegebenheiten
- Datenerhebung 9 Wochen
- Statistische Auswertung

Agenda

- Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen
- **Exkurs BDO-System**
- Daten- und Leistungserhebung
- Auswertung Fahrtzeiten
- Auswertung Bearbeitungszeiten
- Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten

Vorhersagegenauigkeit der BDO-Arbeitsrichtwerte 1992 und im Bereich Biomüll 2012

■ 1992 Hausmüll*

- 46,7% der Touren mit Plan-Ist-Abweichung +-30 Min
- 79,3% der Touren mit Plan-Ist-Abweichung +-60 Min

■ 2012 Biomüll*

- 66,3% der Touren mit Plan-Ist-Abweichung +-30 Min
- 92,6% der Touren mit Plan-Ist-Abweichung +-60 Min

*ohne Berücksichtigung von Ausreißertouren

Basis war jeweils das Messen und Beobachten **der tatsächlichen Arbeit der Kolonnen vor Ort.**

Hieraus wurden die BDO-Arbeitsrichtwerte als **Durchschnittswerte** der Ist-Arbeit ermittelt.

Grobe Darstellung des mathematischen Verfahrens zur Bestimmung der BDO-Arbeitsrichtwerte

■ Vereinfachter Ansatz:

● **Zeitverbrauch = Aufwand für Fahren + Aufwand für Gefäßarbeit**

● $T = s \cdot x + m \cdot y$, wobei

◆ T ... Gesamtzeit [Min]

◆ s ... Strecke [km]

◆ x ... Geschwindigkeit [Min/km]

◆ m ... Anzahl Gefäße [Gefäß]

◆ y ... Gefäßaufwand [Min/Gefäß]

■ Messung / Beobachtung:

● Tour 1: $410 = 30x + 100y$

● Tour 2: $415 = 50x + 90y$

■ Lineares Gleichungssystem: 2 Unbekannte, 2 Gleichungen, einfach lösbar

$x = 2, y = 3,5$

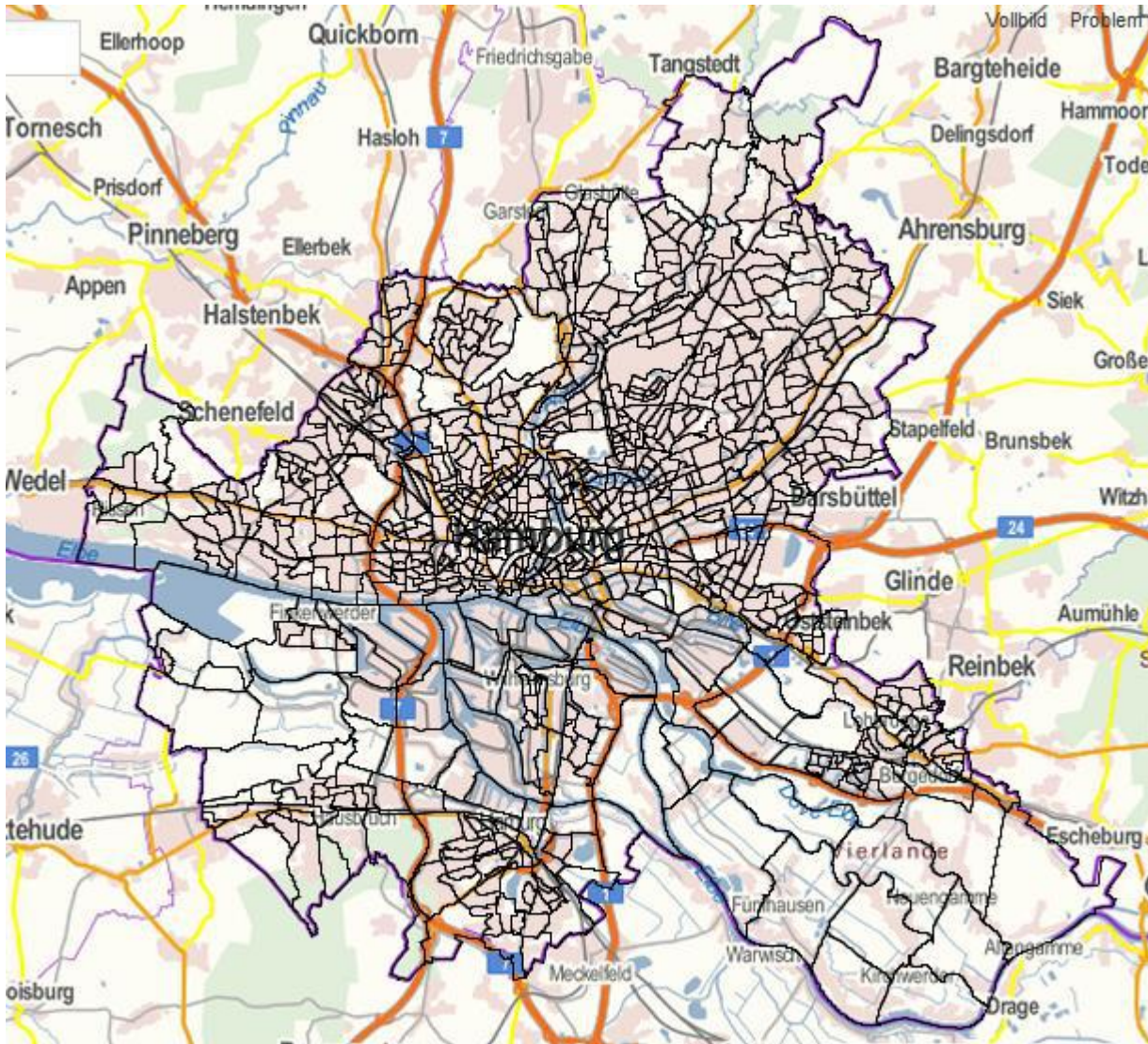
■ Tour 3, 4, 5,

-> Überbestimmtes lineares Gleichungssystem (Lineare Regression)

Weitere Einflußgrößen

- Gefäßgröße (Gebührenklasse)
- Anzahl Kolonnenmitglieder
- 4 Strukturtypen (Statistische Gebiete)
 - Verkehr
 - Verparkung
 - Bebauung
- ...

943 Statistische Gebiete



Zusammenfassung von **nebeneinander liegenden Baublöcken**, die hinsichtlich ausgewählter baulicher und sozialstruktureller Merkmale homogen und damit vergleichbar sind.

Agenda

- Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen
- Exkurs BDO-System
- **Daten- und Leistungserhebung**
- Auswertung Fahrtzeiten
- Auswertung Bearbeitungszeiten
- Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten

Aktivitäten Sperrmüll

Sperrmüll-Tourverlauf	Aktivität
Fahrt vom Hof zu Kunde 1	Fahren
Sperrmüll abholen bei Kunde 1	Sperrmüll abholen
Fahrt zum Kunden 2	Fahren
Sperrmüll abholen bei Kunde 2	Sperrmüll abholen
Fahrt zum Kunden 3	Fahren
...	
<i>Pausenfahrt</i>	<i>Pause</i>
<i>Pause</i>	<i>Pause</i>
<i>Pausenrückfahrt</i>	<i>Pause</i>
Sperrmüll abholen bei Kunde x	Sperrmüll abholen
....	
Sperrmüll abholen beim letzten Kunden	Sperrmüll abholen
Rückfahrt zum Hof	Fahren
Ankunft auf Hof	ENDE

2 wesentliche Aktivitäten: Fahren und Sperrmüll abholen

Wie wurden die Daten erhoben?

- Plandaten waren bekannt
 - Auftragsdaten (Stücklisten, cbm, Abholsituation)
 - Plan-KM

- Ist-Daten wurden mit Tablets (Auftragszettel) in den Touren erhoben
 - Beginn der Fahrt zum nächsten Auftrag (und Start der Navigation)
 - Ende der Fahrt (meist automatisch durch Zielidentifikation/GPS)
 - Beginn der Sperrmüllabholung (Auftragsbearbeitung)
 - Ende der Sperrmüllabholung (Auftragsbearbeitung)

- Erfassung von Pausen und besonderen Vorkommnissen auf Begleitprotokollen

- 2-wöchige Pilotphase

Überblick zur Datenerhebung

- Beobachtung über 9 Wochen: 609 Touren, davon 266 TA-Touren, 343 ST-Touren
- 497 Touren die keine Aufträge > 50 cbm hatten, davon 264 TA-Touren, 233 ST-Touren

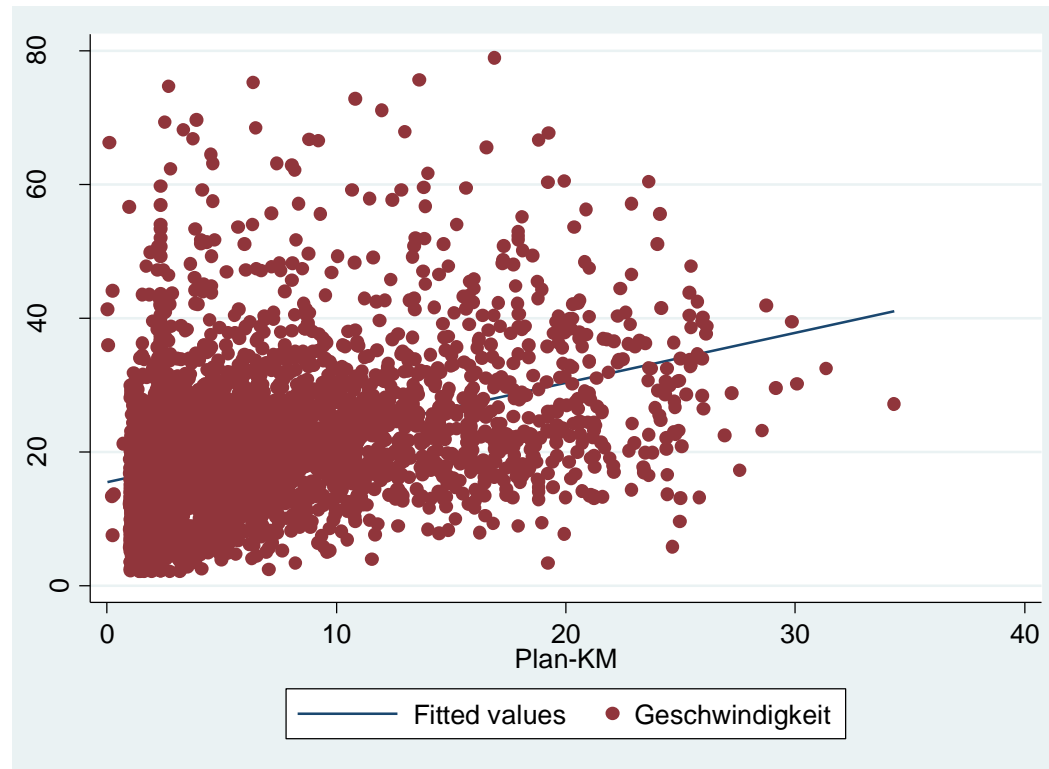
	TA-Touren	ST-Touren	Insgesamt
Aufträge	4.095	2.485	6.580
Verwertbare Fahrten ⁺	3.599	2.089	5.688
...in %	87,9%	84,1%	86,4%
Verwertbare Bearbeitungen ⁺⁺	3.558	2.168	5.726
...in %	86,9%	87,2%	87,0%
Aufträge (ohne Touren mit Aufträgen > 50 cbm)	4.077	1.958	6.035
Verwertbare Bearbeitungen ⁺⁺	3.544	1.693	5.237
...in %	86,9%	86,5%	86,8%

+ Als verwertbar sind hier alle Zeiten klassifiziert die theoretisch möglich sind. In der statistischen Analyse werden weitere Beobachtungen aufgrund von unplausibel langen oder kurzen Zeiten ausgeschlossen. * Inklusive Kippen

Agenda

- Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen
- Exkurs BDO-System
- Daten- und Leistungserhebung
- **Auswertung Fahrtzeiten**
- Auswertung Bearbeitungszeiten
- Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten

Die meisten Fahrstrecken sind kurz und haben niedrige Geschwindigkeiten



Geschwindigkeit ist abhängig von der Länge der Fahrstrecken und der Tageszeit

Beispiel (fiktive Zahlen)

- Rüstzeit 4,6 Minuten je Fahrt + Y Minuten je KM (abh. von Tageszeit)

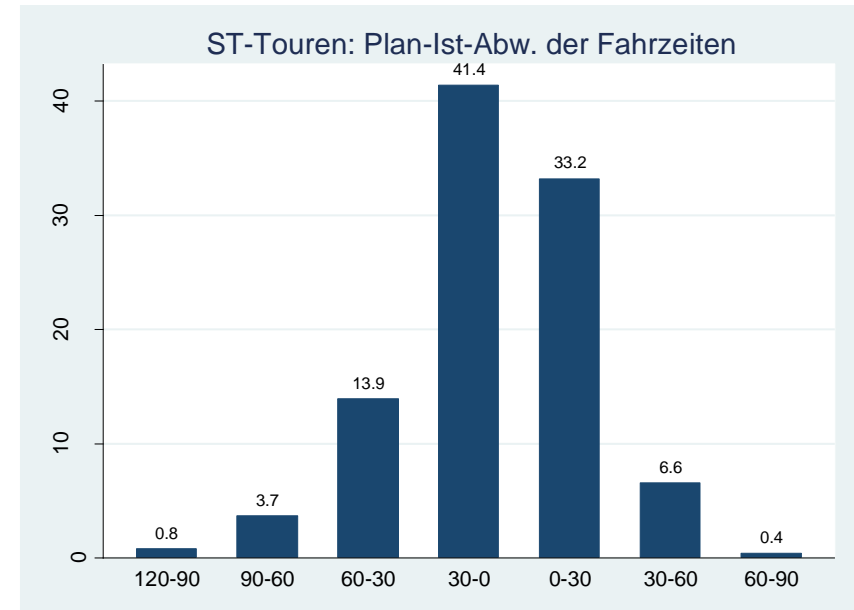
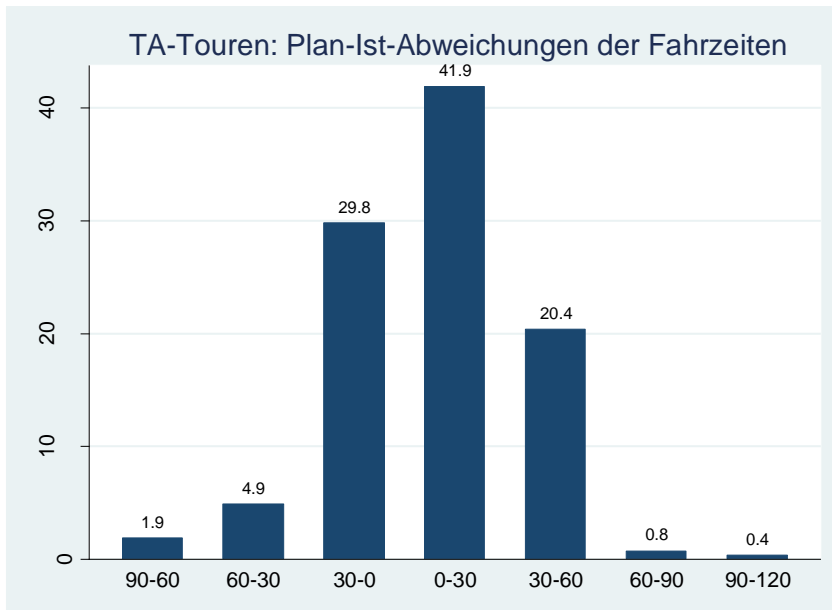
Streckenlänge B in KM	Vor 9.00	9.00-12.00	12.00 - 15.00	Nach 15.00
$B \leq 1$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,7$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,2$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,2$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,3$
$1 < B \leq 5$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,8$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,3$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,2$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,3$
$5 < B \leq 10$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,6$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,1$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,0$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,1$
$B > 10\text{km}$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 2,3$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,8$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,7$	$\text{Min} = 4,6 + B \cdot 1,8$

- Kein signifikanter Einfluß des S-Typs!
- Kein signifikanter Unterschied zwischen TA- und ST-Touren

Beispiele (fiktive Zahlen) für Fahrzeiten nach Kilometern und Tageszeit

	Strecke in km	Minuten je Kilometer	km/h
Vor 9:00	1	6,3	9,5
	5	3,7	16,1
	10	3,1	19,6
	15	2,6	23,0
9:00-12:00	1	5,8	10,3
	5	3,2	18,6
	10	2,6	23,4
	15	2,1	28,5
12:00-15:00	1	5,8	10,3
	5	3,1	19,2
	10	2,5	24,4
	15	2,0	29,9
Nach 15:00	1	5,9	10,2
	5	3,2	18,6
	10	2,6	23,4
	15	2,1	28,5

Größe der Plan-Ist-Abweichungen für Fahrzeiten je Tour



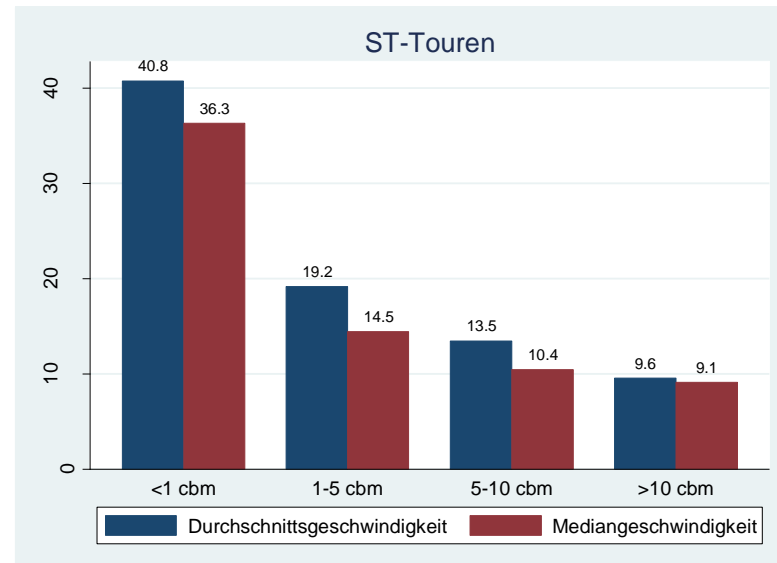
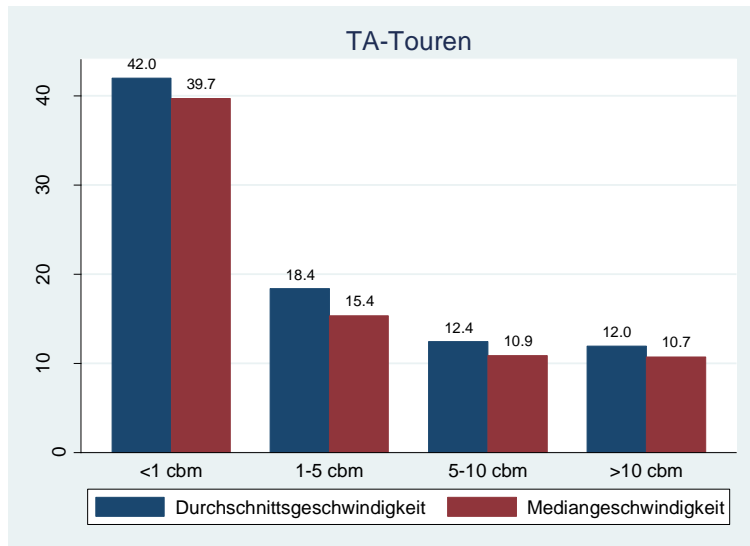
Abweichung= Plan - Ist

- Insgesamt über 70% der geschätzten Zeiten im Intervall +/- 30 Minuten (TA 71,7%; ST 74,6%).
- Nur sehr wenige Touren mit großen Abweichungen (> 60 Minuten).
- Weitgehend symmetrische Verteilung.

Agenda

- Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen
- Exkurs BDO-System
- Daten- und Leistungserhebung
- Auswertung Fahrtzeiten
- **Auswertung Bearbeitungszeiten**
- Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten

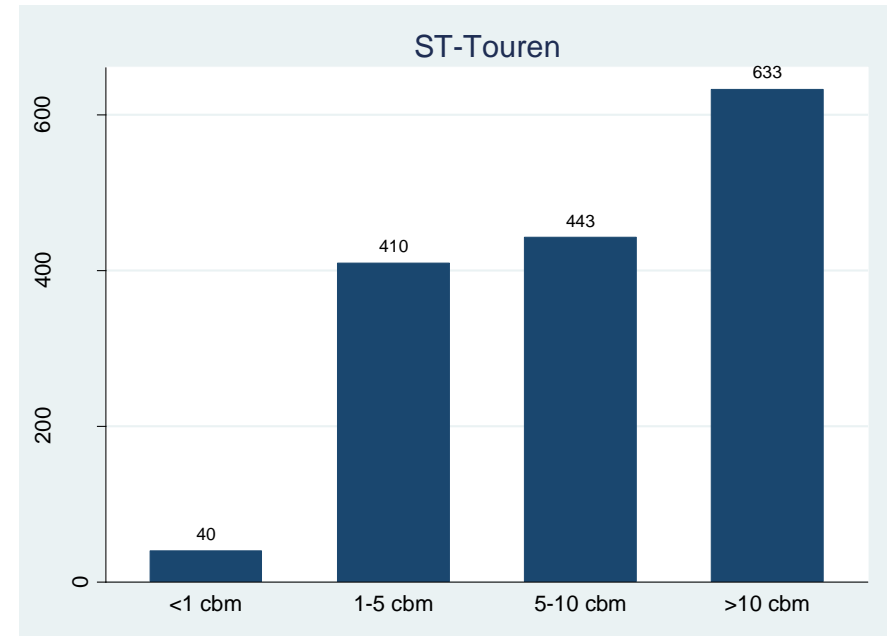
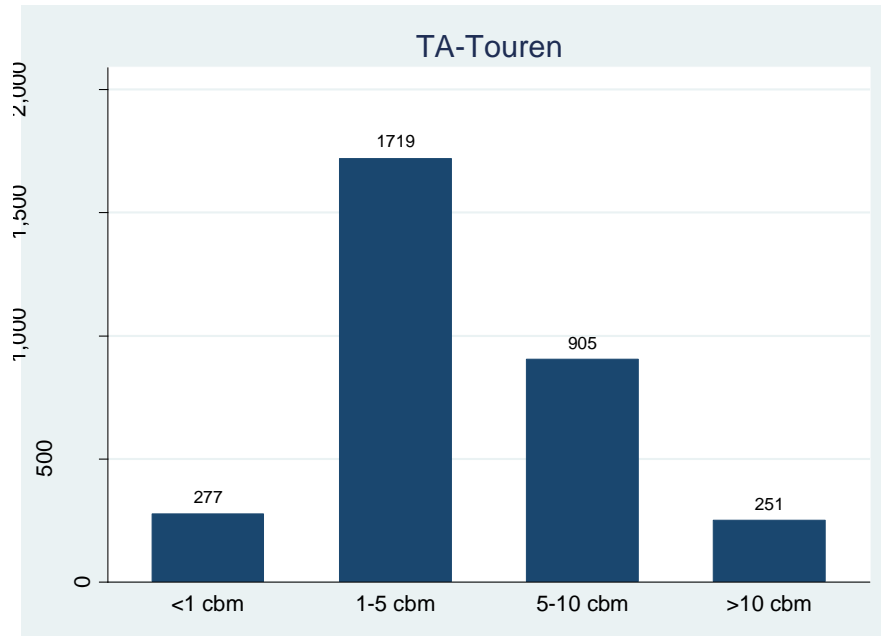
Bearbeitungsgeschwindigkeit steigt mit der Auftragsgröße



Geschwindigkeit: Minuten/cbm

- Dargestellt sind die gesamten Bearbeitungszeiten in Personenminuten (Summe der Kolonne) je Kubikmeter.
- Insbesondere bei kleinen Aufträgen einzelne sehr hohe Bearbeitungszeiten => Durchschnitt ist größer als die mittlere Zeit.
- Hohe Varianzen, insbesondere bei kleinen und sehr großen Aufträgen.
- Extreme Bearbeitungszeiten (sehr langsam: > 100 Min/cbm) und (sehr schnell: < 5 Min/cbm bei mehr als 5 cbm) wurden nicht berücksichtigt.

Auftragsgröße: Die meisten Aufträge umfassen bei TA-Touren 1-5 cbm, bei ST-Touren über 10 cbm



- Dargestellt ist die Zahl der Aufträge nach Auftragsgröße
- Und hier in Prozent

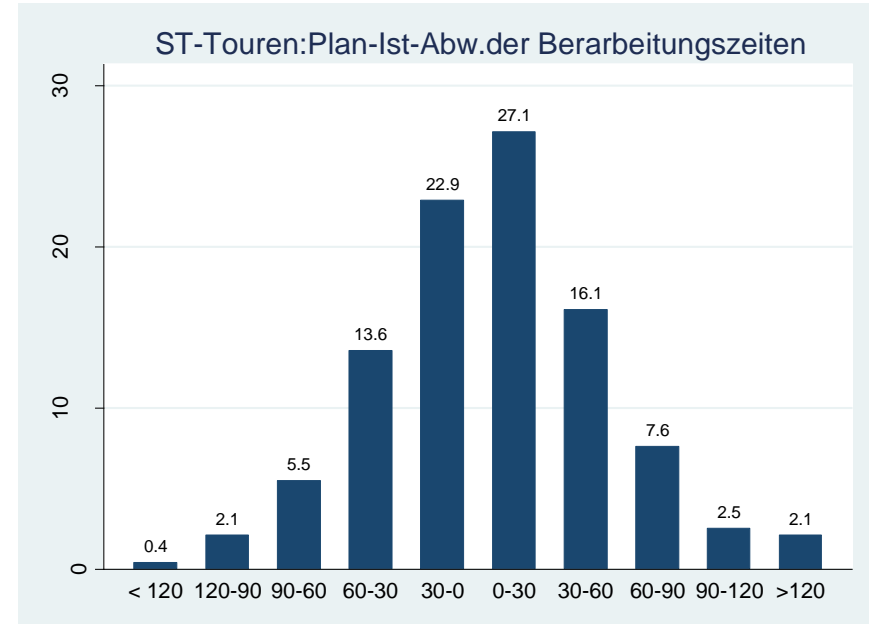
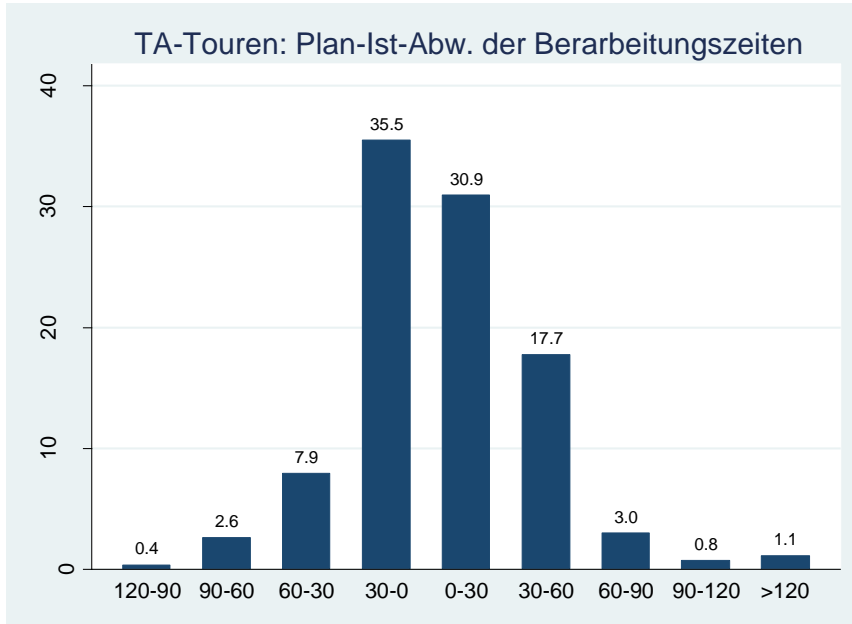
In %	< 1 cbm	1-5 cbm	5-10 cbm	> 10 cbm	Summe
TA-Touren	9%	55%	29%	8%	100%
ST-Touren	3%	27%	29%	41%	100%

- Extreme Bearbeitungszeiten (sehr langsam > 100 Min/cbm und sehr schnell < 5 Min/cbm bei mehr als 5 cbm) wurde nicht berücksichtigt.

Determinanten der Bearbeitungsgeschwindigkeit

- Rüstzeit X Minuten je Auftrag
- Auftragsgröße (cbm)
- Stockwerk (Zuschlag pro cbm und bis Stockwerk 5)
- Tourtyp TA- oder ST-Tour
- Kein signifikanter Einfluß des S-Typs!
- Kein signifikanter Einfluß von Fahrstühlen!
- Beispiel (fiktive Zahlen)
 - Zeitbedarf eines Auftrags mit Y cbm im Stockwerk Z:
 $25 + 6*Y + 2*Y*Z$ Personenminuten
 - 5 cbm im 2. Stock:
 $25 + 30 + 20 = 75$ Personenminuten
bei 5 Müllwerkern: 15 Min Gesamtdauer

Größe der Plan-Ist-Abweichung für Bearbeitungszeiten je Tour



Abweichung = Plan - Ist

TA-Touren

- 66,4 % der geschätzten Zeiten im Intervall +/- 30 Minuten
- 92,0 % der Touren im Intervall +/- 60 Minuten

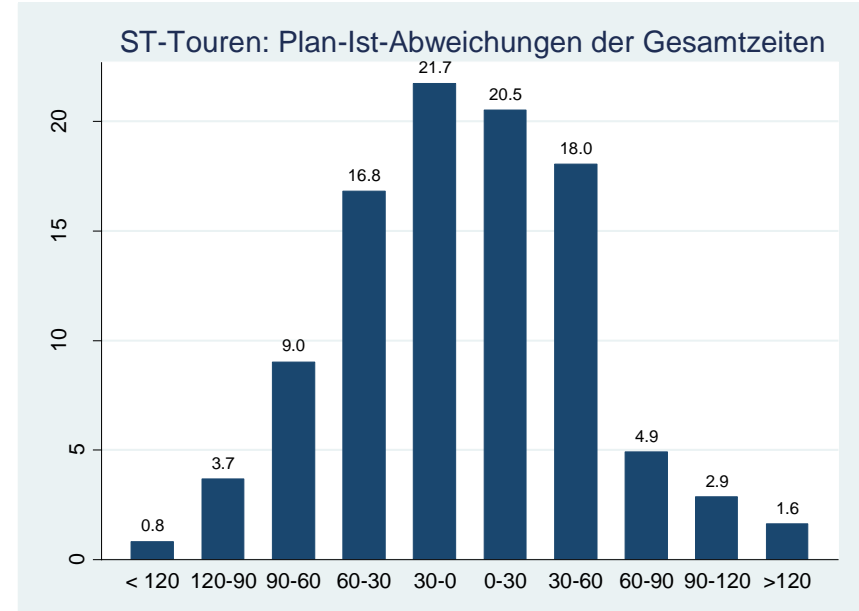
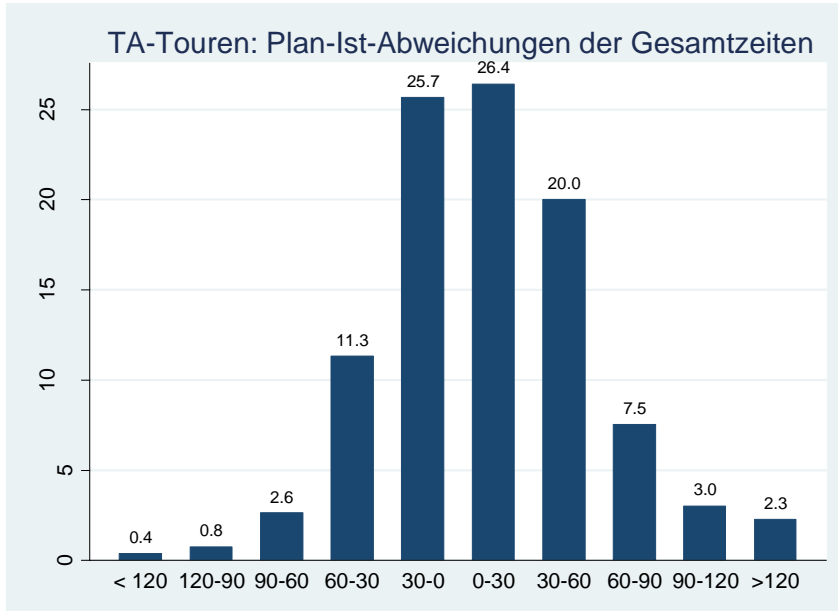
ST-Touren

- 50,0 % der geschätzten Zeiten im Intervall +/- 30 Minuten
- 79,7 % der Touren im Intervall +/- 60 Minuten

Agenda

- Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen
- Exkurs BDO-System
- Daten- und Leistungserhebung
- Auswertung Fahrtzeiten
- Auswertung Bearbeitungszeiten
- **Planungsgenauigkeit und gerechtere Verteilung der Arbeitslasten**

Größe der Plan-Ist-Abweichung Gesamtzeiten



Abweichung= Plan - Ist

TA-Touren

- 52,1 % der geschätzten Zeiten im Intervall +/- 30 Minuten
- 83,4 % der Touren im Intervall +/- 60 Minuten
- Besser als BDO 1992

ST-Touren

- 42,2 % der geschätzten Zeiten im Intervall +/- 30 Minuten
- 77,0 % Prozent der Touren im Intervall +/- 60 Minuten
- Etwas schlechter als BDO 1992

Fazit

- Empirisch erhobene und statistisch abgesicherte Arbeitsrichtwerte als Durchschnittswerte des tatsächlichen Arbeitsverhaltens
- Hohe Vorhersagegenauigkeit (Planungsgenauigkeit)
- Identifizierung von Über- und Unterlasten
- Gerechte Verteilung der Arbeitslasten zwischen den Kolonnen
- Versachlichung von Diskussion über Arbeitspensen
- (Ggf. Möglichkeit der manuellen Nachsteuerung)
- Breite Akzeptanz im Unternehmen