

Fachhochschule Bochum  
Fachbereich Vermessungswesen und Geoinformatik

# **Vergleich verschiedener Verfahren zur Erfassung und Bewertung der kommunalen Infrastruktur**

Diplomarbeit  
Wintersemester 2005/2006

ausgearbeitet von:

Dirk Legemann  
Bernd Müller

Referent: Prof. Dr.-Ing. Manfred Bäumker  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Fitzen

Die vorliegende Diplomarbeit wurde von uns selbstständig verfasst und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt.

Bochum, 06.02.2006

---

(Bernd Müller)

---

(Dirk Legemann)

Der in der Aufgabenstellung geforderten namentlichen Ausweisung der Abschnitte sind wir durch die Kennzeichnung der einzelnen Kapitel im Inhaltsverzeichnis nachgekommen:

[L] Dirk Legemann

[M] Bernd Müller

[L/M] durch beide Kandidaten bearbeitetes Kapitel

**FACHBEREICH VERMESSUNGSWESEN UND GEOINFORMATIK**

Fachhochschule Bochum • Postfach 100 741 • 44707 Bochum

Herrn  
Dirk Legemann  
Heinrich-Sommer Str. 47

59227 Ahlen



**FACHHOCHSCHULE BOCHUM**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Prof. Dr.-Ing. M. Bäumker

Lennershofstr. 140  
44801 Bochum

Tel 0234-32-10511  
Fax 0234-32-14735

dekanat.verm-geoinf@  
fh-bochum.de

**Datum** 28. Nov. 2005  
Bau/Va

Betr.: Diplomarbeit

Thema: **Vergleich verschiedener Verfahren zur Erfassung und Bewertung der kommunalen Infrastruktur**

Die Kommunen sind im Rahmen des kommunalen Finanzmanagements angewiesen, ihre Infrastruktur flächen- und wertmäßig zu erfassen. Diese Aufgaben werden wegen des hohen Aufwandes i.d.R. an Ingenieurbüros übertragen. Die Fa. NTS, Münster, beschäftigt sich seit Jahren schwerpunktmäßig mit der Entwicklung eines Tiefbauinformations- und Straßendatenbanksystems Tifosy zur effizienten Erfassung und Speicherung der Infrastrukturdaten. In diesem Zusammenhang spielen auch die zur Datenerfassung einzusetzenden Messmethoden eine entscheidende Rolle.

Aufgabe der Kandidaten ist es, verschiedene Verfahren zur Erfassung und zur Bewertung der Infrastruktur nach wirtschaftlichen Kriterien und hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit und der erreichbaren Genauigkeit unter praktischen Aspekten zu beleuchten. Hierzu sind exemplarisch für ein ausgesuchtes Gebiet das GPS-Verfahren, die Tachymetrie, die Vermessung mit Messrad und die Luftbildauswertung zu untersuchen. Die mit den verschiedenen Messmethoden erreichbaren Genauigkeiten sind exemplarisch für ausgewählte geometrische Objekte, wie Flächen, Querschnitte, Profile und Netzknoten zu analysieren. Der hierfür benötigte Zeit- und Kostenaufwand soll ebenfalls möglichst realitäts- und praxisnah ermittelt werden.

Die Diplomaufgabe soll in gleichen Teilen von den beiden Kandidaten bearbeitet werden. Die von dem jeweiligen Kandidaten bearbeiteten Teile und Abschnitte der Arbeit sind speziell auszuweisen.

Bei den Arbeiten sind die Sicherheitsbestimmung der BaGuV sowie die Hinweise des FB Vermessungswesens und Geoinformatik einzuhalten.

Ausgabe: 28. 11. 2005

Abgabe: 28. 02. 2006



(Prof. Dr.-Ing. M. Bäumker)  
Referent



(Prof. Dr.-Ing. H.-P. Fitzen)  
Korreferent



**FACHBEREICH VERMESSUNGSWESEN UND GEOINFORMATIK**

Fachhochschule Bochum • Postfach 100 741 • 44707 Bochum

Herrn  
Bernd Müller  
Egelstr. 7

53937 Schleiden



**FACHHOCHSCHULE BOCHUM**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Prof. Dr.-Ing. M. Baumker

Lennerhofstr. 140  
44801 Bochum

Tel 0234-32-10511  
Fax 0234-32-14735

dekanat.verm-geoinf@  
fh-bochum.de

Datum 28. Nov. 2005  
Bäu/Va

Betr.: Diplomarbeit

Thema: **Vergleich verschiedener Verfahren zur Erfassung und Bewertung der kommunalen Infrastruktur**

Die Kommunen sind im Rahmen des kommunalen Finanzmanagements angewiesen, ihre Infrastruktur flächen- und wertmäßig zu erfassen. Diese Aufgaben werden wegen des hohen Aufwandes i.d.R. an Ingenieurbüros übertragen. Die Fa. NTS, Münster, beschäftigt sich seit Jahren schwerpunktmäßig mit der Entwicklung eines Tiefbauinformations- und Straßendatenbanksystems Tifosy zur effizienten Erfassung und Speicherung der Infrastrukturdaten. In diesem Zusammenhang spielen auch die zur Datenerfassung einzusetzenden Messmethoden eine entscheidende Rolle.

Aufgabe der Kandidaten ist es, verschiedene Verfahren zur Erfassung und zur Bewertung der Infrastruktur nach wirtschaftlichen Kriterien und hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit und der erreichbaren Genauigkeit unter praktischen Aspekten zu beleuchten. Hierzu sind exemplarisch für ein ausgesuchtes Gebiet das GPS-Verfahren, die Tachymetrie, die Vermessung mit Messrad und die Luftbildauswertung zu untersuchen. Die mit den verschiedenen Messmethoden erreichbaren Genauigkeiten sind exemplarisch für ausgewählte geometrische Objekte, wie Flächen, Querschnitte, Profile und Netzknoten zu analysieren. Der hierfür benötigte Zeit- und Kostenaufwand soll ebenfalls möglichst realitäts- und praxisnah ermittelt werden.

Die Diplomaufgabe soll in gleichen Teilen von den beiden Kandidaten bearbeitet werden. Die von dem jeweiligen Kandidaten bearbeiteten Teile und Abschnitte der Arbeit sind speziell auszuweisen.

Bei den Arbeiten sind die Sicherheitsbestimmung der BaGuV sowie die Hinweise des FB Vermessungswesens und Geoinformatik einzuhalten.

Ausgabe: 28. 11. 2005

Abgabe: 28. 02. 2006



(Prof. Dr.-Ing. M. Bäumker)  
Referent



(Prof. Dr.-Ing. H.-P. Fitzen)  
Korreferent

# Inhalt

	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung [L/M]</b> .....	<b>1</b>
1.1. Allgemeine Einleitung / NKF.....	1
1.2. Messgebiet.....	2
<b>2. Tachymetrie [L]</b> .....	<b>4</b>
2.1. Instrumentarium.....	4
2.1.1. Leica TCR 702.....	5
2.2. Lagefestpunktfeld.....	6
2.2.1. Ringpolygon.....	6
2.2.2. Erkundung und Festlegung der Polygonpunkte.....	7
2.2.3. Messung.....	8
2.2.4. Auswertung / Berechnung.....	9
2.3. Erfassung der Topographie / Referenz.....	15
2.3.1. Freie Stationierung.....	15
2.3.2. Aufnahme.....	16
2.3.3. Berechnung / Ergebnisse.....	17
2.4. Flächenberechnung als Referenz.....	21
2.5. Zeitaufwand.....	23
<b>3. Global Positioning System (GPS) [M]</b> .....	<b>24</b>
3.1. Die GPS-Segmente.....	24
3.1.1. Das Raumsegment.....	24
3.1.2. Das Bodensegment (Kontrollsegment).....	26
3.1.3. Das Nutzersegment.....	27
3.2. GPS-Ortungsprinzip.....	27
3.3. Code-Messung.....	27
3.4. Differentielles GPS (DGPS).....	29
3.5. Trägerphasenmessung.....	30
3.6. Precise Differential GPS (PDGPS).....	32
3.7. Statische Messung.....	34

3.8.	Real Time Kinematic (RTK).....	34
3.9.	SAPOS (Satellitenpositionierungsdienst).....	36
3.10.	Virtuelle Referenzstation (VRS).....	38
3.11.	Instrumentarium.....	39
3.11.1.	Leica GPS System 500.....	39
3.12.	Aufnahme.....	39
3.13.	Flächenberechnung.....	41
3.14.	Zeitaufwand.....	43
<b>4.</b>	<b>Knotenpunkte [L].....</b>	<b>44</b>
4.1.	Aufnahme der örtlich ermittelten Knotenpunkte.....	45
4.2.	Berechnung der „tatsächlichen“ Knotenpunkte.....	46
4.3.	Digitalisierung von Knotenpunkten.....	47
4.4.	Vergleich der verschiedenen Methoden.....	48
<b>5.</b>	<b>Stationierte Aufnahme mit Messrad [M].....</b>	<b>54</b>
5.1.	Messrad.....	54
5.2.	Aufnahme.....	62
5.3.	Flächenberechnung.....	64
5.4.	Zeitaufwand.....	65
<b>6.</b>	<b>Aufnahme nach Regelquerschnitt [L].....</b>	<b>66</b>
6.1.	Messrad.....	66
6.2.	Aufnahme.....	66
6.3.	Flächenberechnung.....	66
<b>7.</b>	<b>Luftbildauswertung [M].....</b>	<b>69</b>
7.1.	Orthophoto.....	69
7.1.1.	Entstehung eines Orthophotos.....	70
7.2.	Digitalisierung.....	72
7.3.	Flächenberechnung.....	76
7.4.	Zeitaufwand.....	77

<b>8. Flächenvergleich mit der Referenzfläche [L/M].....</b>	<b>78</b>
<b>9. Bewertung der Verkehrsflächen [L].....</b>	<b>84</b>
9.1. Straßenschäden.....	84
9.2. Visuelle Zustandserfassung.....	89
9.3. Aufmaß der Straßenschäden.....	93
9.4. Vergleich visuell – Aufmaß.....	95
9.5. Tifosy – Tiefbauinformationssystem / Straßendatenbank.....	96
<b>10. Fazit / Kosten ↔ Nutzen [M].....</b>	<b>97</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>99</b>
<b>Anhang I.....</b>	<b>101</b>
<b>Anhang II.....</b>	<b>CD</b>

# Abbildungsverzeichnis

	<b>Seite</b>
Abb. 1.2.-1: Übersicht Messgebiet Münster.....	2
Abb. 2.1.-1: Transportfahrzeug.....	4
Abb. 2.1.1.-1: Tachymeter Leica TCR 702.....	5
Abb. 2.2.1.-1: Ringpolygon.....	6
Abb. 2.2.2.-1: Vermarkung Polygonpunkt Nr.19.....	7
Abb. 2.2.2.-2: Polygonpkt. Nr.19 mit Aufbau u. Sicherung.....	7
Abb. 2.2.2.-3: Übersicht Polygonpunkte.....	8
Abb. 2.3.1.-1: Helmert-Transformation.....	16
Abb. 3.1.1.-1: GPS-Satellitennetz.....	25
Abb. 3.1.1.-2: Inklination.....	25
Abb. 3.1.1.-3: GPS-Satellit.....	25
Abb. 3.1.2.-1: GPS-Kontrollstationen.....	26
Abb. 3.5.-1: Trägerphasenmessung auf $L_1$ .....	30
Abb. 3.6.-1: Basislinie aus Trägerphasenmessung.....	32
Abb. 3.6.-2: Mehrwegeeffekt (Multipath).....	33
Abb. 3.11.1.-1: Leica GPS System 500.....	39
Abb. 3.12.-1: Straßenschlucht.....	40
Abb. 3.12.-2: alleeartiger Baumbewuchs.....	40
Abb. 3.12.-3: GPS-Aufnahme.....	41
Abb. 4.1.-1: Beispiel Knotenpunkt.....	45
Abb. 4.2.-1: Beispiel „tatsächlicher“ Knotenpunkt.....	46
Abb. 4.3.-1: Digitalisierter Knotenpunkt.....	47
Abb. 5.1.-1: Anlegeproblematik.....	54
Abb. 5.1.-2: Flächenfehler.....	55
Abb. 5.2.-1: Kurvenausgleich.....	63

Abb. 7.1.-1:	Orthophoto unseres Arbeitsgebiets.....	69
Abb. 7.1.1.-1:	Prinzip der Orthophotoherstellung.....	70
Abb. 7.1.1.-2:	Transformation der Bildmatrix.....	71
Abb. 7.2.-1:	Passpunktübersicht zur Digitalisierung.....	73
Abb. 7.2.-2:	Schattenwurf und Baumbewuchs.....	76
Abb. 9.1.-1:	Flickschäden.....	88
Abb. 9.1.-2:	vergossener Riss.....	88
Abb. 9.1.-3:	Netzrisse / wilde Risse / Frostriss.....	88
Abb. 9.1.-4:	Rissbildung (Platten).....	88
Abb. 9.1.-5:	Belagsrandrisse.....	88
Abb. 9.1.-6:	Abplatzungen.....	88
Abb. 9.2.-1:	Formular visuelle Zustandserfassung.....	89
Abb. 9.3.-1:	Grafik der aufgemessenen Flickschäden.....	94

# 1. Einleitung

## 1.1. Allgemeine Einleitung / NKF

Im Rahmen des NKF („Neues Kommunales Finanzmanagement“) sind die deutschen Kommunen angewiesen, ihre Infrastruktur zahlenmäßig zu erfassen und zu bewerten, um so den Haushalt transparenter und nachvollziehbarer zu machen.

Bisher erschienen in den Buchungssystemen der Kommunen lediglich die Rubriken „Einnahmen“ und „Ausgaben“, wodurch Folgekosten für Straßen z.B. für Erhalt und Unterhalt oder auch Abschreibungen nicht zu erfassen sind.

Dies soll nun der Privatwirtschaft angepasst werden, und deshalb wird zukünftig z.B. die neu errichtete Straße nicht nur als Ausgabe, sondern auch als Vermögen in der Bilanz aufgeführt.

Um eine gewisse Eröffnungsbilanz zu erhalten, ist es notwendig die kommunale Infrastruktur erstmalig wertmäßig zu erfassen. Bei Straßen und deren Begleitflächen hängen diese Werte von der Fläche und dem Zustand ab.

In dieser Arbeit, die auf Initiative und Anregung der Firma NTS aus Münster durch uns verfasst wurde, soll es das Ziel sein, einige, teils schon bekannte, Erfassungsmethoden durchzuführen, auf ihre Tauglichkeit und Anwendbarkeit zu untersuchen und gegenüberzustellen.

Im Einzelnen sind dies die Tachymeter-Aufnahme, Erfassung mit GPS-Technologie, Flächenberechnung aus Regelquerschnitt, Flächenberechnung aus stationierter Aufnahme, sowie die Digitalisierung aus einem Luftbild.

Um einen Vergleich verschiedener Flächen durchführen zu können, ist eine Referenzfläche erforderlich.

Da die Tachymeter-Aufnahme die geometrischen Gegebenheiten des Messgebiets repräsentativ am Besten widerspiegelt, soll die daraus gewonnene Fläche die benötigte Referenzfläche darstellen.

Im weiteren Verlauf sollen die aus den übrigen Verfahren gewonnenen Flächen mit dieser Referenz in Aufwand und Qualität verglichen werden.



## 1.2. Messgebiet

Auf Anfrage der Firma NTS bei der Stadt Münster wurde uns ein Messgebiet im Norden Münsters zugewiesen.

Es erstreckt sich ringförmig, ausgehend vom Friesenring, über die Wienburgstraße, die Melchersstraße, die Martin-Luther-Straße und mündet letztendlich wieder in den Friesenring.

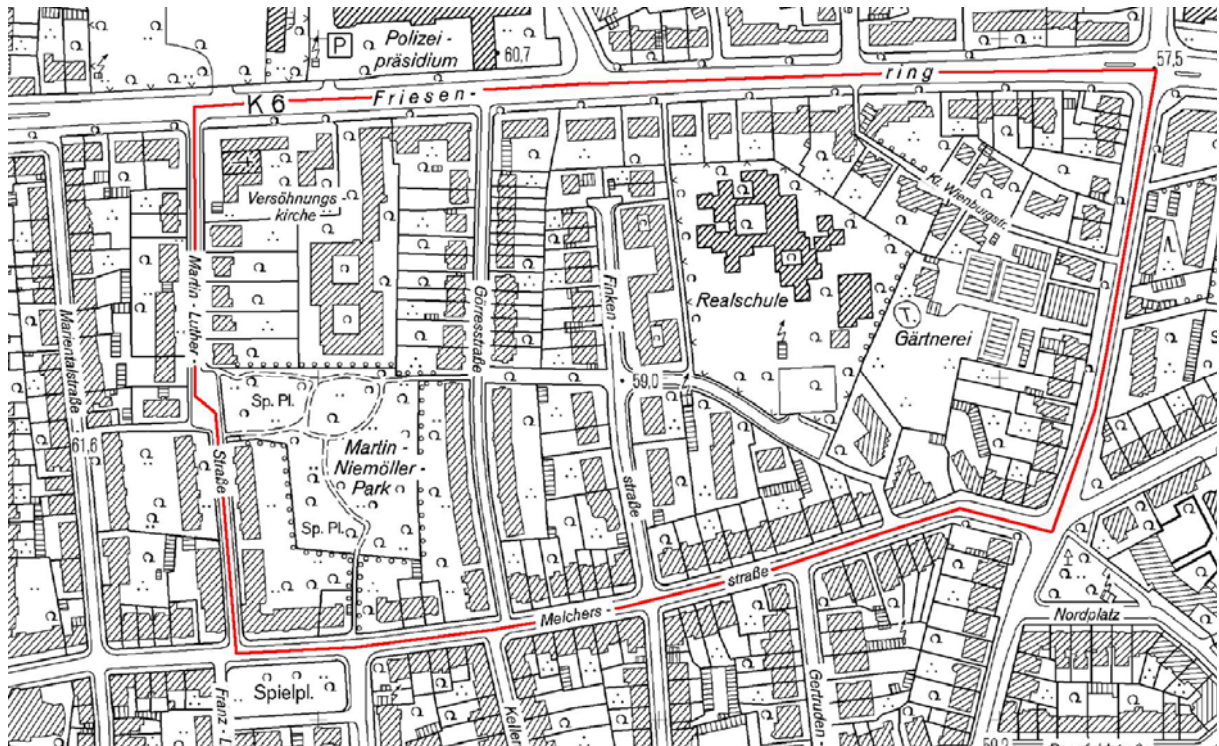


Abb. 1.2.-1: Übersicht Messgebiet Münster

Das Gebiet mit den genannten Straßen liefert einen Einblick in die hierarchische Einordnung in verschiedene Straßenklassen nach §1 FStrG (Fernstraßengesetz) und §3 StrWG NW (Straßen- und Wegegesetz Nordrhein-Westfalen).

Im speziellen sind das:

Friesenring als *Kreisstraße* (K6) die am höchsten zu kategorisierende Straße mit überörtlicher Verkehrsbedeutung und gefühlter sehr hoher Verkehrsdichte.

Wienburgstraße als *Gemeindestraße*, bei der die Belange des Verkehrs überwiegen, mit gefühlter mittlerer Verkehrsdichte.

Melchersstraße als *Gemeindestraße*, bei der die Belange des Verkehrs überwiegen. Man kann diese Straße auch als Wohnsammelstraße mit gefühlter mittlerer bis niedriger Verkehrsdichte ansehen.

Martin-Luther-Straße als *Gemeindestraße*, bei der die Belange der Erschließung der anliegenden Grundstücke überwiegen. Man kann diese Straße auch als Wohnstraße mit gefühlter niedriger Verkehrsdichte ansehen.

Das gesamte Gebiet liegt innerstädtisch und ist stark bebaut. In der Melchersstraße sowie Martin-Luther-Straße reicht diese mehrstöckige Bebauung direkt bis an den Gehweg heran. An manchen Stellen erreicht die Bebauung eine Höhe von bis zu sechs Stockwerken und bildet so regelrechte Straßenschluchten. In der Wienburgstraße und am Friesenring kommen noch zusätzlich der abgetrennte Radweg sowie ein Trennstreifen mit teilweise alleeartigem Baumbewuchs hinzu.

## 2. Tachymetrie

### 2.1. Instrumentarium

Bei der durchgeführten Tachymeter-Aufnahme verwendeten wir das nachfolgend aufgeführte Instrumentarium:

*Tachymeter:*

Modell: Leica TCR 702 (siehe Abb. 2.1.1.-1.)

Instr.-Nr.: 651279

*Zubehör:*

- 4 x Rundprisma (Wild)
- 1 x Prismenstab
- 4 x Stativ
- 4 x Dreifuß
- 4 x Fluchtstab
- 2 x Stabstativ
- 2 x Warnschild
- 2 x Warnweste
- 2 x Funkgerät
- 1 x Feldbuchrahmen
- 2 x Ladegerät



Abb. 2.1.-1: Transportfahrzeug

### 2.1.1. Leica TCR 702

Der elektronische Tachymeter TCR 702 der Firma Leica ist ein Tachymeter mittlerer Genauigkeit: 2'' bzw. 0,6 mgon für die Winkelmessung und 2 mm + 2 ppm für die Streckenmessung.

Das Fernrohr erzeugt eine 30-fache Vergrößerung und hat eine minimale Zielweite von ca. 1,70 m.

Das Gerät verfügt über zwei Libellen; eine Dosenlibelle mit einer Empfindlichkeit von 6'/2 mm und eine elektronische Libelle mit einer Empfindlichkeit von 2''.

Außerdem ist der Tachymeter mit einem Kompensator ausgestattet, der über eine Einspielgenauigkeit von 0,5'' bzw. 0,2 mgon verfügt. [1]



Abb. 2.1.1.-1: Tachymeter Leica TCR 702

Die Streckenmessung erfolgt bei heutigen Tachymetern über das Phasenvergleichsverfahren. Dabei wird kontinuierlich vom Sender eine Trägerwelle ausgestrahlt, die ein sinusförmiges Signal aufmoduliert ist. Der Reflektor schickt die ausgesendete Welle zum Empfänger zurück. Diese trifft dort nach Ablauf der doppelten Messstrecke wieder ein. Die Strecke kann so automatisiert im Mikroprozessor des Gerätes ermittelt werden. [2]

Die Richtungsmessung elektronischer Tachymeter erfolgt durch Abtasten codierter Teilkreise.

Bei der Firma Leica sind diese fest mit dem Unterbau (Hz) sowie mit dem Fernrohr (V) verbunden. Die Kreisteilung, bzw. Codierung ist auf beiden Teilkreisen identisch und besteht aus zentrisch gleichabständigen lichtdurchlässigen Markierungen. Die Abtastung erfolgt elektro-optisch mittels eines CCD-Diodenarray (charge-coupled device). Dieses Bauteil dient dazu, Licht in elektrische Signale umzuwandeln. [3]

## 2.2. Lagefestpunktfeld

Um für die Referenzfläche eine möglichst hohe Genauigkeit zu erreichen, haben wir uns dazu entschieden, bei der Tachymeter-Aufnahme von Anfang an in einem örtlichen System zu arbeiten.

Durch den Verlauf des Messgebiets bot sich ein Ringpolygon als Festpunktfeld an. Die Polygonierung ist eine linienweise Bestimmung neuer Lagefestpunkte und hat insbesondere den Vorteil, dass sich der Netzaufbau den örtlichen Gegebenheiten gut anpassen lässt.

Durch messen der Polygonseiten und der Brechungswinkel sind die Koordinaten der einzelnen Brechpunkte eindeutig bestimmbar.

### 2.2.1. Ringpolygon

Das Ringpolygon ist auf Grund seiner Form eine Besonderheit unter den Polygonzügen. Hierbei handelt es sich um einen geschlossenen Polygonzug, bei dem der Anfangspunkt auch gleichzeitig der Endpunkt ist.

Er liefert durch den ersten und letzten Brechungswinkel, sowie die letzte Zugseite drei überschüssige Bestimmungsstücke und gewährleistet somit seine Kontrolliertheit. [4]

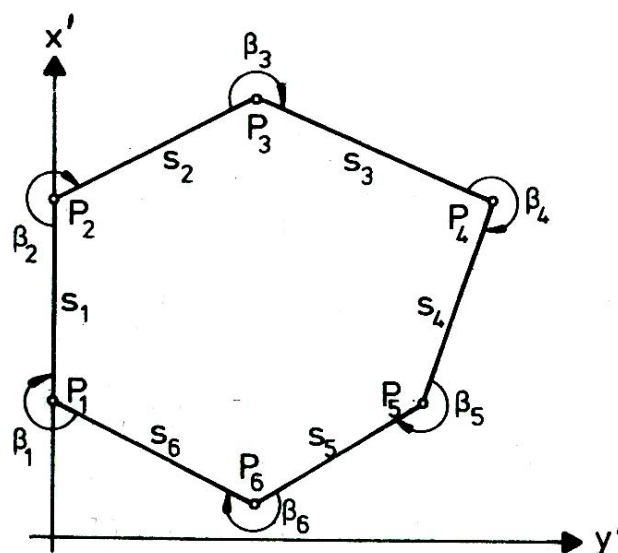


Abb. 2.2.1.-1: Ringpolygon



## 2.2.2. Erkundung und Festlegung der Polygonpunkte

Durch einen ersten Rundgang verschafften wir uns einen Überblick über unser Messgebiet, um so eine sinnvolle Lage der Punkte zu erkunden.

Als problematisch für die Planung der Punktlage stellte sich vor allem der Friesenring heraus, da diese Straße durch die starke Verkehrsdichte und den Bewuchs mit Alleebäumen auffiel. Hier musste ein sinnvoller Kompromiss zwischen guter Sichtbarkeit untereinander, Sichtbarkeit für die spätere Nutzung bei der freien Stationierung und Rücksicht auf die Verkehrssicherheit gefunden werden.

Eine Vermarkung auf der Fahrbahn kam somit nicht in Frage, was allerdings bezüglich der Sichtbarkeit von Vorteil gewesen wäre.

Um dennoch eine gute Nutzung gewährleisten zu können, mussten wir für die Lage der Punkte auf Randbereiche der Fahrbahn, bzw. Straßenbegleitflächen, wie Geh- und Radweg ausweichen. Hierzu haben wir uns für einen regelmäßigen Wechsel der Straßenseiten entschieden.

Auf den anderen Straßen stellten sich die genannten Probleme als nicht gravierend heraus, dennoch haben wir den kontinuierlichen Wechsel der Straßenseiten fortgesetzt, um bei den späteren freien Stationierungen die Lage der Anschlusspunkte in nahezu einer Linie zu vermeiden.

Lediglich an Punkt Nr. 14 musste eine kurzfristige Lageänderung unmittelbar vor der Punktbestimmung auf Grund parkender Fahrzeuge vorgenommen werden.

Die Vermarkung erfolgte ausnahmslos durch Bolzen.



Abb. 2.2.2.-1: Vermarkung Polygonpkt. Nr.19



Abb. 2.2.2.-2: Polygonpkt. Nr.19 mit Aufbau u. Sicherung

Auf Grund der oben erläuterten Überlegungen erfolgte schließlich die Festlegung der in Abb. 2.2.2.-3 dargestellten 20 Punkte.

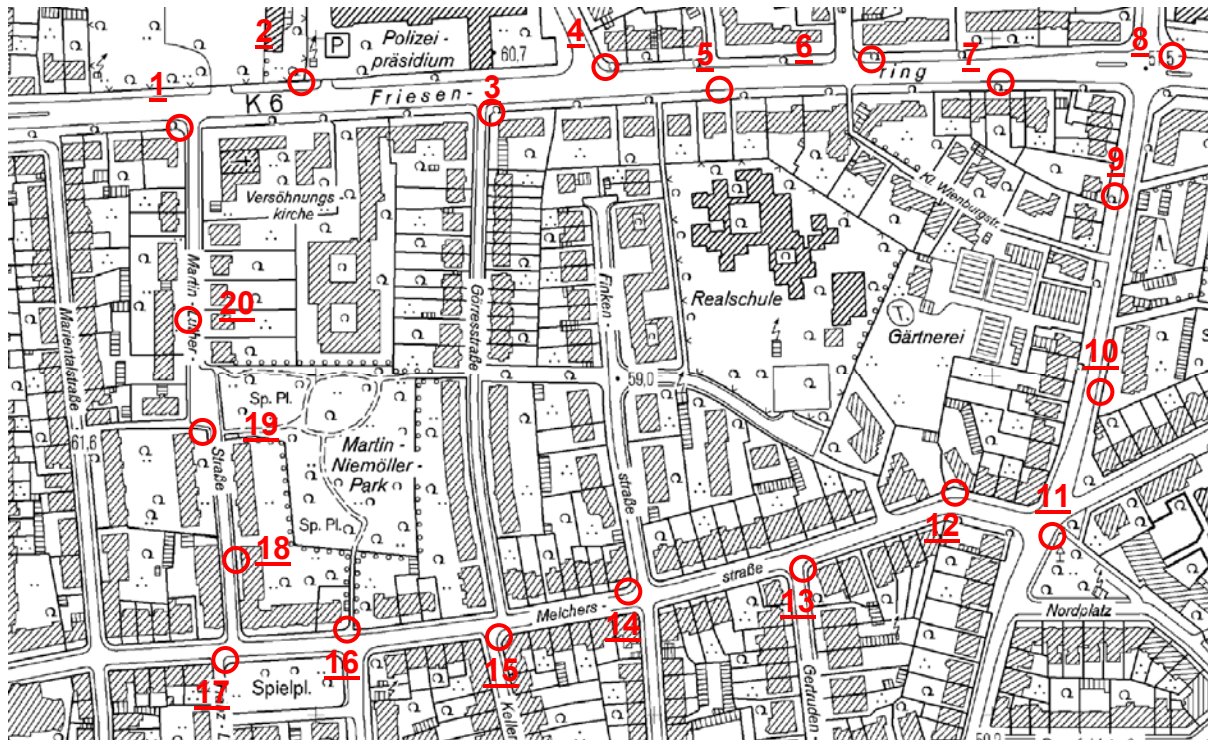


Abb. 2.2.2.-3: Übersicht Polygonpunkte

### 2.2.3. Messung

Als X-Achse für das Koordinatensystem legten wir die Richtung der Punkte 19 und 20 fest, um annähernd eine Ausrichtung unserer lokalen Koordinaten nach Norden zu erreichen. Dies erleichtert das Vorgehen bei der späteren grafischen Auswertung im Programmsystem GEOgraf.

Auf den Polygonpunkten haben wir durchgängig mit Zwangszentrierung gearbeitet.

Gemessen wurden die Zenitdistanz, die Horizontalrichtung sowie die Schrägstrecke in jeweils 2 Sätzen um die Genauigkeit zu steigern und in 2 Lagen um den Kippachs- und Zielachsfehler eliminieren.

#### 2.2.4. Auswertung / Berechnung

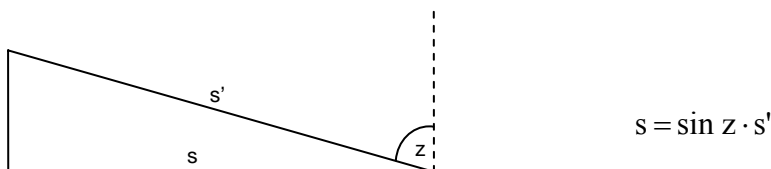
Im ersten Schritt der Auswertung wurden die gemessenen Winkel reduziert, um einerseits die für die Polygonzugberechnung erforderlichen Brechungswinkel berechnen und andererseits eine Berechnung der erreichten Genauigkeiten durchführen zu können.

Die Standardabweichungen für die Horizontalwinkelmessung wurden für jeden Standpunkt einzeln berechnet.

Bei den Zenitwinkeln sind wir, auf Grund der gleichmäßigen Indexverbesserungen auf allen Standpunkten, von einer für alle Standpunkte einheitlich geltenden Indexabweichung ausgegangen. Dies führte dazu, dass sich lediglich eine Standardabweichung für die gesamte Messung ergab.

Die errechneten Werte der Standardabweichungen liegen sowohl bei der Horizontal-, als auch bei der Zenitwinkelmessung alle um bzw. unter 1 mgon und somit im erforderlichen Bereich von 1 – 2 mgon. [4]

Weiterhin mussten die Schrägstrecken unter Berücksichtigung der Zenitwinkel auf Horizontalstrecken reduziert werden, da wir während der gesamten Messung Schrägstrecken erfasst haben und für die Berechnungen die Horizontalstrecken ausschlaggebend sind. Die Formel hierfür lautet wie folgt:



Die Standardabweichungen der Strecken liegen mit 5,8 mm ebenfalls im erforderlichen Bereich von 1 – 2 cm bei Polygonzügen. Alle Berechnungen dieser Art wurden in Excel-Formularen durchgeführt, die als Anhang beigefügt sind.

Bei der Koordinatenberechnung des Polygonzuges berücksichtigten wir eine gleichmäßige Verteilung des Winkelabschlussfehlers auf alle Brechungswinkel. Weiterhin wurden die Koordinatenabschlussfehler proportional zur Polygonzuglänge verteilt.



Der Berechnung des Ringpolygons liegen folgende Formeln zugrunde: [4]

- Winkelabweichung:

$$f_{\beta} = (n + 2) \cdot 200\text{gon} - [\beta] \quad \text{mit } n = \text{Anzahl Brechungswinkel}$$

- Winkelverbesserung:

$$v_{\beta} = \frac{f_{\beta}}{n}$$

- Brechungswinkel:

$$r_i^0 = r_{i-1}^0 + \beta_i + v_{\beta} + 200\text{gon}$$

Die Richtung der Basis von 19 nach 20 wird mit 0 gon angenommen.

- Koordinatenabschlussfehler:

$$f_y = 0 - [s_i \cdot \sin r_i^0]$$

$$f_x = 0 - [s_i \cdot \cos r_i^0]$$

- Koordinatenverbesserung:

$$v_Y = \frac{f_y}{[s]} \cdot s_{i-1}$$

$$v_X = \frac{f_x}{[s]} \cdot s_{i-1}$$

- Koordinatendifferenzen:

$$\Delta Y = s_{i-1} \cdot \sin r_{i-1}^0$$

$$\Delta X = s_{i-1} \cdot \cos r_{i-1}^0$$

- endgültige Koordinaten:

$$y_i = y_{i-1} + s_{i-1} \cdot \sin r_{i-1}^0 + \frac{f_y}{[s]} \cdot s_{i-1} = y_{i-1} + \Delta Y + v_Y$$

$$x_i = x_{i-1} + s_{i-1} \cdot \cos r_{i-1}^0 + \frac{f_x}{[s]} \cdot s_{i-1} = x_{i-1} + \Delta X + v_X$$

- Längs- und Querfehler:

$$L = v_X \cdot \cos t_{1,n} + v_Y \cdot \sin t_{1,n}$$

$$Q = -v_X \cdot \sin t_{1,n} + v_Y \cdot \cos t_{1,n}$$

Da es sich bei diesem Polygonzug um ein Ringpolygon handelt, ist es eigentlich nicht sinnvoll einen Längs- bzw. Querfehler zu berechnen, weil auf Grund der Ringform keine eindeutige Zugachse definierbar ist und somit der errechnete Längs- und Querfehler keine Aussagekraft besitzen würde.

Deshalb haben wir den Polygonzug in 2 Teile aufgeteilt, um so Berechnungen für die zwei „gestreckten“ Zugteile von Punkt 19 nach 9, sowie von Punkt 9 nach 19 durchführen zu können. Als  $v_X$  und  $v_Y$  gelten die bis Punkt 9 bzw. 19 ermittelten Abweichungen.

Daraus ergeben sich folgende Werte:

$$L_{9-19} = -1,99 \text{ cm} \quad L_{19-9} = +2,06 \text{ cm}$$

$$Q_{9-19} = +1,37 \text{ cm} \quad Q_{19-9} = -1,43 \text{ cm}$$

Die hierfür einzuhaltenden größten zulässigen Abweichungen ergeben sich aus: [16]

$$FL_{[m]} = 0,06 + 0,00015 \cdot S_{1,n[m]} + 0,004 \cdot \sqrt{S_{1,n[m]}}$$

$$FL_{9-19} = 31,19 \text{ cm} \quad \text{und} \quad FL_{19-9} = 30,05 \text{ cm}$$

$$FQ_{[m]} = 0,06 + 0,00007 \cdot S_{1,n[m]} + 0,007 \cdot n \cdot \sqrt{n}$$

$$FQ_{9-19} = 37,74 \text{ cm} \quad \text{und} \quad FQ_{19-9} = 37,37 \text{ cm}$$

- Standardabweichungen des Polygonzuges:

Die Standardabweichungen der Längsfehler der beiden Abschnitte lassen sich durch die zusammengefassten Genauigkeiten der Streckenmessung ausdrücken.

Im Gegensatz dazu sind für die Standardabweichungen der Querfehler der beiden Abschnitte Vorausberechnungen notwendig: Es müssen die Standardabweichungen der Brechungswinkel aus den schon ermittelten Genauigkeiten der Richtungsmessungen berechnet werden.

Hierfür gilt:  $S_{\beta_i} = S_R \cdot \sqrt{2}$

$$\begin{aligned}
 SL_{19-9} &= \sqrt{\sum s_{E_i}^2} = 0,49 \text{ cm} & SQ_{19-9} &= \sqrt{\frac{n+1}{3}} \cdot \frac{E_{\text{ges}} \cdot S_{\beta}}{\rho} = 2,70 \text{ cm} \\
 SL_{9-19} &= \sqrt{\sum s_{E_i}^2} = 0,29 \text{ cm} & SQ_{9-19} &= \sqrt{\frac{n+1}{3}} \cdot \frac{E_{\text{ges}} \cdot S_{\beta}}{\rho} = 5,49 \text{ cm} \quad [17]
 \end{aligned}$$

$$n = 11 \quad E_{\text{ges}} = 1718,948 \text{ m} \quad S_{\beta_{19-9}} = 5,24^{\text{cc}} \quad S_{\beta_{9-19}} = 10,63^{\text{cc}} \quad \rho = \frac{200 \text{ gon}}{\pi}$$

Berechnungsübersicht des Ringpolygons:

Pkt-Nr.	r [gon]	$\beta$ [gon]	s [m]	$\Delta Y$ [m]	$v_Y$ [m]	$\Delta X$ [m]	$v_X$ [m]	Y [m]	X [m]
19	0,00000			0,0000		79,5230		10000,000	10000,000
20	9,41297	209,41280	100,927	14,8686	-0,0024	99,8258	-0,0019	10000,000	10079,523
1	88,09294	278,67980	79,354	77,9700	-0,0018	14,7556	-0,0015	10014,866	10179,347
2	120,05671	231,96360	105,354	100,1686	-0,0025	-32,6454	-0,0020	10092,834	10194,101
3	84,90908	164,85220	74,957	72,8609	-0,0017	17,6024	-0,0014	10193,001	10161,454
4	127,61125	242,70200	66,141	60,0170	-0,0015	-27,7955	-0,0013	10265,860	10179,055
5	96,01762	168,40620	99,280	99,0858	-0,0023	6,2064	-0,0019	10325,875	10151,258
6	123,86489	227,84710	69,074	64,2772	-0,0016	-25,2915	-0,0013	10424,959	10157,462
7	94,60346	170,73840	106,014	105,6333	-0,0025	8,9759	-0,0020	10489,234	10132,169
8	228,17713	333,57350	104,895	-44,9260	-0,0024	-94,7872	-0,0020	10594,865	10141,143
9	210,87770	182,70040	69,103	-11,7500	-0,0016	-68,0967	-0,0013	10549,937	10046,354
10	224,24597	213,36810	119,836	-44,5447	-0,0028	-111,2494	-0,0023	10538,185	9978,256
11	325,42474	301,17860	72,369	-66,6740	-0,0017	28,1399	-0,0014	10493,637	9867,004

2. Tachymetrie

Pkt-Nr.	r [gon]	$\beta$ [gon]	s [m]	$\Delta Y$ [m]	$v_Y$ [m]	$\Delta X$ [m]	$v_x$ [m]	Y [m]	X [m]
12		156,12780						10426,962	9895,143
	281,55271		91,944	-88,1108	-0,0021	-26,2713	-0,0018		
13		218,17360						10338,849	9868,870
	299,72648		108,908	-108,9070	-0,0025	-0,4679	-0,0021		
14		189,04470						10229,939	9868,400
	288,77135		73,515	-72,3744	-0,0017	-12,8994	-0,0014		
15		220,09310						10157,563	9855,499
	308,86462		92,863	-91,9642	-0,0022	12,8890	-0,0018		
16		184,95480						10065,597	9868,386
	293,81959		66,291	-65,9789	-0,0015	-6,4255	-0,0013		
17		311,62240						9999,616	9861,959
	5,44216		74,860	6,3916	-0,0017	74,5866	-0,0014		
18		188,55130						10006,006	9936,545
	393,99363		63,740	-6,0048	-0,0015	63,4565	-0,0012		
19		206,00620						10000,000	10000,000
		$\Sigma(\beta)$ 4399,99660	$\Sigma(s)$ 1639,4250	$\Sigma(\Delta Y)$ 0,0382	$\Sigma(v_Y)$ -0,0382	$\Sigma(\Delta X)$ 0,0313	$\Sigma(v_x)$ -0,0313		
		$f_\beta$ 0,00340							
		$v_\beta$ 0,00017							

## **2.3. Erfassung der Topographie / Referenz**

Mit der freien Stationierung ist es möglich, den Gerätestandpunkt so zu wählen, dass Sichten sowohl zu den benötigten Anschlusspunkten, als auch zu den aufzunehmenden Punkten gewährleistet sind. Man kann durch geeignete Vorüberlegungen das gesamte Messgebiet mit möglichst wenigen Standpunkten abdecken.

### **2.3.1. Freie Stationierung**

Bei der freien Standpunktwahl gibt es sowohl die Option, mit zwei Anschlusspunkten zu arbeiten, als auch die Möglichkeit, mehr als zwei Anschlusspunkte für die Stationierung zu benutzen.

Bei der Methode mit nur zwei Anschlusspunkten ist jedoch keine Kontrolle gegeben, da keinerlei Überbestimmung vorliegt.

Da mit mehr als zwei Anschlusspunkten mehr Bestimmungsstücke vorliegen, als für eine Positionierung notwendig sind, ist eine Ausgleichung in Form einer Helmert – Transformation durchführbar und durch die daraus resultierenden Restklaffen eine kontrollierende Beurteilung möglich.

Bei dieser Art der Transformation handelt es sich um eine zweidimensionale Ähnlichkeitstransformation mit 4 Parametern: Zwei Translationen entlang der beiden Koordinatenachsen, ein Rotationswinkel, sowie ein Maßstab zwischen den beiden betroffenen Systemen.

Bei der freien Stationierung wird der Maßstabfaktor für die Berechnung der Neupunkte in der Regel fest auf  $m = 1$  gesetzt, so dass man in beiden Systemen von einem identischen Maßstab ausgeht. [5]

In diesem Fall handelt es sich nur noch um eine 3-Parameter – Transformation, die auch in unseren Berechnungen Anwendung findet.

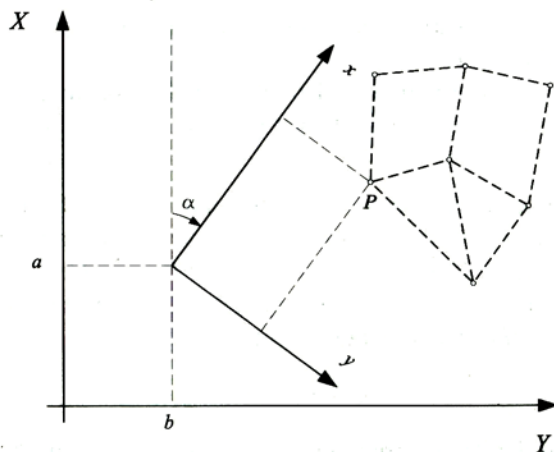


Abb. 2.3.1.-1: Helmert-Transformation

### 2.3.2. Aufnahme

Zunächst ist anzumerken, dass bei dieser Aufnahme nicht die Topographie, sondern, vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung, die Erfassung der geometrischen Straßen- und Straßenbegleitflächen (Radweg, Gehweg, Trennstreifen) zur späteren Berechnung der Flächen und Erstellung eines Übersichtsplans im Vordergrund stand.

Wir haben uns dabei auf geometrisch relevante Punkte beschränkt, die den Verlauf der Geometrie eindeutig wiedergeben.

So wurde z.B. ein ausgerundeter bogenförmiger Straßenverlauf in der Regel mit drei Punkten (Bogenanfang, -mitte, -ende) erfasst, aus denen sich der Bogenverlauf eindeutig bestimmen lässt.

Weiterhin ist anzumerken, dass einmündende Straßen nur andeutungsweise erfasst wurden.

Die vorhandenen Baumscheiben wurden zwar erfasst, jedoch abhängig von ihrer Lage in der Flächenberechnung dem jeweiligen Element der Straßenbegleitfläche zugeordnet. In unserem Messgebiet gab es diesbezüglich keine Probleme, da jede vorhandene Baumscheibe immer genau einem Element zugehörig war.

Im gleichen Zusammenhang sind die Verkehrsinseln zu nennen, die durchgängig der Straßenfläche zugeordnet wurden.

Die Aufnahme dokumentierten wir durch „im Felde“ geführte Risse. Die Messwerte, bzw. Koordinaten wurden im internen Datenspeicher des Geräts festgehalten.

### 2.3.3. Berechnung / Ergebnisse

Nachfolgend sind die Formeln als Grundlage zur Berechnung der freien Stationierung aufgeführt: [6]

*Berechnung der Stationierung:*

- Koordinaten im örtlichen System (y , x) aus gemessenen Polarkoordinaten:

$$y_i = s_i \cdot \sin r_i$$

$$x_i = s_i \cdot \cos r_i$$

- Schwerpunktskoordinaten in beiden Systemen:

$$y_s = \frac{[y_i]}{n}$$

$$Y_s = \frac{[Y_i]}{n}$$

$$x_s = \frac{[x_i]}{n}$$

$$X_s = \frac{[X_i]}{n}$$

n = Anzahl identische Punkte

- Reduktion auf den Schwerpunkt:

$$y'_i = y_i - y_s$$

$$Y'_i = Y_i - Y_s$$

$$x'_i = x_i - x_s$$

$$X'_i = X_i - X_s$$

- Transformationsparameter:

$$o = \frac{[x'_i \cdot Y'_i - y'_i \cdot X'_i]}{[x'^2_i + y'^2_i]}$$

$$a = \frac{[x'_i \cdot X'_i + y'_i \cdot Y'_i]}{[x'^2_i + y'^2_i]}$$

- Koordinaten des Standpunktes:

$$Y_0 = Y_s - a \cdot y_s - o \cdot x_s$$

$$m = \sqrt{a^2 + o^2}$$

$$X_0 = X_s - a \cdot x_s + o \cdot y_s$$



Für  $m'=1$  gilt nun:  $o' = \frac{o}{m}$   $a' = \frac{a}{m}$

- Restklaffen der Anschlusspunkte:

$$\begin{aligned} v_{Y_i} &= -Y_0 - a' \cdot y_i - o' \cdot x_i + Y_i & \text{Proben:} & [v_{Y_i}] = 0 \\ v_{X_i} &= -X_0 - a' \cdot x_i + o' \cdot y_i + X_i & & [v_{X_i}] = 0 \end{aligned}$$

*Berechnung der Neupunkte:*

- Koordinaten im örtlichen System ( $y, x$ ) aus gemessenen Polarkoordinaten:

$$\begin{aligned} y_N &= s_N \cdot \sin r_N \\ x_N &= s_N \cdot \cos r_N \end{aligned}$$

- vorläufige Koordinaten der Neupunkte:

$$\begin{aligned} Y'_N &= Y_0 + a' \cdot y_N + o' \cdot x_N \\ X'_N &= X_0 + a' \cdot x_N - o' \cdot y_N \end{aligned}$$

- Verbesserungen der Koordinaten (nach Abstandsgewichten):

$$\begin{aligned} v_y &= \frac{[p_i \cdot v_{Y_i}]}{[p_i]} & \Rightarrow & Y_N = Y'_N + v_y \\ v_x &= \frac{[p_i \cdot v_{X_i}]}{[p_i]} & \Rightarrow & X_N = X'_N + v_x \end{aligned}$$

mit  $p_i = \frac{1}{s_i^2}$  und  $s_i = \sqrt{(Y_N - Y_i)^2 + (X_N - X_i)^2}$

Nachfolgend sind die exemplarische Anwendung der Berechnungsformeln anhand einer Stationierung des Standpunktes 5000, sowie die Berechnung des Neupunktes 5001 aufgeführt.

**Exemplarische Berechnung einer Stationierung und eines Neupunktes**

	Y	X	r	s	y	x
20	10000,000	10079,523	92,1752	74,359	73,798	9,117
1	10014,866	10179,347	292,2883	26,569	-26,374	-3,211
2323	10023,871	10182,552	309,1479	32,200	-31,868	4,611

Schwerpkt	Y <sub>s</sub>	X <sub>s</sub>	y <sub>s</sub>	x <sub>s</sub>
S	10012,912	10147,141	5,185	3,506

	Y'	X'	y'	x'
20	-12,912	-67,618	68,613	5,611
1	1,954	32,206	-31,560	-6,716
2323	10,959	35,411	-37,053	1,105

$o = 0,963662$

$a = -0,266997$

Standpunkt	Y <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>
5000	10010,918	10153,073

$m = 0,999966$

$o' = 0,963695 \quad (m = 1)$

$a' = -0,267006 \quad (m = 1)$

Restklaffen	v <sub>Yi</sub>	v <sub>Xi</sub>
20	0,0004	0,0025
1	-0,0005	-0,0005
2323	-0,0001	-0,0014

**exemplarischer Neupunkt:**

	r	s	→	y <sub>N</sub>	x <sub>N</sub>
5001	278,6956	31,382		-29,641	-10,307

	Y' <sub>N</sub>	X' <sub>N</sub>	→	S <sub>5001-20</sub>	S <sub>5001-1</sub>	S <sub>5001-2323</sub>
5001	10008,9000	10184,3905		105,244	7,812	15,083

p <sub>20</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2323</sub>	→	v <sub>y</sub>	v <sub>x</sub>
0,00009	0,01639	0,00440		-0,0004	-0,0007
Σp = 0,02087					

→	Y <sub>N</sub>	X <sub>N</sub>
5001	10008,8995	10184,3898

Die Koordinaten der Neupunkte sind direkt aus dem internen Datenspeicher des Leica TCR 702 zu entnehmen. Aus Dokumentationsgründen erfolgte die rechnerische Auswertung der Stationierungen und der Neupunkte automatisiert mit dem Programmsystem KAVDI (V11.4.3) der Firma GOS GmbH.

Die Berechnungsprotokolle und die Koordinatenverzeichnisse sind als Anlage aufgeführt.

## 2.4. Flächenberechnung als Referenz

Wie schon erwähnt soll die aus der topographischen Aufnahme resultierende Fläche die Referenz- bzw. Vergleichsfläche für die anderen Aufnahmeverfahren darstellen, da die tachymetrische Aufnahme die Methode ist, die die Geometrie des aufzunehmenden Gebiets am exaktesten widerspiegelt.

Die gesamte Planbearbeitung und Flächenberechnung wurde im Programmsystem GEOgraf der Firma HHK-Datentechnik durchgeführt und dokumentiert. Hier wurden die nötigen Linienverbindungen anhand der Feldbücher, sowie die Objektbildungen zur Dokumentation der Flächenberechnung erzeugt. Die entstandenen Flächenprotokolle sind als Anhang beigefügt.

An dieser Stelle sind noch einige Anmerkungen zu machen:

So ist z.B. in den Endbereichen der jeweiligen Fahrbahnflächen eine Festlegung bezüglich der Flächenbegrenzungen zu treffen, um keine Bereiche doppelt zu erfassen, um so die unterschiedlichen Aufnahmeverfahren vergleichbar zu machen. Hier haben wir im Knotenpunkt rechtwinklig zur Straßenachse das Ende der Fahrbahn definiert, weil sich die Verfahren der stationierten Aufnahme, sowie des Regelquerschnitts an den Knotenpunkten orientieren. Weiterhin ordnen sich Straßen einer niedrigeren Kategorie den Straßen einer höheren Kategorie unter. So endet die Straßenfläche der Martin-Luther-Straße, die als Wohnstraße zu betrachten ist, am südlichen Ende mit Ende des Gehwegs an der Fahrbahn der Melchersstraße, die man als Wohnsammelstraße bezeichnen kann.

In der folgenden Übersicht sind die, aus der Flächenberechnung resultierenden Ergebnisse, dokumentiert:

### Flächenübersicht

<b>Straße</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Busbucht</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Parkbucht</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Trennstreifen</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Radweg</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Gehweg</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Straßenfl. Gesamt</b>
<b>Martin-Luther-Straße</b>						
2248,40	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	1251,44	<b>3499,84</b>
<b>Melchersstraße</b>						
4074,56	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	3110,92	<b>7185,48</b>
<b>Wienburgstraße</b>						
2357,04	155,09	entfällt	569,08	665,91	1279,07	<b>5026,19</b>
<b>Friesenring</b>						
7902,28	190,73	135,46	713,90	1479,37	3268,68	<b>13690,42</b>

**16582,28      345,82      135,46      1282,98      2145,28      8910,11**

**Gesamtfläche Messgebiet:      29401,93      m<sup>2</sup>**

<b>Anteile an der Gesamtfläche</b>						
<b>Straße</b>	<b>Busbucht</b>	<b>Parkbucht</b>	<b>Trennstreifen</b>	<b>Radweg</b>	<b>Gehweg</b>	<b>Straßenfl. Gesamt</b>
<b>Martin-Luther-Straße</b>						
7,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,26%	<b>11,90%</b>
<b>Melchersstraße</b>						
13,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,58%	<b>24,44%</b>
<b>Wienburgstraße</b>						
8,02%	0,53%	0,00%	1,94%	2,26%	4,35%	<b>17,09%</b>
<b>Friesenring</b>						
26,88%	0,65%	0,46%	2,43%	5,03%	11,12%	<b>46,56%</b>

## 2.5. Zeitaufwand

Der Zeitaufwand für das gesamte Aufnahmeverfahren unterteilt sich in zwei Bereiche. Einerseits die Arbeiten für den Polygonzug, andererseits die Arbeiten für die eigentliche Aufnahme der örtlichen Situation.

Der Polygonzug nahm mit Erkundung, Punktfestlegung und Messung insgesamt 9,5 Stunden reine Arbeitszeit in Anspruch. Die Nachbearbeitung des Polygonzuges und die Berechnung der Polygonpunkte umfassten in etwa 3 Stunden.

Für die topographische Aufnahme waren 38,0 Stunden reine Messzeit erforderlich. Da neben der Geometrie zusätzlich noch topographische Punkte wie z.B. Kanaldeckel, Regeneinläufe, Vegetation, etc. mitbestimmt wurden, ist diese Zeitangabe sicherlich noch um ca. 1 Stunde reduzierbar. Der Zeitaufwand für die häusliche Nachbearbeitung liegt hier bei ca. 8 Stunden. Wie schon erwähnt können die endgültigen Koordinaten der topographischen Punkte direkt aus dem Gerätespeicher des TCR 702 entnommen werden und somit bedürfen sie keiner gesonderten Nachbearbeitung. Die Arbeitszeit beschränkt sich dabei auf die Nachbearbeitung im Programmsystem GEOgraf.

Insgesamt lässt sich die gesamte Zeit in etwa 8 Arbeitstage (7,5 Stunden / Tag) umrechnen. Für die reine Aufnahme der Örtlichkeit, ohne vorbereitende Festpunktfeldarbeiten, kann man ca. 320 m Streckenlänge pro Arbeitstag veranschlagen.

### **3. Global Positioning System (GPS)**

GPS ist ein satellitengestütztes Funknavigationssystem zur Bestimmung von Position, Geschwindigkeit und Zeit. Es wurde vom Verteidigungsministerium der USA seit den 70er Jahren des letzten Jahrhundert vorwiegend für militärische Navigationsaufgaben entwickelt, wobei aber auch schon eine zivile Nutzung vorgesehen war.

Es sollte eine weltweite, hochgenaue Navigation zulassen, die möglichst losgelöst von meteorologischen Verhältnissen und dem Aufenthaltsort des Nutzers ist.

Als Ergebnis liefert GPS dreidimensionale Positionsangaben in einem einheitlichen, globalen, geodätischen und kartesischen Bezugssystem, dem World Geodetic System 1984 (WGS84). Dieses System hat seinen Koordinatenursprung im Massenmittelpunkt der Erde, die X-Achse verläuft durch den Meridian von Greenwich, die Y-Achse rechtwinklig dazu nach Osten und die Z-Achse stellt die mittlere Umdrehungsachse der Erde dar.[6], [9]

#### **3.1. Die GPS-Segmente**

Das System ist in drei Komponenten gegliedert:

- Das Raumsegment
- Das Bodensegment (Kontrollsegment)
- Das Nutzersegment

##### **3.1.1. Das Raumsegment**

Das GPS Raumsegment besteht aus 24 Satelliten, die auf 6 Bahnebenen die Erde in ca. 20200 km Höhe umkreisen. Die Neigung dieser Bahnebenen gegenüber der Äquatorebene (Inklination) beträgt 55°. Für eine Erdumrundung benötigt ein Satellit ca. 12 Stunden, so dass sich die Satellitenkonstellation täglich wiederholt, wobei eine Verschiebung von etwa 4 Minuten, verursacht durch den Zeitunterschied zwischen Sonnentag und Sterntag, auftritt. Durch diese Positionierung ist gewährleistet, dass an jedem Ort der Erde mindestens vier Satelliten beobachtet werden können. An

Bord der Satelliten befindet sich eine hochpräzise Atomfrequenznormale zur Erfassung der Systemzeit, die beim Global Positioning System eine tragende Rolle spielt.

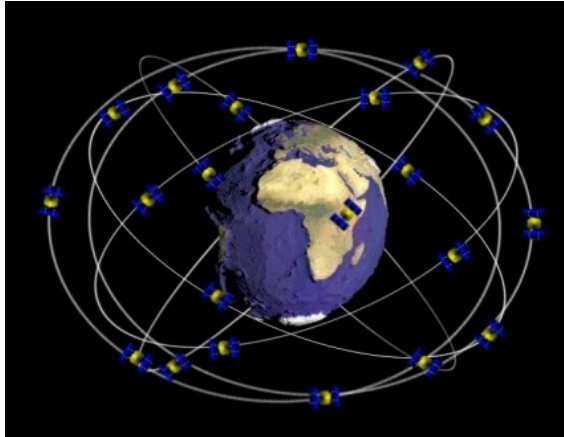


Abb. 3.1.1.-1: GPS-Satellitennetz

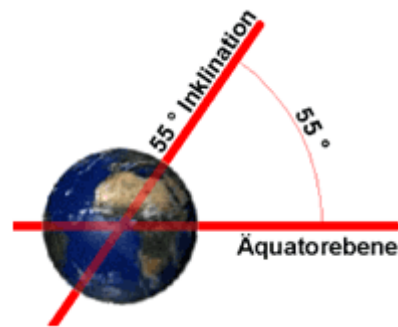


Abb. 3.1.1.-2: Inklination

Die Satelliten senden ständig auf den zwei Trägerfrequenzen,  $L_1$  mit 1575,42 MHz und  $L_2$  mit 1227,60 MHz, codierte Impulsfolgen aus, die mit entsprechenden Geräten des Nutzers empfangen, ausgewertet und gespeichert werden können. Bei den Codes handelt es sich um den Coarse Acquisition Code (C/A- Code), verbreitet auf  $L_1$ , und den Precise Code (P- Code), der  $L_1$  und  $L_2$  aufmoduliert ist. Beide Codes repräsentieren Zeitmaßstäbe der sich an Bord der Satelliten befindlichen Frequenznormale und sind durch die für die Echtzeitnavigation notwendige Navigation-message (NAV-msg) überlagert. Die NAV-msg beinhaltet die Bahndaten der Satelliten sowie Korrekturwerte der Satellitenuhren und weitere Zusatzinformationen.[9]



Abb. 3.1.1.-3: GPS-Satellit



### 3.1.2. Das Bodensegment (Kontrollsegment)

Das Bodensegment besteht aus fünf Monitorstationen, einer Hauptkontrollstation, sowie drei Bodensendestationen. Diese haben unterschiedliche Aufgaben zur Beobachtung und Kontrolle des gesamten Systems und befinden sich an verschiedenen Orten.

Die Monitorstationen in Colorado Springs, Hawaii, Ascension Island (südlicher Atlantik), Diego Garcia (Indischer Ozean) und Kwajalein (Pazifischer Ozean) empfangen über spezielle GPS-Empfänger die Signale der Satelliten und leiten diese zusammen mit zusätzlich gewonnenen meteorologischen Daten an die Hauptkontrollstation weiter.

Die Hauptkontrollstation (MCS = Master Control Station) befindet sich in Colorado, USA und ist die zentrale Informations- und Rechenstelle. Hier werden die eingehenden Daten (Satellitensignale, meteorologische Werte) ausgewertet und zur weiteren Verwendung aufbereitet. Diese werden dann an die Bodensendestationen in Ascension Island, Diego Garcia und Kwajalein übermittelt, die die Werte letztendlich als NAV-msg wieder zu den Satelliten senden. [9]



Abb. 3.1.2.-1: GPS-Kontrollstationen

### **3.1.3. Das Nutzersegment**

Das Nutzersegment ist das letzte Glied in der Kette des GPS-Systems. Dies beinhaltet, wie der Name schon sagt, alle Nutzer des Systems, die man auf zwei Arten gliedern kann: Einerseits nach Nutzergruppen wie z.B. Nachrichtentechnik, Wissenschaft, Verkehrswesen, Navigation, Geodäsie, usw., andererseits nach der erforderlichen Genauigkeit für manche Aufgabenbereiche. Hier sind z.B. in der Vermessung die Bereiche Erkundung, Kartenaufnahme, oder Bauprojekte zu nennen, und bei der Navigation die Bereiche Luftfahrt, Seefahrt oder der Landverkehr. [9]

### **3.2. GPS-Ortungsprinzip**

Das Ortungsprinzip mittels GPS beruht auf der Messung der Entfernungen vom Empfänger zu den Satelliten. Jede Entfernung repräsentiert dabei den Radius einer Kugel um den jeweiligen Satelliten. Geometrisch kann die Positionierung als räumlicher Bogenschlag gesehen werden, wobei noch ein additiver Streckenfehler mitbestimmt wird.

Die Entfernungen können auf zwei verschiedene Arten bestimmt werden, der Code-Messung und der Trägerphasenmessung. [9]

### **3.3. Code-Messung**

Bei der Code-Messung können sowohl der C/A-Code als auch der P-Code benutzt werden. Als gesuchte Messgröße ist die Pseudoentfernung zu nennen. Die Pseudoentfernung (Pseudorange) ist eine durch Laufzeitmessung mittels Code bestimmte Entfernung zwischen Satellit und Empfänger, die um einen gewissen Betrag verfälscht ist.

Das Prinzip dieser Methode ist es, dass ein Sender zum Zeitpunkt  $t_0$  ein Signal aussendet, welches von einem Empfänger zum Zeitpunkt  $t_1$  empfangen wird. Der Zeitunterschied wird durch einen Korrelationsprozess bestimmt, wobei es sich um einen Vergleich zwischen dem vom Satelliten ausgesendeten und einem im Empfänger erzeugten Signal handelt. Der so berechnete Zeitunterschied  $\Delta t = t_1 - t_0$  wird mit der Lichtgeschwindigkeit  $c = 2,99793 \cdot 10^8$  m/s multipliziert. Hierfür wird eine

Übereinstimmung der Uhrzeiten im Sender und im Empfänger vorausgesetzt. Diese Voraussetzung ist nicht gegeben, weil die Uhrzeiten zwischen Satellit und Empfänger ständig differieren. Eine Zeitdifferenz von Sender und Empfänger von einer Nanosekunde ( $1 \text{ sek.} \cdot 10^{-9}$ ) verursacht einen Entfernungsfehler von ca. 30 cm. Eine Zeiterfassung in diesem Genauigkeitsbereich am Empfänger würde einen zu Großen Aufwand bedeuten. Da die ermittelten Entfernungen auf Grund dieser Ungenauigkeit (Uhrenstandsfehler des Empfängers) nicht den realen geometrischen Entfernungen entsprechen, werden diese Pseudoentfernungen  $r$  genannt.

Allerdings ist auch mit diesen fehlerbehafteten Entfernungen eine Positionsbestimmung möglich, zu deren Lösung ein Gleichungssystem mit mindestens vier Gleichungen, auf Grund der vier Unbekannten  $X_E$ ,  $Y_E$ ,  $Z_E$  (Standort des Empfängers) und  $\Delta t_E$  (Uhrenstandsfehler des Empfängers), nötig ist. Hierfür sind Entfernungsmessungen zu vier Satelliten notwendig, was durch die beschriebene Satellitenkonfiguration auch jederzeit möglich ist. Die Satellitenpositionen  $X_i$ ,  $Y_i$  und  $Z_i$  sind dem Empfänger bekannt, da sie mit der NAV-msg übermittelt werden.

Hieraus ergeben sich die folgenden vier Gleichungen, die sich aus dem räumlichen Bogenschlag ergeben und zusätzlich die Ermittlung des additiven Streckenfehlers zulassen:

$$r_i = c \cdot \Delta t_E + \sqrt{(X_i - X_E)^2 + (Y_i - Y_E)^2 + (Z_i - Z_E)^2}$$

$\Rightarrow$  bei vier empfangenen Satellitensignalen :

$$r_1 = c \cdot \Delta t_E + \sqrt{(X_1 - X_E)^2 + (Y_1 - Y_E)^2 + (Z_1 - Z_E)^2}$$

$$r_2 = c \cdot \Delta t_E + \sqrt{(X_2 - X_E)^2 + (Y_2 - Y_E)^2 + (Z_2 - Z_E)^2}$$

$$r_3 = c \cdot \Delta t_E + \sqrt{(X_3 - X_E)^2 + (Y_3 - Y_E)^2 + (Z_3 - Z_E)^2}$$

$$r_4 = c \cdot \Delta t_E + \sqrt{(X_4 - X_E)^2 + (Y_4 - Y_E)^2 + (Z_4 - Z_E)^2}$$

Die mittels der Codemessungen ermittelte Position wird durch verschiedene Fehler beeinflusst. Es treten atmosphärische Fehlereinflüsse auf, die in der Ionosphäre sowie in der Troposphäre auf die Signallaufzeit einwirken. Weil die aufgeführten Gleichungen nur streng im Vakuum gelten, die atmosphärischen Einflüsse also nicht berücksichtigt werden, und die Genauigkeit der Satellitenbahndaten nur bei 10 m bis 20 m liegt ist ein Genauigkeitsverlust in der Positionierung unvermeidlich. Durch die

Einführung der „Dilution of Precision“ Werte (DOP-Werte) soll ein Maß für die Qualität der Positionierung gegeben werden. Die Qualität hängt dabei von der räumlichen Verteilung der in der Lösung benutzten Satelliten ab. Insgesamt gibt es fünf DOP-Werte, G-DOP, H-DOP, P-DOP, T-DOP und V-DOP, wobei die Verwendung der einzelnen DOP-Werte herstellerabhängig ist. Neben diesen natürlichen Fehlerquellen gibt es noch die Selectiv Availability (S/A), die durch eine künstliche Verschlechterung der gesendeten Daten einen zusätzlichen Genauigkeitsverlust verursacht. Die durch Pseudoentfernungen ohne den Einfluss der Selectiv Availability ermittelten Positionen liegen in einem Genauigkeitsbereich von ~ 10 m. Für Aufgaben in der Navigation ist diese Genauigkeit ausreichend, für geodätische Anwendungen ist sie allerdings nicht nutzbar. [9], [10]

### **3.4. Differentielles GPS (DGPS)**

Um die Genauigkeit der Codemessungen zu erhöhen kann man differentielle Verfahren benutzen. Dabei nutzt man die Tatsache, dass zwei Empfänger, die bis zu 1000 km voneinander entfernt stehen, den gleichen Fehlereinflüssen unterliegen. Durch die Differenzbildung die bei dem differentiellen Verfahren durchgeführt wird, spielen folgende Fehlereinflüsse keine Rolle mehr: Die Instabilität der Satellitenuhr, Störungen der Satellitenbahnen, Selectiv Availability, Voraussagefehler der Ephemeriden, sowie Laufzeitverzögerungen durch atmosphärische Einflüsse in der Ionosphäre und Troposphäre. Als Ergebnis erhält man lediglich einen Koordinatenunterschied zwischen beiden Empfängern. Die hiermit erreichbare Genauigkeit liegt bei 1 bis 5 m.

Ist jedoch eine absolute Position eines mit einem Empfänger ausgerüsteten Punktes im System WGS 84 bekannt (Referenzempfänger), so kann aus Koordinaten eine Entfernung zwischen Empfänger und den Satelliten errechnet werden. Aus der Differenz zwischen der gemessenen und der gerechneten Strecke ermittelt der Referenzempfänger Korrekturwerte, die er über eine Datenverbindung an den zweiten Empfänger weitergibt und die dann in seiner Positionierung berücksichtigt wird.

Die Datenübermittlung erfolgt im RTCM- (Radio Technical Commission for Marine Services) Format.

Die Einsatzfähigkeit der differentiellen Methode ist in Deutschland durch die Satellitenpositionierung der Deutschen Landesvermessung (SAPOS) mit dem Echtzeit- Positionierungs- Service (EPS) gegeben. Mittels eines speziellen Decoders sind die per RDS (Radio Data System) über das Hörfunkprogramm ausgestrahlten Korrekturwerte nutzbar.

Neben diesem Dienst gibt es noch hier nicht näher beschriebene Gesellschaften, die einen DGPS Service anbieten (Detex, ASCOS).

Die hiermit erreichbaren Genauigkeiten sind für eine Anwendung in der Geodäsie immer noch nicht ausreichend. [9], [10]

### 3.5. Trägerphasenmessung

In geodätischen Anwendungen ist die Phasenmessung auf der Trägerphase durch eine höhere erreichbare Genauigkeit, die im Millimeterbereich liegt, die ausschlaggebende Methode.

Wie die Code-Messung ist auch die Trägerphasenmessung als Streckenmessung anzusehen. Bei diesem Verfahren wird die Phase auf der Trägerfrequenz gemessen, was auf beiden Trägerfrequenzen  $L_1$  und  $L_2$  möglich ist. Dabei hat die Frequenz  $L_1$  eine Wellenlänge von 19 cm und  $L_2$  von 24 cm.

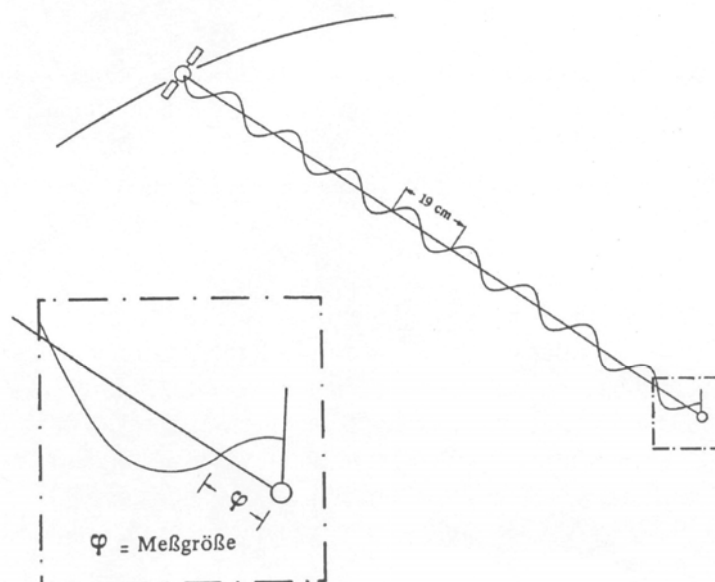


Abb. 3.5.-1: Trägerphasenmessung auf  $L_1$

Anders als bei der Code-Messung ist die Strecke zwischen Satellit und Empfänger nicht direkt berechenbar, da die Anzahl  $n$  der ganzen Wellen in dieser Strecke nicht bekannt ist. Die Phasenmessung ist also mehrdeutig. Zu Messungsbeginn liegt lediglich eine Messung einer Reststrecke durch die Phasenmessung vor. Um Ergebnisse aus der Trägerphasenmessung zu erhalten ist es nötig diese Anfangsmehrdeutigkeiten (Ambiguities) zu lösen. Dieser Vorgang nennt sich Initialisierung.

Vom Signalempfang an registriert der Empfänger neben der Phase auch die ganzen Zyklen des empfangenen Signals, womit er die Streckenänderung zwischen Satellit und Empfänger zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmen kann. Diese Messung wird kontinuierlich in einem bestimmten Takt durchgeführt, wobei es wichtig ist, dass der Empfang des Signals während der Messung nicht unterbrochen wird. Mit den daraus gewonnenen Daten aus den Messungen zu mehreren Satelliten ist eine Lösung der Anfangsmehrdeutigkeiten möglich. [9]

### 3.6. Precise Differential GPS (PDGPS)

Im Gegensatz zu den Codemessungen wird bei geodätischen Anwendungen die Trägerphasenmessung immer mit der differentiellen Methode genutzt, was als Präzise differentielle GPS (PDGPS)-Messung bezeichnet wird.

Bei geodätischen GPS-Messungen müssen immer zwei GPS-Empfänger zur gleichen Zeit dieselben vier (oder mehr) Satelliten anmessen. Als Ergebnis daraus ergeben sich dreidimensionale Koordinatendifferenzen der GPS-Empfängerstandpunkte im Bezugssystem WGS 84. Dieser Koordinatenunterschied wird auch als Basislinie bezeichnet, die durch die Trägerphasenmessung eine Genauigkeit im Millimeterbereich aufweist. Ein Empfängerstandpunkt ist im WGS 84 bekannt, der andere wird mittels der millimetergenauen Basislinie polar angehängt.

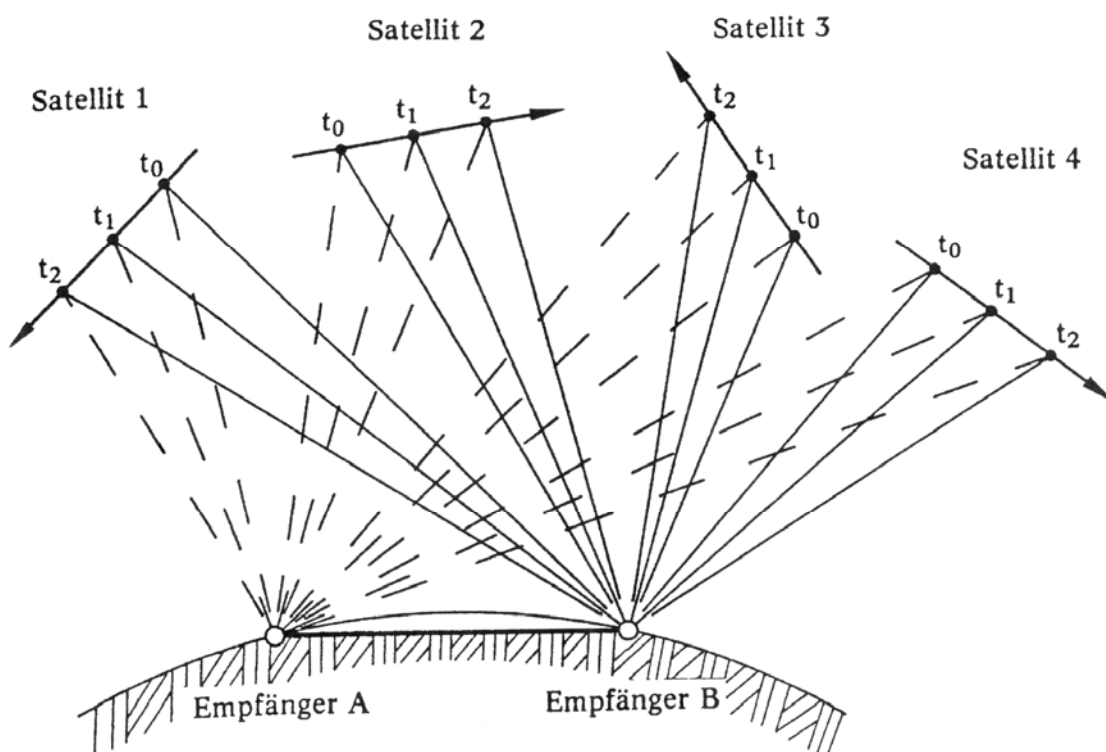


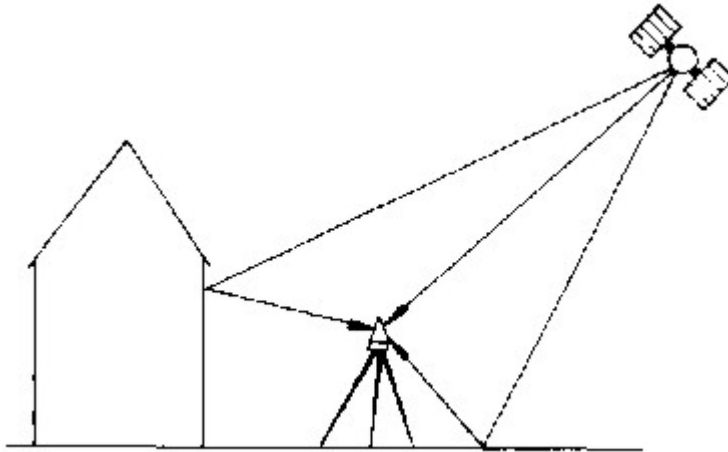
Abb. 3.6.-1: Basislinie aus Trägerphasenmessung

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass genau wie bei DGPS auftretende atmosphärische und zeitliche Fehler durch die Differenzbildung eliminiert werden.

Die Genauigkeit einer solchen Messung nimmt mit zunehmender Basislinienlänge ab, weil damit auch die atmosphärischen Unterschiede größer werden und die Refraktion in der Troposphäre und Ionosphäre unterschiedlich auf beide Empfänger

wirkt. Auch die Fehler der Satellitenbahndaten haben bei größerer Basislinienlänge einen größeren Einfluss auf die Genauigkeit. [9], [10]

Ein weiterer Fehlereinfluss ist der Mehrwegeeffekte (Multipath), bei dem die Antenne, bedingt durch die örtliche Situation (Straßenschlucht), nicht nur das direkte Satellitensignal empfängt, sondern zusätzlich auch von Objekten abgelenkte Signale. [10]



**Abb. 3.6.-2:** Mehrwegeeffekt (Multipath)

Bei der Nutzung des PDGPS wird zwischen den Methoden der statischen Messung und der Real Time Kinematic (RTK) unterschieden.



### **3.7. Statische Messung**

Bei der statischen Messung bleiben beide Empfänger in ihrer Position für die Dauer der Messung unverändert.

Nachdem alle nötigen Daten über einen ausreichend langen Zeitraum aufgezeichnet wurden, bei modernen Zweifrequenzempfängern (Empfang der beiden Trägerphasen möglich) und hinreichenden Satellitenkonstellation liegt die Beobachtungszeit bei unter einer Minute, werden diese auf einem externen Rechner im Post Processing ausgewertet. Neben den gespeicherten Daten der Phasenmessung müssen zwingend auch die Bahndaten der Satelliten zum Zeitpunkt der Aufzeichnung vorliegen. Diese Daten können aus der empfangenen NAV-msg oder nachträglich von speziellen Internetseiten (Bsp. International GPS Service, IGS) bezogen werden. Ist durch das Beobachtungsmaterial eine Lösung der Anfangsmehrdeutigkeiten nicht möglich, so ist der Basislinie lediglich dezimetergenau bestimmbar, und somit für geodätische Anwendungsaufgaben unbrauchbar.

### **3.8. Real Time Kinematic (RTK)**

Beim RTK- Verfahren befindet sich ein Empfänger auf einer festen Position (Referenz), während ein zweiter Empfänger im Gegensatz zur statischen Messung frei beweglich ist (Rover). Dieses Verfahren hat seine Vorteile in kurzen Messzeiten und Auswertung in Echtzeit im Empfänger. Neupunkte können hiermit im Felde direkt bestimmt werden. Voraussetzung hierfür ist auch wiederum eine gleichzeitige Trägerphasenmessung zu mindestens vier gleichen Satelliten von beiden Empfängern. Wenn der Neupunkt direkt koordiniert werden soll, müssen die Koordinaten der Referenz im WGS 84 bekannt sein oder es muss eine Punktbestimmung durch eine Codemessung erfolgen.

Ist der Referenzpunkt bekannt, so werden nun von beiden Empfängern Trägerphasenmessungen durchgeführt. Per Funk sendet die Referenz Daten an den Rover, so dass er jetzt die Anfangsmehrdeutigkeiten lösen kann und in der Lage ist einen Basisvektor zu bestimmen. Dieser Vorgang wird auch hier als Initialisierung bezeichnet. Der Rover wird durch die Basislinie polar an den Referenzpunkt angehängt. Von diesem Zeitpunkt an „klebt der Zentimeter an der Antenne“, auch wenn der Rover in Bewegung gesetzt wird [10]. Die Referenz sendet stetig ihre

Daten an den Rover, so dass dieser jederzeit die Basislinie neu berechnen kann und somit die Position des Rovers in Echtzeit bestimmt wird.

Die Initialisierung bleibt bis zu einem Abreißen der Satellitensignale erhalten. Damit ist auch das Hauptproblem der kinematischen GPS-Vermessung genannt. Sollte der Verlust der Initialisierung auftreten so muss diese neu realisiert werden. Auch mit bewegter Antenne ist eine erneute Lösung der Anfangsmehrdeutigkeiten „On The Fly“ möglich. Generell ist zu sagen, dass die Initialisierung mit Zweifrequenzempfängern schneller realisiert wird, als wenn nur eine Frequenz empfangen werden kann. Ebenfalls trägt eine höhere Anzahl als die Mindestanzahl von vier Satelliten zu einer schnelleren Initialisierung bei. [10]

### 3.9. SAPOS (Satellitenpositionierungsdienst)

SAPOS wurde von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (ADV) ins Leben gerufen. Grundgedanke ist es, GPS-Nutzern mit nur einem Empfänger eine zentimetergenaue Positionierung in einem einheitlichen Koordinatensystem zu ermöglichen. Es handelt sich hierbei um ein Netz von GPS- Referenzstationen mit Abständen von ca. 50 bis 70 km. Die Referenzpunkte sind im ETRS 89 (European Terrestrial Reference System 1989) koordiniert. ETRS 89 ist ein Koordinatensystem, das in Europa an die Stelle des WGS-84 tritt. [11] Verantwortlich für die Errichtung und den Betrieb der einzelnen Stationen sind die jeweiligen Bundesländer.

SAPOS ist sowohl für die Anwendungen in der Navigation, aber auch für geodätische Zwecke im Genauigkeitsbereich von unter einem cm einsetzbar. Dafür stehen dem Nutzer verschiedene Services mit den aufgeführten Eigenschaften zur Verfügung:

- Echtzeit- Positionierungsservice (EPS)
  - Echtzeit, Codemessung
  - Datenübertragung über Rundfunk, Satelliten, Internet im RTCM Format
  - Positionsfehler 1–3 m
  
- Hochpräziser- Echtzeit- Positionierungsservice (HEPS)
  - Echtzeit, Trägerphasenmessung
  - Datenübertragung über 2-m-Band, Mobilfunk (GSM) im RTCM Format
  - Positionsfehler 1–5 cm
  
- Geodätischer Präziser Positionierungsservice (GPPS)
  - Post Processing, Trägerphasenmessung
  - Datenübertragung über Telefon, ISDN, Mobilfunk
  - Positionsfehler 1 cm
  
- Geodätischer Hochpräziser Positionierungsservice (GHPS)
  - Post Processing, Trägerphasenmessung
  - Datenübertragung über Telefon, ISDN, Mobilfunk, Datenträger
  - Positionsfehler < 1cm

In unserer Diplomarbeit kam HEPS zum Einsatz, so dass wir nur auf diesen Service näher eingehen.

Ursprünglich war geplant in NRW 40 Referenzstationen einzurichten, wobei deren Abstände etwa 40 km betragen. Ein Empfänger sollte von der nächstgelegenen Referenzstation die notwendigen Korrekturwerte in Echtzeit erhalten. Die Übertragung der Daten im RTCM-Format erfolgte über 2-m Funk oder Mobilfunk. In einem Versuch wurde in einem Teilgebiet Nordrhein-Westfalens diese Referenzstationenkonfiguration eingerichtet und auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft. Es stellte sich heraus, dass die Genauigkeit der Basislinienbestimmung für spezielle geodätische Anwendungen, z. Bsp. Festpunktfeldarbeiten nicht ausreichte. Dadurch wurde ein flächendeckender Einsatz verhindert.

Um die Genauigkeit von HEPS zu erhöhen beschreitet man nun einen alternativen Weg. Die Referenzstationen senden ihre empfangenen Rohdaten zu einem gemeinsamen Rechenzentrum. Dort werden in Echtzeit durch Auswertung aller durch die Referenzstationen empfangenen Rohdaten für alle Punkte innerhalb des Referenzpunktrasters ortsabhängige Fehlereinflüsse bestimmt. Der Nutzer kann jetzt über Mobilfunk die für seine durch Codemessung ermittelte Näherungsposition zutreffenden Korrekturwerte erhalten. Die angegebene erreichbare Genauigkeit der Positionierung liegt bei zwei cm.

Neben dem Positionierungsdienst SAPOS der Vermessungsverwaltungen der Länder bietet auch die Ruhrgas AG mit ASCOS einen präzisen Dienst in diesem Genauigkeitsbereich an.

Bei Vernetzung der Referenzstationen kann zwischen zwei Methoden zur Korrektur der ortsabhängigen Fehlereinflüsse unterschieden werden. Zum einen ist da die VRS-Technik (Virtuelle Referenzstation), zum anderen die FKP-Technik (Flächenkorrekturparameter) zu nennen. In dieser Arbeit kam die VRS Technik zum Einsatz. [9], [10], [11]

### **3.10. Virtuelle Referenzstation (VRS)**

Der Empfänger des Nutzers stellt mittels GSM-Modem eine Datenverbindung zum Rechenzentrum her und übermittelt seine Näherungsposition. Daraufhin wird vom Rechenzentrum durch lineare Interpolation zwischen den drei sich um die Näherungsposition gelegenen Referenzstationen ein ortsabhängiger Fehler berechnet. In unmittelbarer Umgebung der Referenzstation wird eine nicht existierende Referenzstation simuliert, die „Virtuelle Referenzstation“: Das Rechenzentrum setzt einen Datenfluss in Gang, wie er auch von einer richtigen Referenzstation gesendet würde, In diesen Daten sind die auf die virtuelle Referenzstation bezogenen Korrekturen und die Koordinaten der virtuellen Referenzstation enthalten. Der Rover rechnet nun wie bei jeder differentiellen Trägerphasenmessung eine Basislinie zwischen der virtuellen Referenzstation und seinem Standpunkt und kann so seine Position exakt bestimmen. Mit dieser Methode ist eine Genauigkeit der Positionierung von 2 cm gewährleistet. [10]

### 3.11. Instrumentarium

Bei der durchgeführten Aufnahme mit GPS verwendeten wir das GPS System 500 von Leica.

#### 3.11.1. Leica GPS System 500

*Antenne AT 502:*

Empfang von  $L_1$  und  $L_2$ , integrierte Grundplattenabschirmung [8]

*Empfänger SR 530:*

12  $L_1$  und 12  $L_2$  Empfangskanäle, auf  $L_1$  empfang von C/A-Code, P-Code und der Trägerphase, auf  $L_2$  empfang von P-Code und der Trägerphase [8]

*sonstige Ausstattung:*

2-m Lotstock, Eingabeeinheit Terminal TR 500, GSM-Modem [8]



Abb. 3.11.1.-1: Leica GPS System 500

### 3.12. Aufnahme

Bei der Aufnahme arbeiteten wir im RTK-Verfahren mit der durch SAPOS zur Verfügung gestellten VRS-Technik, wodurch bei unserer Arbeit ein GPS- Empfänger ausreichte. Mit der Aufnahme mittels GPS sollten, wie bei der tachymetrischen Aufnahme, für die Geometrie maßgebliche Punkte aufgenommen werden, um so Flächen ermitteln zu können. Bei der Messung hielten wir den am Lotstock befestigten Empfänger (Rover) für einen Zeitraum von 5 Sekunden über dem aufzunehmenden Punkt auf, in der die Positionierung berechnet wurde.

Eine Initialisierung erfolgte nur in Kreuzungsbereichen, wo dann auch die Aufnahme einiger Punkte möglich war. Sobald wir diese Kreuzungsbereiche verließen oder uns in den Randbereich in die Nähe von Bebauung oder Baumbewuchs bewegten, trat in

den meisten Fällen ein sofortiger Verlust der Initialisierung auf. Der Verlust der Initialisierung ist auf den Abriss von Satellitensignalen, verursacht durch Abschattungen der Gebäude oder der Bäume, von einigen in der Lösung gebrauchten Satelliten zurückzuführen.



Abb. 3.12.-1: Straßenschlucht



Abb. 3.12.-2: alleearziger Baumbewuchs

Es stellte sich schnell heraus, dass eine, für eine Flächenbildung ausreichende, Punktbestimmung im Randbereich, also bei den Straßenbegleitflächen, durch die schon in der Einleitung beschriebene Topographie unseres Messgebietes nicht möglich war. Dies wird auch an den Abbildungen 3.12.-1 und 3.12.-2 deutlich. Daher konzentrierten wir uns auf die Erfassung der für die Fahrbahnflächen maßgebenden Punkte.

Bei Punkten, an denen keine Initialisierung bestand versuchten wir eine Aufnahme zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal. Aber auch eine mit der zeitlichen Verschiebung einhergehende Änderung der Satellitenkonstellation brachte keine nennenswerten Erfolge. So war z.B. am 09.11. in der Zeit von 11.00 bis 12.55 Uhr (siehe Anlage GPS-Daten) zwar eine Initialisierung auf offenem Gelände möglich, sobald man sich aber in den Randbereich und damit in den Einflussbereich von Abschattungen begab, war ein sofortiger Initialisierungsverlust die Folge, und so war in dieser Zeit keine Punktaufnahme möglich.

Nach einer Messdauer von rund 7 Stunden verteilt über 2 Tage brachen wir die GPS-Vermessung ab. Aus unserer Sicht machte eine Fortsetzung keinen Sinn mehr, weil der zeitliche Aufwand im Vergleich zur Anzahl der aufgenommenen Punkte in keinem zu rechtfertigenden Verhältnis stand. In diesen 7 Stunden nahmen wir lediglich 128 Punkte auf. Nur bei der Fahrbahn in der Martin-Luther-Straße ist es uns gelungen genügend Punkte für eine Flächenermittlung aufzunehmen. Hier war der geradlinige



Verlauf der Straße ausschlaggebend, sodass die aufgenommenen Punkte eine Abgrenzung zuließen. Die restlichen Flächen konnten nur fragmenthaft, überwiegend durch Punkte in Kreuzungsbereichen abgegrenzt werden.

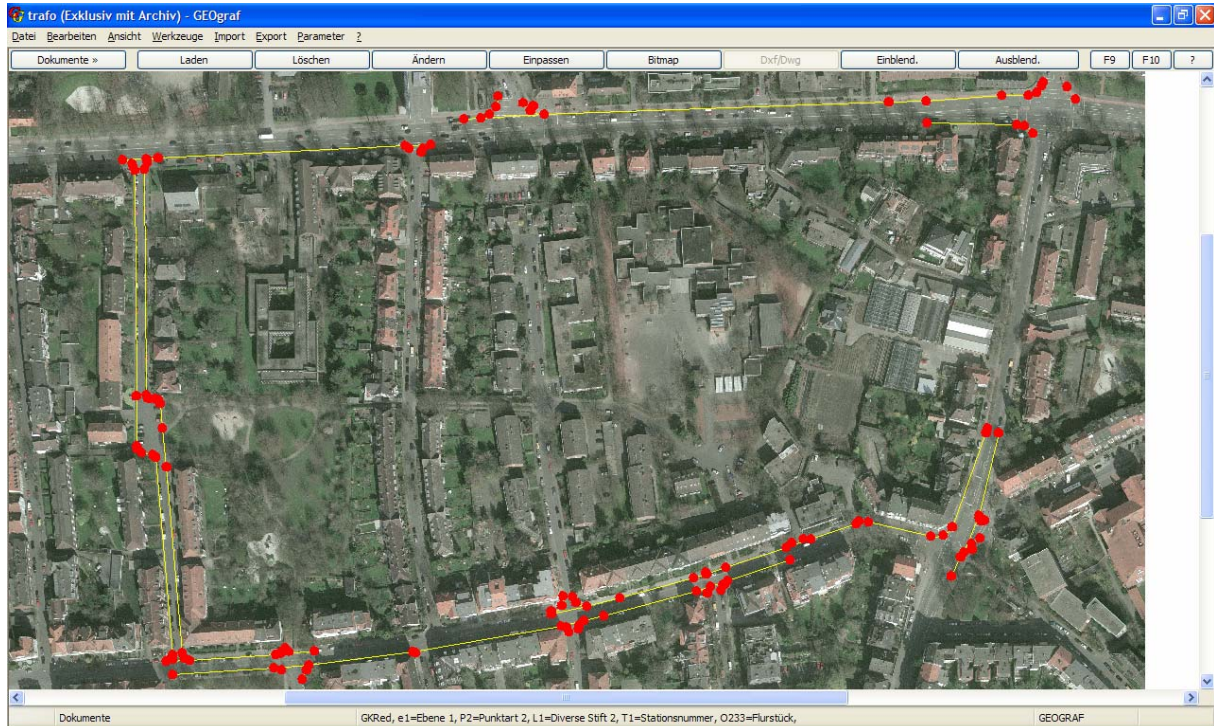


Abb. 3.12.-3: GPS-Aufnahme

### 3.13. Flächenberechnung

Wie schon bei der Flächenberechnung der Tachymeter-Aufnahme erfolgte die Auswertung mit dem Programmsystem GEOgraf.

Die Punkte wurden im Universalen-Transversalen-Mercator-System (UTM System) direkt durch den GPS-Empfänger ausgegeben, daher muss noch eine Flächenreduktion vorgenommen werden. Die Berechnung dieser Reduktionen erfolgte nach Eingabe der Parameter ebenfalls mit GEOgraf, das folgenden Formelapparat verwendet:



Für die Flächenreduktion ist zuerst die Berechnung einer Streckenreduktion notwendig. Die Formel hierfür lautet: [15]

$$f_s = \left(1 + \frac{R_m^2}{2 \cdot r^2} - \frac{h}{r}\right) \cdot R_F$$

$R_m$  = mittlerer Rechtswert = 405148,8001 m

$r$  = Erdradius = 6383000 m

$h$  = mittlere Höhe des Gebiets = 103 m

$R_F$  = Maßstabsreduktion = 0,9996

Der Reduktionsfaktor für Flächen ist das Quadrat des Streckenreduktionsfaktors:

$$f_F = f_s^2$$

Die Umrechnung der Flächen ist dann nach folgenden Formeln vorzunehmen:

$$F_N = \frac{F_K}{f_F}$$

$F_K$  = Fläche aus Koordinaten

$F_N$  = Fläche in der Natur

Nachfolgend das Flächenberechnungsprotokoll mit Berücksichtigung der Flächenreduktion.

Flächenbezeichnung : Fahrbahn Martin-Luther-Straße

-----

	000020	000019	000202	
R = -7.330	m	000204	000205	
R = -8.456	m	000207	000018	
R = -2.010	m	000016	000015	
R = 3.325	m	000013	000012	
	000026	000031	R = -4.371	m
	000033	000030	R = -4.128	m
	000028	000025	R = -2.328	m
	000023	000022	R = 3.623	m
	000020			2240.121 m <sup>2</sup>
Flächenreduktion mit Höhenreduktion				1.371 m <sup>2</sup>
Reduzierte Fläche				2241.492 m <sup>2</sup>

### 3.14. Zeitaufwand

Insgesamt haben wir zwei Tage mit der Punktbestimmung durch GPS verbracht, ohne allerdings, wie schon erwähnt, durchgängig brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Als Vergleich zur Tachymeter-Aufnahme wird an dieser Stelle ein Überblick über die aufgenommenen Punkte gegeben:

Anzahl der aufgenommenen Punkte	
Tachymeter-Aufnahme	GPS
1834	128

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass mit GPS-Technik lediglich ca. 7% der gesamten relevanten Punkte aufgenommen werden konnten und somit eine weitere flächenmäßige Auswertung, auch auf Grund der Punktlage, nicht möglich ist.

Theoretisch ist die Aufnahme mit diesem Verfahren mit der Tachymeter-Aufnahme vergleichbar. Die Genauigkeit liegt für diesen Zweck ebenfalls in einem sehr guten Bereich. Zusätzlich ist bei der Aufnahme mittels GPS ein wesentlich geringerer Zeitaufwand nötig, weil durch das beschriebene RTK-Verfahren eine kurze Verweildauer auf jedem Punkt ausreichend ist.

Praktisch ist dieses Verfahren jedoch, bedingt durch die bereits erläuterten Problematiken, leider nicht durchgängig anwendbar.

## 4. Knotenpunkte

Ein Knotenpunkt ist der Schnittpunkt der Mittelachsen aufeinander treffender Straßen. Sie sind die wesentlichen Elemente des Knoten-/Kantenmodells und dienen der Festlegung von Straßenabschnitten.

Das Knoten-/Kantenmodell ist ein Ordnungssystem, welches das Straßennetz als Folge von Kanten repräsentiert, die jeweils durch Knoten verbunden sind. Eine Kante bildet hierbei die Mittelachse der Straße oder der Fahrbahn hinreichend genau ab. [7] Durch die Bildung von Abschnitten ist es möglich jeden einzelnen Straßenabschnitt mit einer individuellen ID zu versehen, und so zu kategorisieren, zu gliedern und für eine Datenbank erfassbar zu machen.

Für unsere Untersuchungen sind die Knotenpunkte Anfangs- bzw. Endpunkt bei der stationierten Aufnahme, sowie bei der Aufnahme nach Regelquerschnitt. Durch diese durchgängige Unterteilung wird jeder Abschnitt für sich flächenmäßig erfasst. Beide Verfahren werden im späteren Verlauf dieser Arbeit noch erläutert.

Da wir die betreffenden Knotenpunkte auf drei verschiedene Arten bestimmt haben, ist hier eine Unterscheidung zu machen: Man kann die Punkte rein optisch in der Örtlichkeit festlegen, aufmessen und so koordinatenmäßig bestimmen, aus der vorherigen topographischen Aufnahme rechnerisch ermitteln, sowie aus einem Luftbild digitalisieren.

## 4.1. Aufnahme der örtlich ermittelten Knotenpunkte

Zur Bestimmung der Knotenpunkte durch diese Methode orientiert man sich lediglich an den örtlichen Gegebenheiten wie z.B. Hochbord oder Fahrbahnmarkierung. Man überlegt sich den Verlauf der Mittelachsen der jeweiligen Straßen und bringt diese gedanklich zum Schnitt. Je nach dem wie der entstandene Punkt verwendet werden soll, ist dieser zu vermarken oder lediglich aufzumessen und so koordinatenmäßig zu bestimmen.

Da dies ein sehr subjektives Verfahren ist, kann es bei mehreren Beobachtern zu unterschiedlichen Einschätzungen kommen.

Wir haben bei unserer Tätigkeit die unterschiedlichen Resultate vor Ort diskutiert, versucht Kompromisse zu finden und uns jeweils auf eine eindeutige Lage festgelegt, die die zu ermittelnden Knotenpunkten am realistischsten widerspiegelt.



Abb. 4.1.-1: Beispiel Knotenpunkt

## 4.2. Berechnung der „tatsächlichen“ Knotenpunkte

Bei dieser Methode bildet man rechnerisch die Mittelachsen der jeweiligen Straßen und bringt diese zum Schnitt. Bei zwei geradlinigen Straßen ist dies auch relativ unproblematisch. Heikel wird es an Kreuzungen, an denen sich mehr als zwei Mittelachsen treffen, und an Einmündungen, die auf einen nicht geradlinigen Straßenverlauf treffen. Hier kommt es zu unvermeidlichen Ungenauigkeiten.

Bringt man in diesen Bereichen die berechneten Mittelachsen zum Schnitt, erkennt man, dass sich hier mehr als nur ein einheitlicher Knotenpunkt anbietet. An solchen Stellen, haben wir durch Mittelbildung der verschiedenen Schnittpunkte einen Knotenpunkt bestimmt, und somit einen sinnvollen Kompromiss gefunden.

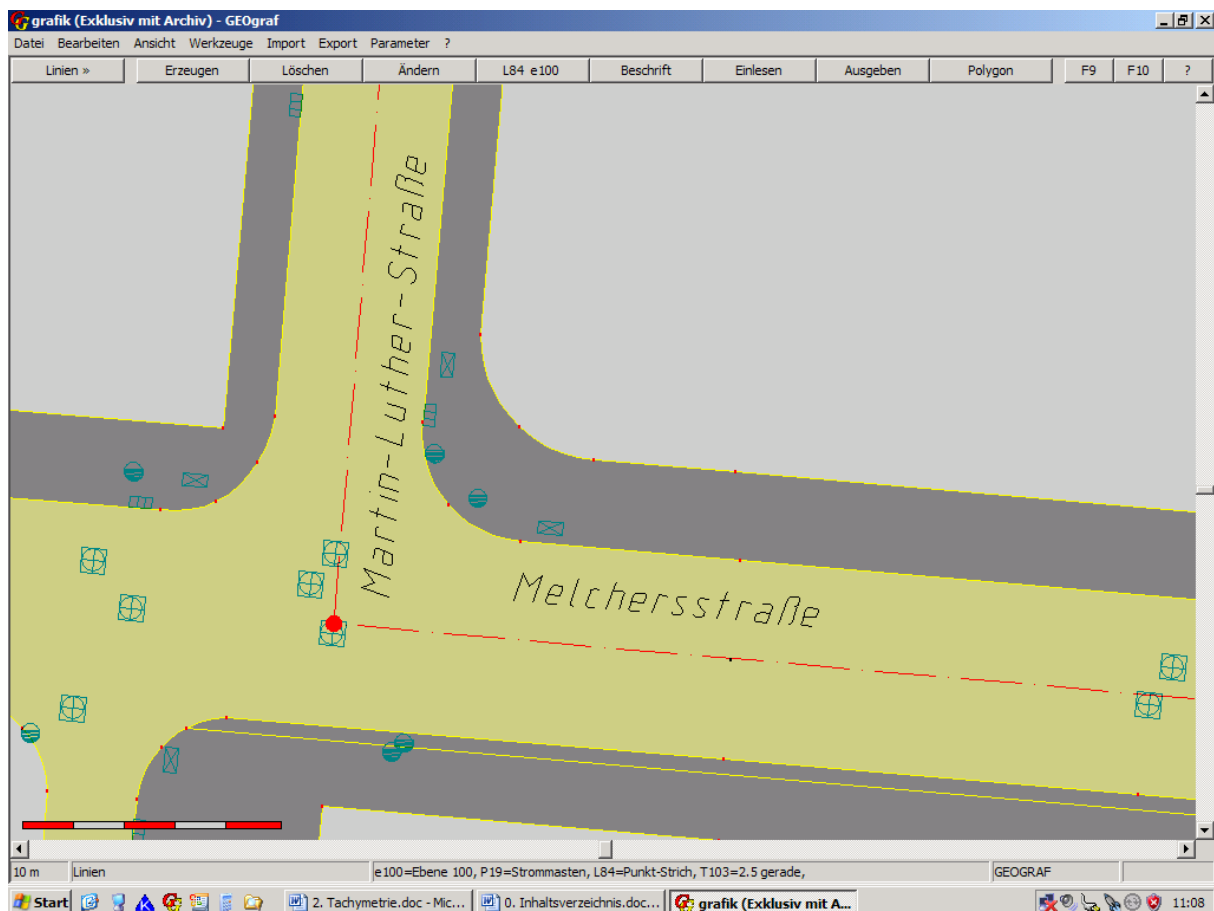


Abb. 4.2.-1: Beispiel „tatsächlicher“ Knotenpunkt

Ergänzend ist hier zu erwähnen, dass wir für die Berechnung der Knotenpunkte in den Einmündungsbereichen weitere Punkte, die weiter in die einmündenden Straßen reichen und damit die Ermittlung der Mittelachsen begünstigen, benutzt haben, als auf dem beigefügten Plan zu erkennen sind.

### 4.3. Digitalisierung von Knotenpunkten

Die Knotenpunkte die hierbei entstehen, wurden im Zuge der Digitalisierung der Straßenflächen aus dem Luftbild erzeugt. Wie bei der in 4.1. erläuterten örtlichen Ermittlung von Knotenpunkten wird auch hier gedanklich der Schnittpunkt der Mittelachsen gebildet. Diese Methode ist ebenfalls sehr subjektiv und somit abhängig vom Auge des Digitalisierers. Eine genaue Beschreibung der Digitalisierung sowie der Einpassung des Luftbildes im Programm GEOgraf findet sich im zu einem späteren Zeitpunkt im Kapitel 7.2.

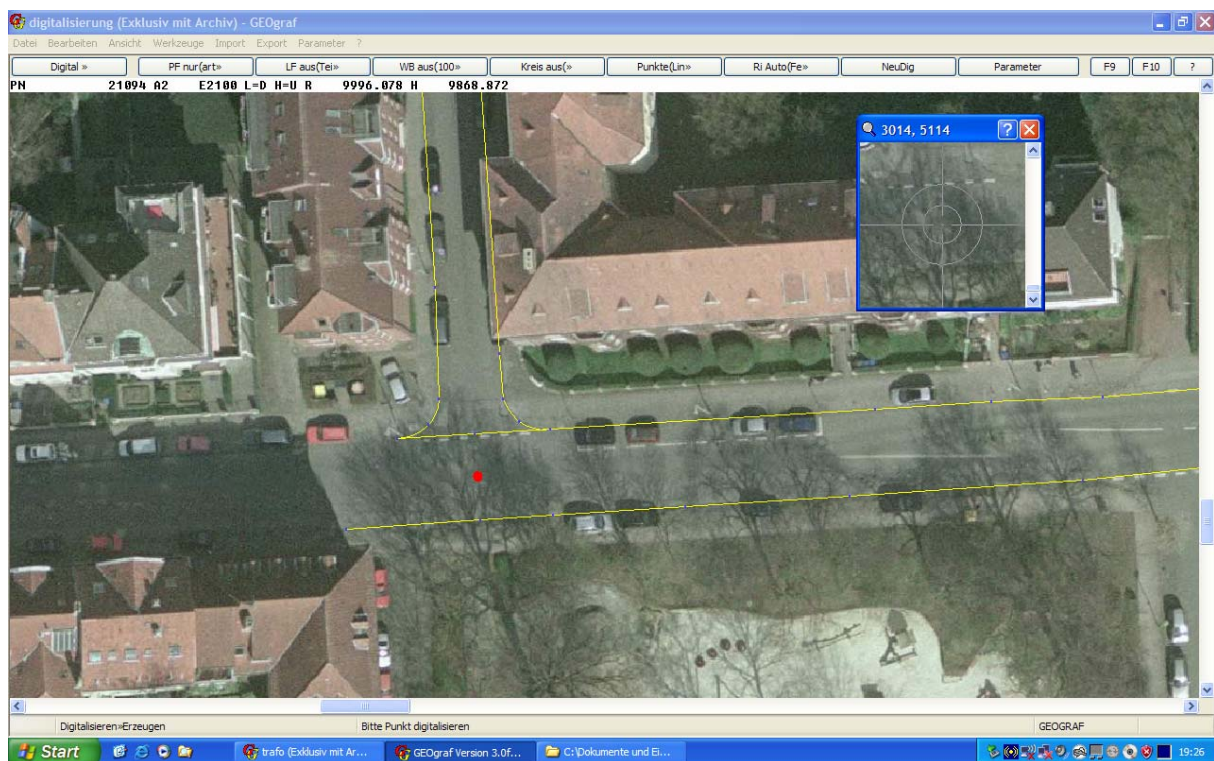


Abb. 4.3.-1: Digitalisierter Knotenpunkt

#### **4.4. Vergleich der verschiedenen Methoden**

Die angewendeten Methoden lassen sich nun untereinander Vergleichen und ihre Genauigkeiten gegenüberstellen.

Die erste Betrachtung soll dabei der Vergleich gerechneter und örtlich hergestellter Knotenpunkte sein.

Dem folgt der Vergleich zwischen gerechneten und digitalisierten Knotenpunkten, und zuletzt wird die reine Wiederherstellbarkeit in der Örtlichkeit verglichen.

In der Praxis werden in der Regel die Knotenpunkte in häuslicher Vorbereitung durch Digitalisierung aus Luftbildern oder topographischem Kartenmaterial erfasst. Hierbei kann es jedoch auch dazu kommen, dass, auf Grund der Gegebenheiten, von den strengen Schnittpunkten der Mittelachsen abgewichen wird, z.B. in Bereichen, an denen in relativ kurzen Abständen (ca. 5-10 m) zwei Einmündungen aufeinander folgen. Der kurze Abschnitt wird dann nicht gesondert aufgeführt, sondern mit einem anderen angrenzenden Abschnitt vereint.

Die häuslich ermittelten Knotenpunkte werden dann durch die Außendienstmitarbeiter in der Örtlichkeit hergestellt und benutzt. Sollte es jedoch dazu kommen, dass sich vor Ort eine andere Lage der Knoten und Kanten anbietet, ist es durchaus möglich diese nachträglich zu verbessern.

Für unsere Untersuchungen sind wir allerdings nur streng nach geometrischen Gesichtspunkten vorgegangen.

**Vergleich I: gerechnet - örtlich**

gerechnet ("tatsächlich")			örtlich		
Nr.	Y [m]	X [m]	Nr.	Y [m]	X [m]
<b>18001</b>	10020,443	10190,167	<b>19001</b>	10020,012	10190,087
<b>18002</b>	10582,514	10128,347	<b>19002</b>	10581,444	10128,315
<b>18003</b>	10481,296	9868,500	<b>19003</b>	10481,367	9868,848
<b>18004</b>	entfällt	entfällt	<b>19004</b>	entfällt	entfällt
<b>18005</b>	10388,370	9883,056	<b>19005</b>	10387,760	9882,867
<b>18006</b>	10332,787	9873,090	<b>19006</b>	10332,819	9873,646
<b>18007</b>	10242,305	9862,901	<b>19007</b>	10242,140	9863,622
<b>18008</b>	10156,225	9860,618	<b>19008</b>	10156,351	9860,770
<b>18009</b>	10146,433	9860,693	<b>19009</b>	10146,151	9860,804
<b>18010</b>	10066,882	9862,546	<b>19010</b>	10067,875	9862,987
<b>18011</b>	9995,968	9868,893	<b>19011</b>	9996,096	9868,944
<b>18012</b>	9993,426	10003,580	<b>19012</b>	9993,703	10003,483
<b>18013</b>	10006,857	10035,450	<b>19013</b>	10006,465	10035,514
<b>18014</b>	10250,088	10166,238	<b>19014</b>	entfällt	entfällt

**Vergleich II: gerechnet - digitalisiert**

gerechnet ("tatsächlich")			digitalisiert		
Nr.	Y [m]	X [m]	Nr.	Y [m]	X [m]
<b>18001</b>	10020,443	10190,167	<b>21001</b>	10020,598	10189,867
<b>18002</b>	10582,514	10128,347	<b>21002</b>	10581,004	10128,704
<b>18003</b>	10481,296	9868,500	<b>21003</b>	10482,096	9868,024
<b>18004</b>	entfällt	entfällt	<b>21004</b>	entfällt	entfällt
<b>18005</b>	10388,370	9883,056	<b>21005</b>	10388,894	9882,605
<b>18006</b>	10332,787	9873,090	<b>21006</b>	10332,018	9871,522
<b>18007</b>	10242,305	9862,901	<b>21007</b>	10242,018	9862,962
<b>18008</b>	10156,225	9860,618	<b>21008</b>	10156,645	9860,475
<b>18009</b>	10146,433	9860,693	<b>21009</b>	10147,845	9860,393
<b>18010</b>	10066,882	9862,546	<b>21010</b>	10066,788	9863,006
<b>18011</b>	9995,968	9868,893	<b>21011</b>	9996,078	9869,200
<b>18012</b>	9993,426	10003,580	<b>21012</b>	9993,182	10003,784
<b>18013</b>	10006,857	10035,450	<b>21013</b>	10005,980	10035,593
<b>18014</b>	10250,088	10166,238	<b>21014</b>	10251,178	10167,495



Nr.	Genauigkeiten I: gerechnet - örtlich			Genauigkeiten II: gerechnet - digital.		
	d [m]	v [m]	v v [m <sup>2</sup> ]	d [m]	v [m]	v v [m <sup>2</sup> ]
1	0,438	0,080	0,0063	0,338	0,517	0,2668
2	1,070	-0,553	0,3054	1,552	-1,034	1,0686
3	0,355	0,163	0,0265	0,931	-0,413	0,1706
4						
5	0,639	-0,121	0,0146	0,691	-0,173	0,0301
6	0,557	-0,039	0,0015	1,746	-1,229	1,5093
7	0,740	-0,222	0,0492	0,293	0,224	0,0504
8	0,197	0,320	0,1027	0,444	0,074	0,0055
9	0,303	0,215	0,0462	1,444	-0,926	0,8568
10	1,087	-0,569	0,3233	0,470	0,048	0,0023
11	0,138	0,380	0,1445	0,326	0,192	0,0368
12	0,293	0,224	0,0504	0,318	0,200	0,0399
13	0,397	0,121	0,0146	0,889	-0,371	0,1374
14				1,664	-1,146	1,3131

0,518

$\Sigma_{vv} =$  0,4563

0,854

$\Sigma_{vv} =$  4,4190

$s_d =$  0,225 m

$s_d =$  0,607 m

**Anmerkung:**

Rot markierte Zeilen werden auf Grund der Verbesserungen als Ausreißer betrachtet, und gehen nicht in die Genauigkeitsberechnung ein!

Die Standardabweichung  $s_d$  stellt die Genauigkeit der Koordinatendifferenz  $d$  der jeweiligen Knotenpunkte dar und wird nach den folgenden Formeln berechnet:

$$d = \sqrt{(Y_{\text{örtlich/digital.}} - Y_{\text{gerechnet}})^2 + (X_{\text{örtlich/digital.}} - X_{\text{gerechnet}})^2}$$

$$v = d_{\text{Mittel}} - d_i$$

$$s_d = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

Der Vergleich der Verfahren zeigt, dass sich, mit Ausnahme von zwei Ausreißern, die Knotenpunkte in der Örtlichkeit mit einer Genauigkeit von ca. ±22 cm mit dem bloßen Augenmaß wiederherstellen lassen.

In Anbetracht der zu erwartenden Genauigkeit der Flächen, die durch die beiden Verfahren (Stationierte Aufnahme, Aufnahme nach Regelquerschnitt) erfasst werden für die die Knotenpunkte von Bedeutung sind, ist diese Größenordnung, nach Meinung der Firma NTS, durchaus vertretbar.

Bei den digitalisierten Knotenpunkten muss man die Standardabweichung zu den „tatsächlichen“ Punkten von ca.  $\pm 61$  cm schon wesentlich kritischer betrachten.

Um festzustellen, welche Differenzen auftreten wenn man Knotenpunkte mehrmals bestimmt, haben wir alle Punkte nochmals örtlich aufgemessen. Dies ergab folgende Koordinaten:

**Vergleich III: örtlich 1 - örtlich 2**

örtlich 1			örtlich 2		
Nr.	Y [m]	X [m]	Nr.	Y [m]	X [m]
19001	10020,012	10190,087	17001	10020,449	10190,025
19002	10581,444	10128,315	17002	10581,640	10128,313
19003	10481,367	9868,848	17003	10481,897	9868,115
19004	entfällt	entfällt	17004	entfällt	entfällt
19005	10387,760	9882,867	17005	10387,398	9882,809
19006	10332,819	9873,646	17006	10332,957	9873,488
19007	10242,140	9863,622	17007	10242,391	9863,164
19008	10156,351	9860,770	17008	10156,385	9860,732
19009	10146,151	9860,804	17009	10146,186	9860,875
19010	10067,875	9862,987	17010	10067,873	9863,053
19011	9996,096	9868,944	17011	9996,078	9868,907
19012	9993,703	10003,483	17012	9993,334	10003,567
19013	10006,465	10035,514	17013	10006,510	10035,539
19014	entfällt	entfällt	17014	entfällt	entfällt

Vergleicht man nun beide Aufnahmen miteinander, kann man auch hier Standardabweichungen für die Wiederherstellbarkeit ermitteln. Die Formeln sind identisch mit denen aus den ersten beiden Vergleichen.

Genauigkeiten III: örtlich 1 - örtlich 2			
	d [m]	v [m]	v v [m <sup>2</sup> ]
1	0,441	-0,166	0,0275
2	0,196	0,080	0,0063
3	0,905	-0,629	0,3955
4			
5	0,367	-0,091	0,0083
6	0,210	0,066	0,0043
7	0,522	-0,247	0,0608
8	0,051	0,225	0,0505
9	0,079	0,196	0,0386
10	0,066	0,210	0,0439
11	0,041	0,235	0,0550
12	0,378	-0,103	0,0106
13	0,051	0,224	0,0503
14			
		0,000	
	0,276	$\Sigma_w =$	0,3561
	$s_d =$	0,189	m

Rot markierte Zeilen werden auf Grund der Verbesserungen als Ausreißer betrachtet, und gehen nicht in die Genauigkeitsberechnung ein!

Der Vergleich zeigt, dass es möglich ist, dieselben Knotenpunkte unabhängig voneinander mit einer Genauigkeit von ca.  $\pm 19$  cm in der Örtlichkeit wiederherzustellen.

Einer der beiden Punkte, die im ersten Vergleich (gerechnet – örtlich) die Ausreißer ausmachen, liegt in der großen Kreuzung Friesenring-Wienburgstraße. Die Weitläufigkeit dieser Kreuzung und der dichte vierspurige Verkehr liefern einerseits eine Erklärung für die deutliche Differenz in diesem Punkt, andererseits verdeutlicht genau dies eine gewisse Problematik mit der die Methode in der Örtlichkeit behaftet ist.

Wir haben uns die Technik zu Nutze gemacht, sich genau auf der jeweiligen Kreuzung (evtl. mit Fluchtstab) zu postieren und durch die zweite Person einweisen zu lassen. Dies hat den Vorteil, dass man auch selbstständig, auf der Kreuzung stehend, relativ schnell einen Knotenpunkt bestimmen und markieren (in der Regel mit Kreide) kann.

Man hat jedoch auf stark befahrenen Straßen oft nur einen kurzen Augenblick zur Verfügung, um sich gut zu positionieren und die Gegebenheiten optimal einzuschätzen. Die so immer wieder entstehende Stresssituation führt zu unvermeidlichen Fehlern bei der Punktbestimmung.

Abschließend lässt sich hierzu sagen, dass wir die durch die Methode in der Örtlichkeit (4.1.) gewonnenen Knotenpunkte für die weiteren Untersuchungen in den folgenden zwei Kapiteln, „5. Stationierte Aufnahme“ und „6. Aufnahme nach Regelquerschnitt“, benutzt haben.

## 5. Stationierte Aufnahme mit Messrad

### 5.1. Messrad

Für die stationierte Aufnahme verwendeten wir lediglich ein analoges Messrad. Es stellt eine schnelle und einfache Möglichkeit dar, Strecken zu messen. Dabei wird die zu ermittelnde Strecke aus der Zahl der Umdrehungen und dem Umfang des Rades ermittelt. [3] Der Umfang des Rades beträgt ungefähr einen Meter. Die Drehbewegungen werden mechanisch an die Ableseeinrichtung, das Zählwerk, direkt neben dem Rad weitergegeben, an der das Maß abgelesen werden kann. Eine alternative hierzu sind Messräder, die mit einer digitalen Technik ausgestattet sind. Dies kam jedoch in unserem Fall nicht zum Einsatz.

Bei der Bestimmung einer Strecke mittels Messrad treten Schwierigkeiten auf. So fällt es schwer, den Anfangs- und Endpunkt einer Strecke punktgenau zu treffen. Es entstehen Fehler, sowohl beim Anlegen am Startpunkt, als auch beim „Stopp“ auf dem Endpunkt.

Bei der Messung einer Fahrbahnbreite tritt das Problem auf, dass ein Anlegen am Anfangspunkt sowie ein Ablesen am genauen Endpunkt durch den Bordstein verhindert wird (s. Skizze), sodass ein additiver Betrag  $r$  hinzugezählt werden muss. Rein rechnerisch beträgt der Radius des Messrades in unserem Fall 15,9 cm ( $U = 2 \cdot \pi \cdot r$ ).

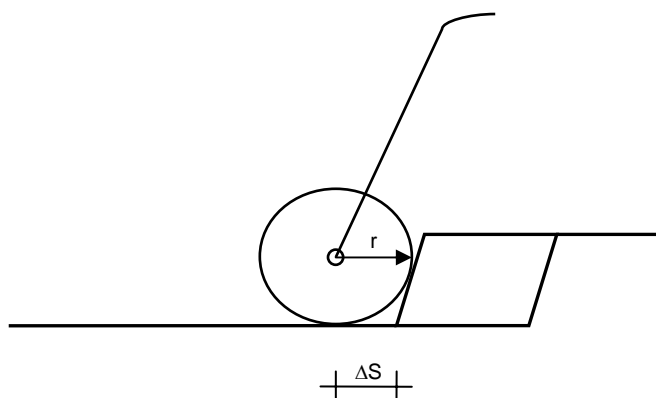


Abb. 5.1.-1: Anlegeproblematik

In der Praxis ist der Radius jedoch nicht anwendbar, weil die Bordsteine verschiedene Neigungen und Höhen aufweisen. Dadurch weicht der Additionswert

$\Delta S$  vom rechnerischen Radius  $r$  des Messrades ab. Jedoch ist es auch zu aufwändig, für jede Strecke einen solchen Wert zu bestimmen. Deshalb war es nötig, sich zu Beginn der Aufnahme auf einen Additionswert festzulegen. Hinzu kommt, dass teilweise unregelmäßig geformte Bordsteine aus Naturstein eingebaut sind, die keine genaue Streckenabgrenzung zulassen. Nach Berücksichtigung aller genannten Punkte haben wir uns auf einen Wert von  $\Delta S = 15$  cm festgelegt.

Es ist zwar entscheidend bei einer Fläche die Breite mit höherer Genauigkeit zu bestimmen als die Länge, da ein Fehler in Querrichtung,  $\Delta S_Q$ , einen wesentlich höheren Fehlereinfluss auf die Fläche hat, als ein Fehler in Längsrichtung,  $\Delta S_L$ , (s. Skizze), dennoch wäre der nötige Aufwand aus den oben genannten Gründen nicht gerechtfertigt.

Die erforderlichen Straßenbreiten wären ohne Zweifel auch mit dem Messband bestimmbar, jedoch wäre damit ein erheblicher zeitlicher Mehraufwand verbunden.

Auch auf Grund des Verkehrs in den von uns erfassten Straßen, wäre der Einsatz eines Messbandes nicht sinnvoll gewesen.

Das Messrad bietet den Vorteil, dass man sich sehr flexibel der Verkehrssituation anpassen kann und eine kurzzeitige Lücke im Straßenverkehr für die Aufnahme nutzen kann.

Nach Berücksichtigung aller genannten Problematiken haben wir uns dazu entschieden, die Maße am Messrad lediglich auf halbe Dezimeter genau festzuhalten.

Abschließend ist zum Messrad noch zu sagen, dass man stets darauf achten sollte, welchen Zustand die „Rollfläche“ des Messrades hat, mit dem man beabsichtigt, Strecken zu messen. Eine einfache Rechnung zeigt, dass ein Verschleiß in der Größenordnung von 2 mm am Rad nicht zu vernachlässigen ist:

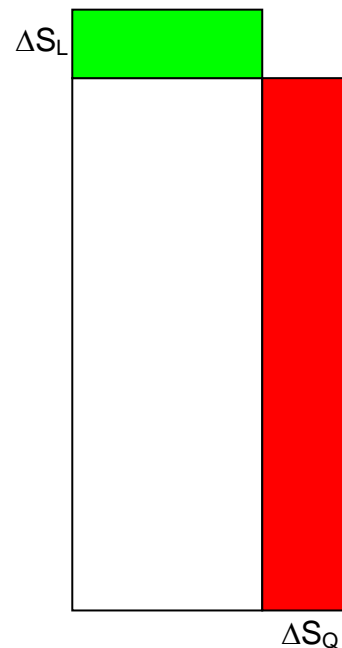


Abb. 5.1.-2: Flächenfehler

$$2 \cdot \pi \cdot r = U \quad \Rightarrow \quad r = \frac{1 \text{ m}}{2 \cdot \pi} = 0,159 \text{ m}$$

$$r_{\text{neu}} = r - 2 \text{ mm} = 0,157 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \quad U = 2 \cdot \pi \cdot 0,157 \text{ m} = 0,986 \text{ m}$$

Diese kleine Rechnung zeigt, dass sich ein Verschleiß von 2 mm auf 1 m bereits 2 cm auswirkt. Dies ergibt auf 100 m folglich eine Abweichung von 2,40 m.

In Anbetracht der Tatsache, dass die durchschnittliche Kantenlänge innerorts ca. 90 m beträgt, was sich aus Erfahrungswerten der Firma NTS ergibt, ist dieses Kriterium nicht zu übergehen.

Um zu überprüfen wie genau man, mit dem uns zur Verfügung stehenden Messrad, überhaupt in der Lage ist Strecken zu ermitteln, und auf Grund der Tatsache, dass keine Untersuchungsergebnisse zu dieser Problematik vorliegen, haben wir einen Streckenvergleich durchgeführt.

Wir haben drei verschiedene Strecken mit dem Tachymeter bestimmt und sie anschließend mit dem Messrad abgefahren. Zum einen wählten wir eine Strecke (ca. 30 m), bei der keine Orientierungspunkte hinsichtlich der Geradlinigkeit gegeben waren. Zum anderen lagen die zweite und die dritte Strecke (ca. 30 m, ca. 60 m) unmittelbar an einer geradlinigen Kante, sodass hierbei eine große Hilfestellung bezüglich des Ausweichens aus der Flucht bestand.

**Strecke 1:**

		Tachymeter	
Messung	Strecke [m]	Mittel [m]	
1	27,483		
2	27,482		
3	27,483	27,483	("wahrer" Wert)

		Messrad			
Messung	Strecke [m]	v [m]	vv	d [m]	dd
1	27,54	-0,007	0,00005	0,057	0,00329
2	27,51	0,023	0,00053	0,027	0,00075
3	27,54	-0,007	0,00005	0,057	0,00329
4	27,53	0,003	0,00001	0,047	0,00224
5	27,57	-0,037	0,00137	0,087	0,00763
6	27,55	-0,017	0,00029	0,067	0,00453
7	27,52	0,013	0,00017	0,037	0,00139
8	27,53	0,003	0,00001	0,047	0,00224
9	27,51	0,023	0,00053	0,027	0,00075
10	27,53	0,003	0,00001	0,047	0,00224
<b>Summe:</b>		<b>0,000</b>	<b>0,00301</b>		<b>0,02834</b>
<b>Mittel:</b>	<b>27,533</b>				

$$S_s = 0,018 \text{ m}$$

$$S_d = 0,053 \text{ m}$$

Die Standardabweichungen berechnen sich nach folgenden Formeln: [5]

$\bar{L}$  = Mittelwert aller Beobachtungen

$$v_i = \bar{L} - L_i$$

$$S_s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (\text{Standardabweichung der Messradstrecken})$$

$\tilde{X}$  = wahrer Wert

$$d = L_i - \tilde{X}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \quad (\text{empirische Standardabweichung bei Vorlage eines wahren Wertes})$$



**Strecke 2:**

Tachymeter			
Messung	Strecke [m]	Mittel [m]	
1	27,699		
2	27,699		
3	27,699	27,699	("wahrer" Wert)

Messrad					
Messung	Strecke [m]	$v_s$ [m]	$vv$	$d$ [m]	$dd$
1	27,73	0,020	0,00040	0,031	0,00096
2	27,75	0,000	0,00000	0,051	0,00260
3	27,73	0,020	0,00040	0,031	0,00096
4	27,75	0,000	0,00000	0,051	0,00260
5	27,73	0,020	0,00040	0,031	0,00096
6	27,74	0,010	0,00010	0,041	0,00168
7	27,77	-0,020	0,00040	0,071	0,00504
8	27,76	-0,010	0,00010	0,061	0,00372
9	27,77	-0,020	0,00040	0,071	0,00504
10	27,77	-0,020	0,00040	0,071	0,00504
<b>Summe:</b>		<b>0,000</b>	<b>0,00260</b>		<b>0,02861</b>
<b>Mittel:</b>	<b>27,750</b>				

$$S_s = 0,017 \text{ m}$$

$$S_d = 0,053 \text{ m}$$

Die Formeln zur Berechnung sind identisch mit denen bei Strecke 1.

**Strecke 3:**

<b>Tachymeter</b>			
<b>Messung</b>	<b>Strecke [m]</b>	<b>Mittel [m]</b>	
1	58,968		
2	58,967		
3	58,967	58,967	("wahrer" Wert)

<b>Messrad</b>					
<b>Messung</b>	<b>Strecke [m]</b>	<b>v<sub>s</sub> [m]</b>	<b>vv</b>	<b>d [m]</b>	<b>dd</b>
1	59,08	-0,007	0,00005	0,113	0,01269
2	59,04	0,033	0,00109	0,073	0,00528
3	59,08	-0,007	0,00005	0,113	0,01269
4	59,05	0,023	0,00053	0,083	0,00683
5	59,10	-0,027	0,00073	0,133	0,01760
6	59,07	0,003	0,00001	0,103	0,01054
7	59,08	-0,007	0,00005	0,113	0,01269
8	59,10	-0,027	0,00073	0,133	0,01760
9	59,05	0,023	0,00053	0,083	0,00683
10	59,08	-0,007	0,00005	0,113	0,01269
<b>Summe:</b>		<b>0,000</b>	<b>0,00381</b>		<b>0,11546</b>
<b>Mittel:</b>	<b>59,073</b>				

$$S_s = 0,021 \text{ m}$$

$$S_d = 0,107 \text{ m}$$

Die Formeln zur Berechnung sind identisch mit denen bei Strecke 1.

Die Messungen bezüglich der ersten Strecke („wahrer“ Wert = 27,483 m) zeigen, dass die Genauigkeit mit der man eine Strecke immer wieder mit einem Messrad bestimmen kann bei 1,8 cm liegt.

Hingegen die Genauigkeit, mit der es möglich ist, die genaue Länge der Strecke zu bestimmen liegt bei dem von uns verwendeten Messrad bei 5,3 cm. Diese Angabe ist vermutlich geräteabhängig und kann somit von Messrad zu Messrad variieren.

Die Resultate der zweiten Strecke („wahrer“ Wert = 27,699 m) zeigen, dass die gegebene Orientierungshilfe keinen großen Einfluss auf die Genauigkeit der Wiederholung der Messradstrecke hat. Die Standardabweichung hierfür liegt bei 1,7 cm, und damit nur geringfügig besser als bei der ersten Versuchsstrecke. Die Schwankungen der Messwerte werden vermutlich hauptsächlich durch Anlegefehler verursacht.

Die erneute Standardabweichung vom „wahren Wert“ von 5,3 cm bei der zweiten Strecke lässt den Verdacht des systematischen Fehlers auf Grund des zu kleinen Radius des Messrades zu. Dieser Verdacht erhärtet sich durch die Tatsache, dass alle Messradstrecken systematisch zu lang gemessen wurden.

Die Messwerte der dritten Strecke („wahrer“ Wert = 58,967 m) ergeben, dass die Genauigkeit mit der die Strecke immer wieder bestimmt wurde bei 2,1 cm und damit erneut in einem ähnlichen Bereich wie bei der ersten und zweiten Strecke liegt.

Die Standardabweichung vom „wahren“ Wert beträgt in diesem Fall 10,7 cm. Dies bestätigt, dass es sich bei den ermittelten Abweichungen vom „wahren“ Wert um einen streckenabhängigen systematischen Fehler, den zu kleinen Radius, handelt.

Die Ursachen des Fehlers sind entweder in der Produktion oder aber im Verschleiß der Lauffläche des Instruments zu suchen.

Die Auswirkungen der Fehler des von uns benutzten Messrades können an folgender Rechnung deutlich gemacht werden:

Wir gehen bei dem ermittelten Fehler von einem zu kleinen Radius des Messrades aus. Deswegen ist von einem streckenabhängigen Fehler auszugehen, bei dem die gemessenen Strecken zu lang gemessen werden. Folglich lässt sich ein Maßstabsfaktor aus unseren Messwerten bestimmen:

$$m_1 = \frac{27,750}{27,699} = 1,001841222 \quad m_2 = \frac{59,073}{58,967} = 1,001797616$$

$$\Rightarrow m = 1,001819419$$

Bei einer Fläche von  $10 \text{ m} \cdot 100 \text{ m} = 1000 \text{ m}^2$  folgt daraus:

$$10 \text{ m} \cdot 1,001819419 = 10,018 \text{ m}$$

$$100 \text{ m} \cdot 1,001819419 = 100,182 \text{ m}$$

$$F = 10,018 \text{ m} \cdot 100,182 \text{ m} = 1003,623 \text{ m}^2$$

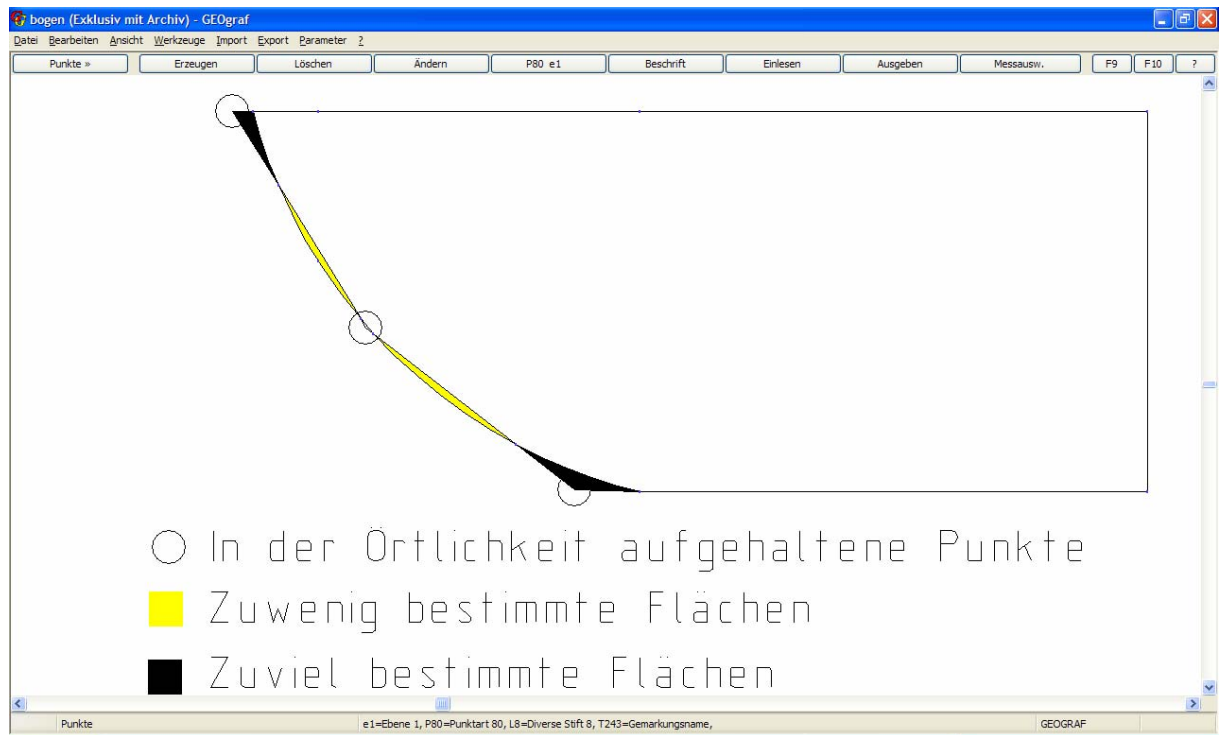
Dies zeigt, dass Flächen, die aus Strecken resultieren, die mit diesem Messrad ermittelt wurden, theoretisch um ca. 4‰ verfälscht sind.

Ein Wert in dieser Größenordnung ist für die von uns in den nächsten Kapiteln untersuchten Aufnahmeverfahren unkritisch und somit zu vernachlässigen.

## 5.2. Aufnahme

Die Erfassung mittels der stationierten Aufnahme basiert auf dem Knoten-/Kantenmodell. Hierbei bestimmen die vorher augenscheinlich in der jeweiligen Straßensituation ermittelten Knotenpunkte die Abschnitte, die zur Unterteilung der Straßen dienen. Durch die Lage der Knotenpunkte auf dem Schnittpunkt zweier Straßenachsen erstrecken sich die Abschnitte auf ein Straßenstück zwischen zwei Kreuzungen bzw. Einmündungen. Bei der stationierten Aufnahme handelt es sich um eine Art Orthogonalaufnahme, bei der die Knotenpunkte den Anfangs- bzw. den Endpunkt einer Messungslinie bilden, auf die die Geometrie eines jeweiligen Straßenabschnitts rechtwinklig aufgenommen wird. Die Orthogonalität wird dabei nicht durch ein Messinstrument, sondern „von Hand“ bestimmt. Wegen der dadurch auftretenden Ungenauigkeiten ist es dann zusätzlich zu den zuvor genannten Gründen vertretbar, die ermittelten Maße lediglich auf halbe Dezimeter festzuhalten. Bei der Aufnahme wird am Anfangspunkt des Straßenabschnitts mit dem Messrad gestartet. In verschiedenen Abständen vom Anfangspunkt aus werden quer zur Messungslinie Profile aufgenommen, in denen die Breite der Fahrbahn sowie die der Begleitflächen erfasst werden. Die Maße auf der Messungslinie und die der Lote werden auf Dezimeter bestimmt. Ein eventueller Kurvenverlauf findet in dem betreffenden Straßenabschnitt keine Berücksichtigung. Man geht davon aus, dass sich dabei die auftretenden Flächenfehler an der Kurveninnen- bzw. Kurvenaußenseite gegenseitig ausgleichen. Die aufzunehmenden Punkte werden dabei so ausgewählt, dass die maßgeblichen Formen der Fahrbahn und der Straßenbegleitflächen des Straßenabschnittes erfasst werden. In Bereichen, in denen die Straßengeometrie durch Kurven und Bögen definiert ist, in Kreuzungen und Einmündungen, erfolgt eine Vereinfachung, indem man den Kurven- bzw. den Bogenverlauf durch die Lage weniger prägnanter Punkte beschreibt, die geradlinig miteinander verbunden werden.

Bei der Festlegung dieser Punkte wurde darauf geachtet, dass deren Lage den Kurvenverlauf im Bezug auf den Flächeninhalt bestmöglich ausgleicht, was schematisch an folgender Abbildung deutlich wird:



**Abb. 5.2.-1:** Kurvenausgleich

Die Dokumentation der örtlichen Situation erfolgte in Feldbücher. Diese sind als Anhang beigefügt.

### 5.3. Flächenberechnung

Alle zur Flächenberechnung notwendigen Berechnungen erfolgten mit dem Programmsystem GEOgraf.

Die in der Aufnahme erfassten Punkte wurden in einem örtlichen System koordiniert und durch Linien miteinander verbunden. Die Größe der daraus entstehenden Flächen konnte nun durch die Flächenberechnung aus Koordinaten ermittelt werden.

Nachfolgend wird eine Übersicht der ermittelten Flächen gegeben:

<b>Straße</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Busbucht</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Parkbucht</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Trennstr.</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Radweg</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Gehweg</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Straßenfl. Gesamt</b>
<b>Martin-Luther-Straße</b>						
2237,42	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	1248,68	<b>3486,09</b>
<b>Melchersstraße</b>						
4200,46	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	3253,53	<b>7453,99</b>
<b>Wienburgstraße</b>						
2463,32	164,07	entfällt	611,70	690,77	1275,02	<b>5204,87</b>
<b>Friesenring</b>						
7929,47	177,50	147,88	692,87	1531,33	3198,03	<b>13677,08</b>

**16830,67      341,57      147,88      1304,57      2222,10      8975,25**

**Gesamtfläche Messgebiet 29822,04 m<sup>2</sup>**

Das Protokoll aus dem Programm GEOgraf, mit der gesamten Flächenberechnung ist als Anhang beigefügt.

## 5.4. Zeitaufwand

Der Zeitaufwand für die Messung mit diesem Verfahren lag bei ungefähr 8 Stunden. Dieser Wert ist jedoch nicht sehr repräsentativ, da sich mit fortlaufender Dauer, und somit wachsender Erfahrung in der Handhabung dieses Verfahrens, ein Übungseffekt einstellte. So war nach einiger Zeit die Eingespieltheit untereinander deutlich verbessert, sodass der Ablauf des ganzen Verfahrens weniger zeitintensiv war. Eine Aufnahme durch geübtes Personal nimmt sehr wahrscheinlich für das gleiche Gebiet spürbar weniger Zeit in Anspruch.

Außerdem spielen die örtlichen Gegebenheiten eine große Rolle. So ist für den Friesenring mit seinen Einmündungen, Radwegen, Gehwegen, Trennstreifen, etc, wesentlich mehr Zeit einzurechnen als z.B. für die Martin-Luther-Straße, in der sich die Straßenbegleitfläche auf den Gehweg beschränkt und auch keine weiteren Einmündungen vorhanden sind.



## **6. Aufnahme nach Regelquerschnitt**

### **6.1. Messrad**

Auch bei diesem Verfahren ist lediglich die Verwendung des Messrades erforderlich, Die ausführliche Beschreibung ist dem Kapitel 5.1. zu entnehmen.

### **6.2. Aufnahme**

Wie bei der Stationierten Aufnahme auch, sind bei der Aufnahme nach Regelquerschnitt die örtlich ermittelten Knotenpunkte von entscheidender Bedeutung. Sie bilden wiederum Anfangs- und Endpunkt von Straßenabschnitten. Die zugehörigen Kanten werden längenmäßig mit dem Messrad erfasst.

Im nächsten Schritt werden in jedem Straßenabschnitt die Breiten der einzelnen Flächen (Fahrbahn, Gehweg, Radweg, etc.) an signifikanten Stellen ermittelt, sodass sich durchschnittliche Breiten der jeweiligen Flächen berechnen lassen, die dann bei der Flächenberechnung für den gesamten Straßenabschnitt Gültigkeit haben.

Die Erfassung nach diesem Verfahren bedeutete für unser Gebiet einen Zeitaufwand von lediglich 2 Stunden.

Alle Messergebnisse haben wir in Feldbüchern festgehalten, die als Anhang beigefügt sind.

### **6.3. Flächenberechnung**

Die Flächenbeträge der einzelnen Straßenabschnitte werden, bedingt durch die Aufnahme grob generalisiert, mit der einfachen Flächenformel „Länge mal Breite“ berechnet.

Die Länge liefert die Kantenlänge des jeweiligen Abschnitts von Knotenpunkt zu Knotenpunkt, und die Breite ergibt sich, wie unter 6.2. erläutert, aus den gemittelten Maßen der mehrfach bestimmten Flächenbreite.

Die Busbuchten sind die einzige Ausnahme die bei der Flächenberechnung etwas gesondert behandelt wurden. Um die Ausrundungen am Anfang und am Ende jeder Bucht zu Berücksichtigen, haben wir die Gesamtlänge der jeweiligen Busbucht

gedrittelt. Die Breite haben wir an der breitesten Stelle ermittelt. Im Bereich der Ausrundungen im ersten und letzten Drittel haben wir die Flächen jeweils halbiert und so wie Dreiecke behandelt.

Einfahrten oder Straßenmündungen finden bei diesem Verfahren keine Berücksichtigung. So bedeutet dies z.B. für die Flächen der Geh- und Radwege, dass der Flächenbetrag zu groß ist, weil sie für den jeweiligen Straßenabschnitt als durchgängig angesehen werden.

Die nachstehende Tabelle verdeutlicht die Methode der Flächenberechnung bei diesem Verfahren:

Im oberen Teil sind die Abschnittsnummern, die Kantenlängen, sowie die gemittelten Breiten aufgeführt.

Im unteren Teil findet man dann die durch Multiplikation berechneten Flächengrößen der einzelnen Abschnitte.

Als Letztes ist noch die Summe der Flächen des gesamten Messgebiets aufgeführt.



## 7. Luftbildauswertung

Bei dieser Methode ging es darum, aus einem Luftbild (Orthophoto) Flächen zu digitalisieren und zu berechnen, um diese ebenfalls mit der Referenzfläche zu vergleichen.

### 7.1. Orthophoto

Ein Orthophoto liefert den Inhalt eines Luftbildes, hat aber die geometrischen Eigenschaften einer Karte. Daher ist ein Orthophoto ein geometrisch richtiges Photo mit einem einheitlichen Maßstab. In diesem Orthophoto sind Punkte lagerichtig zu digitalisieren und somit Flächen flächenrichtig zu ermitteln.



Abb. 7.1.-1: Orthophoto unseres Arbeitsgebiets

### 7.1.1. Entstehung eines digitalen Orthophotos

Um ein Orthophoto herstellen zu können, müssen Informationen nicht nur zur Lage, sondern auch Höheninformationen für den jeweiligen Bildausschnitt vorhanden sein. In der Regel bedient man sich hier der digitalen Gelände- oder Höhenmodelle. Sie sind eine Beschreibung der örtlichen Situation in generalisierter Form. Sie werden für weitere Verarbeitungen, wie in diesem Fall für die Herstellung von Orthophotos, nutzbar gemacht. Sie enthalten zusätzlich auch die Verschlüsselungen der Linien- und Punktbedeutung, Elemente der Datenstrukturierung, sowie Algorithmen zum Übergang von Punkten auf Kurven und Flächen. [13]

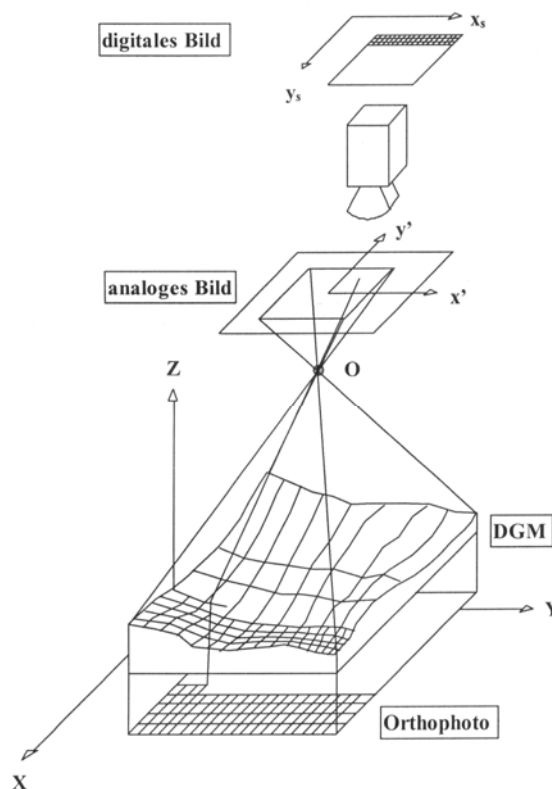


Abb. 7.1.1.-1: Prinzip der Orthophotoherstellung

Beim ersten Arbeitsschritt „auf dem Weg zum Orthophoto“ wird eine Bildmatrix im Zielsystem definiert. Die Mittelpunkte dieser Bildelemente werden nun in das Kamerakoordinatensystem transformiert. Für diese Transformation ist neben der XY-Ebene auch die Höheninformation des einzelnen Punktes nötig.

An dieser Stelle muss vorausgesetzt werden, dass sowohl die innere als auch die äußere Orientierung des Messbildes bekannt sind.

Die innere Orientierung beschreibt die geometrischen Verhältnisse in der Aufnahmekamera. Sie besteht aus drei Parametern: Dem Koordinatenpaar  $\xi_0, \eta_0$  des Bildhauptpunktes  $H$  und der Kammerkonstante  $c$ . Sie legen das Projektionszentrum in Bezug zur Bildebene fest.

Die äußere Orientierung hingegen beschreibt die Lage des Projektionszentrums und die Stellung des Bildes im Objektkoordinatensystem. Die sechs Parameter hierfür sind die dreidimensionalen Objektkoordinaten  $X_0, Y_0$  und  $Z_0$  des Aufnahmeortes (Projektionszentrum) sowie die drei Drehungen des Bildes  $\omega, \kappa$  und  $\phi$ .

Mit dieser Voraussetzung können die Pixelpunkte im Vorlagenbild berechnet werden. Dazu werden die Gleichungen der Zentralprojektion verwendet, die im Folgenden der Vollständigkeit halber genannt werden:

$$\xi = \xi_0 - c \cdot \frac{r_{11} \cdot (X - X_0) + r_{21} \cdot (Y - Y_0) + r_{31} \cdot (Z - Z_0)}{r_{13} \cdot (X - X_0) + r_{23} \cdot (Y - Y_0) + r_{33} \cdot (Z - Z_0)}$$

$$\eta = \eta_0 - c \cdot \frac{r_{12} \cdot (X - X_0) + r_{22} \cdot (Y - Y_0) + r_{32} \cdot (Z - Z_0)}{r_{13} \cdot (X - X_0) + r_{23} \cdot (Y - Y_0) + r_{33} \cdot (Z - Z_0)}$$

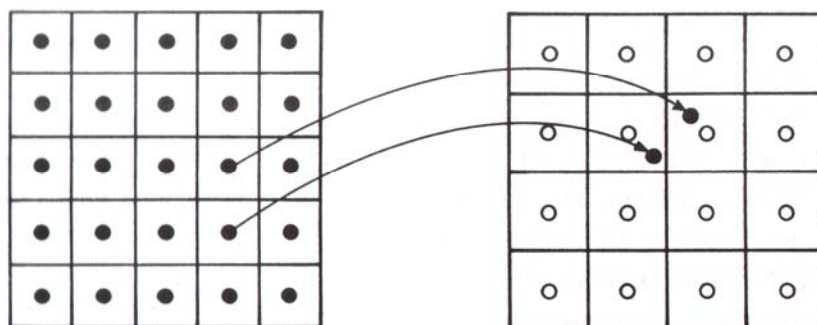


Abb. 7.1.1.-2: Transformation der Bildmatrix

Bleibt die Frage offen, wie den transformierten Mittelpunkten die Grauwerte des Vorlagenbildes zugeordnet werden. Hierbei findet die Methode der nächsten Nachbarschaft (nearest neighbourhood) Anwendung.

Entscheidend ist der Grauwert des Pixels, dessen Mittelpunkt dem transformierten Punkt am nächsten liegt. Liegt der Punkt im Randbereich eines Pixels, ist hierbei eine Verschiebung von bis zu einem halben Pixel möglich.

Diese Grauwertzuordnung wird nun für jeden Bildpunkt durchgeführt, so dass nach relativ kurzer Rechenzeit ein Orthophoto entsteht. [12]

]

## 7.2. Digitalisierung

Wir haben auf einer Daten-CD ein digitales Orthophoto im TIFF-Format von unserem Messgebiet von der Stadt Münster erhalten, das folgende Merkmale aufweist.

Aufnahmedatum:	25. + 31. März 2005
Firma:	EFTAS/ RWE Power
Kamera:	Zeiss RMK A30/23 TOPAR A1
Brennweite:	304,831 mm
Bildmaßstab:	1: 5000
Bodenauflösung:	10 cm
Farbtiefe:	24 Bit (16,7 Mio. Farben)
Grundlage:	DGM 5 der Landesvermessung

Für die Digitalisierungsarbeiten aus dem Luftbild nutzten wir wiederum das Programm GEOgraf. Hier war es möglich das Bild einzulesen, und in das örtliche System der Tachymeter-Aufnahme mit Hilfe einer Transformation einzupassen.

Nach dem Einlesen des Luftbildes überlegten wir uns, welche Punkte sich für die Einpassung am besten eigneten. Voraussetzung für die Eignung als Passpunkt war die gute Sichtbarkeit im Luftbild sowie die Koordinierung in dem von uns gelegten örtlichen System. Wir kamen zu dem Schluss, dass sich die Kanaldeckel dafür anbieten, weil sie im Bild noch am besten zu erkennen und somit zu digitalisieren waren. Die Koordinaten der entsprechenden Punkte im Zielsystem konnten wir der Tachymeter-Aufnahme entnehmen.

Bei der Suche nach geeigneten Passpunkten versuchten wir eine Eingrenzung des von uns untersuchten Gebiets zu erreichen, damit alle zu digitalisierenden Punkte innerhalb eines durch die Passpunkte gebildeten Umrings lagen. Wir stellten jedoch fest, dass dies nicht in Gänze möglich war. So war z.B. im Süd-Westen unseres Untersuchungsbereichs, an der Einmündung der Martin-Luther-Straße in die



Melchersstraße, kein geeigneter identischer Punkt in Form eines markanten Punktes im Orthophoto gegeben.

Wir entschieden uns schließlich für fünf Passpunkte, deren Lage in Abb. 7.2.-1 ersichtlich wird.

Wir haben die fünf Punkte so gewählt, dass sie möglichst gut die gesamten Ausmaße des Messgebiets abdecken. Außerdem achteten wir darauf, dass die jeweiligen Kanaldeckel in einem schatten- und baumbewuchsfreien Bereich lagen, um dadurch verursachte Fehlereinflüsse zu vermeiden.

Der erste Passpunkt liegt an der Einmündung Martin-Luther-Straße – Friesenring, der Zweite in der Kreuzung Friesenring – Wienburgstraße, der Dritte im Einmündungsbereich Melchersstraße – Wienburgstraße, der Vierte im Kreuzungsbereich Finkenstraße – Melchersstraße und der Fünfte auf der Melchersstraße in unmittelbarer Nähe zur Martin-Luther-Straße.



Abb.: 7.2.-1: Passpunktübersicht zur Digitalisierung

Wählt man in GEOgraf das Werkzeug Digitalisieren aus, so ist es möglich die Auswahl der Passpunkte zu treffen. Man wählt dazu als erstes einen Punkt auf dem Bild möglichst genau aus. Hierzu steht ein extra Lupenfenster zur Verfügung. Im



nächsten Schritt wird man dazu aufgefordert, den zugehörigen Punkt im Zielsystem auszuwählen. Dies setzt voraus, dass man die nötigen Punkte vorher eingelesen und somit zur Auswahl zur Verfügung hat. So wählt man nacheinander alle zur Transformation vorgesehenen Punkte einerseits im Rasterbild, andererseits auch in der Grafik aus. In unserem Fall waren das die beschriebenen fünf Kanaldeckel mit den Punktnummern 5020, 6002, 8030, 10049 und 13064.

Nachdem diese Punkte als Passpunkte definiert und ausgewählt wurden, lässt man automatisiert die Transformation, eine 4-Parameter Helmert-Transformation, berechnen. Hierbei handelt sich um die gleiche Transformation, wie sie bei der freien Stationierung unter 2.3.1. verwendet wird, wobei in diesem Fall der Maßstabsfaktor erhalten bleibt. Dies führte zu den im nachfolgenden Protokoll aufgeführten Ergebnissen:

--- Digitalisieren / Koordinatentransformation ---

System:	1	Ansatz:	1035					
	R	H	HÖHE	PUNKTNUMMER				
	DR	DH	DS	R	DR/R	DH/R		
Auftrag:	10241.418	9862.898		8030				
Tisch:	5450.646	-4804.349						
Trafo:	10241.391	9862.876						
Klaffe:	0.027	0.022	0.035	0.760	0.035	0.029		
Auftrag:	10578.884	10121.164		013064				
Tisch:	8401.869	-1741.149						
Trafo:	10578.876	10121.179						
Klaffe:	0.008	-0.015	0.017	0.469	0.016	0.032		
Auftrag:	10019.305	10180.863		5020				
Tisch:	2775.149	-1991.823						
Trafo:	10019.305	10180.843						
Klaffe:	0.000	0.020	0.020	0.512	0.001	0.039		
Auftrag:	10030.055	9867.178		6002				
Tisch:	3352.983	-5079.017						
Trafo:	10030.062	9867.218						
Klaffe:	-0.007	-0.040	0.041	0.607	0.011	0.066		
Auftrag:	10464.645	9861.822		10049				
Tisch:	7661.651	-4479.303						
Trafo:	10464.673	9861.809						
Klaffe:	-0.028	0.013	0.031	0.651	0.043	0.020		

Parameter:	4		
Schwerpunkt Auftrag	Rechts: 10266.861 m	Hoch: 9978.785 m	
Schwerpunkt Tisch	Rechts: 5528.459 m	Hoch: -3619.128 m	
Verschiebung	Rechts: 4738.402 m	Hoch: 13597.913 m	
Maßstabsfaktor:	0.099914	Drehwinkel: 9.5967 Gon	
Standardabweichung	Koordinate: 0.027 m	Punkt: 0.039 m	

Hierin sind als erstes die betreffenden Passpunkte aufgeführt, und zwar mit beiden Koordinatenpaare; einerseits denen aus der Grafik („Auftrag“), die dem örtlichen System entsprechen, andererseits die aus dem Luftbild digitalisierten („Tisch“). In der Zeile „Trafo“ sind die Tisch-Koordinaten nach der Transformation aufgeführt. Die Klaffe beschreibt dabei die Differenz zwischen den eigentlichen Auftragskoordinaten und den Trafo-Koordinaten einmal im Rechtswert (DR), im Hochwert (DH), sowie als „Strecke“ zusammengefasst (DS).

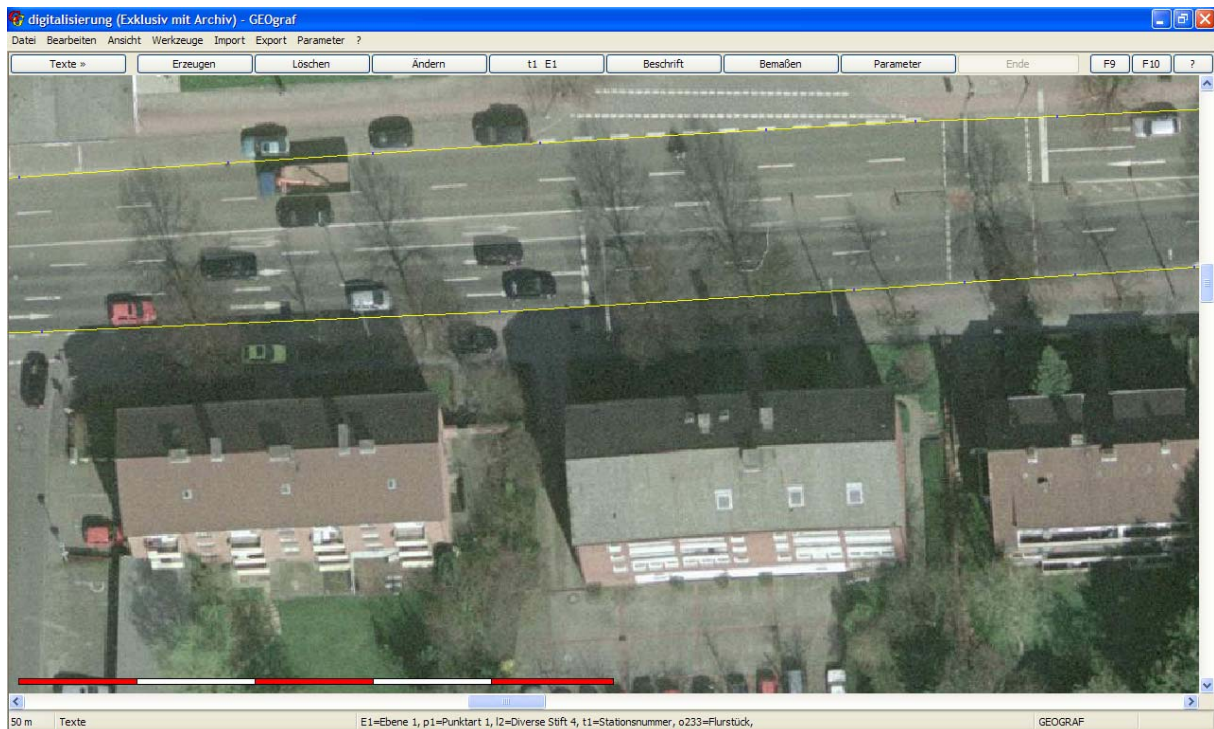
Die Klaffen liegen in einem für unseren Zweck akzeptablen Bereich, von 1,7 cm im besten Fall bis zu 4,1 cm im ungünstigsten Fall. Die Restklaffen wurden streckenabhängig mit  $1/s^2$  verteilt.

Durch die vorgegebene Auflösung des Orthophotos von 10 cm halten wir eine genauere Digitalisierung der Tischkoordinaten für nicht möglich.

Die zugehörigen Transformationsparameter findet man am Ende des Protokolls. Dabei ergibt sich die Verschiebung (Translation) aus der Differenz der Schwerpunktskoordinate im Auftrag und im Bild („Tisch“). Der Maßstabsfaktor beschreibt die nötige Streckung des Bildes und der Drehwinkel die nötige Drehung um es bestmöglich mit den Passpunkten in der Grafik zur Deckung zu bringen.

Nach dem Einpassen des Luftbildes ins örtliche System, war es möglich relevante Punkte der Straßen- und Straßenbegleitflächen zu digitalisieren. Dabei bedient man sich wiederum der Lupenfunktion, um im Bild die gewünschten Punkte möglichst genau zu treffen.

Schnell stellte sich jedoch heraus, dass das Bild für unsere Zwecke begrenzt einsetzbar ist. Durch den Baumbewuchs sowie die einfallende Schatten war nur teilweise und in geringem Maße eine Digitalisierung der Straßenbegleitflächen möglich.



**Abb. 7.2.-2:** Schattenwurf und Baumbewuchs

Noch nicht einmal die Rotfärbung des Radweges war so deutlich erkennbar. Aus diesem Grund haben wir uns dazu entschieden, für den Flächenvergleich mit der Referenzfläche, lediglich die Straßen- bzw. Fahrbahnflächen zu digitalisieren, da diese im ganzen Umfang für das gesamte Messgebiet zu erfassen waren, wobei sich auch hier der Schattenwurf und Baumbewuchs an einigen Stellen bemerkbar machte.

### 7.3. Flächenberechnung

Wie bei den anderen Verfahren auch, bei denen mit Hilfe des Programms GEOgraf Flächen berechnet wurden, war es auch hier nötig, die digitalisierten Flächen als Objekte zu definieren. Die anschließende Berechnung der einzelnen Objekte wurde ebenfalls in ein Protokoll abgelegt, das separat gespeichert werden konnte.

Die Berechnung der Flächen in GEOgraf ergab folgende Ergebnisse:

	<b>Straße</b> [m <sup>2</sup> ]
<b>Martin-Luther-Straße</b>	2254,20
<b>Melchersstraße</b>	4017,66
<b>Wienburgstraße</b>	2186,54
<b>Friesenring</b>	7414,10

**gesamte Straßenfläche: 15872,50**

Dies ist nur eine kurze Übersicht der einzelnen Flächen. Das gesamte Protokoll der Flächenberechnung ist als Anhang beigefügt.

#### **7.4. Zeitaufwand**

Die Datengewinnung durch dieses Verfahren ist deutlich schneller möglich, als bei den anderen beschriebenen Methoden. So war für die gesamte Digitalisierungsarbeit mitsamt der Flächenberechnung lediglich ein Zeitaufwand von 2 Stunden nötig. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass man mit der Zeit die Erfahrung und Übung erlangt, die den Zeitaufwand noch deutlich verringern kann.

## 8. Flächenvergleich mit der Referenzfläche

Als Erstes soll an dieser Stelle eine Gesamtübersicht über alle ermittelten Flächen und den sich daraus ergebenden prozentualen Anteilen gegeben werden:

<b><i>Straßenfläche</i></b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße	2248,40	2237,42	2212,36	2254,20
	100,0	99,5	98,4	100,3
Melchersstraße	4074,56	4200,46	4018,33	4017,66
	100,0	103,1	98,6	98,6
Wienburgstraße	2357,04	2463,32	2740,31	2186,54
	100,0	104,5	116,3	92,8
Friesenring	7902,28	7929,47	8509,35	7414,10
	100,0	100,3	107,7	93,8
<b>Summe</b>	<b>16582,28</b>	<b>16830,67</b>	<b>17480,34</b>	<b>15872,50</b>
	<b>100,0</b>	<b>101,5</b>	<b>105,4</b>	<b>95,7</b>

<b><i>Gehweg</i></b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße	1251,44	1248,68	1298,30	
	100,0	99,8	103,7	0,0
Melchersstraße	3110,92	3253,53	3635,86	
	100,0	104,6	116,9	0,0
Wienburgstraße	1279,07	1275,02	1454,10	
	100,0	99,7	113,7	0,0
Friesenring	3268,68	3198,03	3396,91	
	100,0	97,8	103,9	0,0

<b><i>Radweg</i></b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Melchersstraße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Wienburgstraße	665,91	690,77	754,80	
	100,0	103,7	113,3	0,0
Friesenring	1479,37	1531,33	1625,97	
	100,0	103,5	109,9	0,0

<b>Trennstreifen</b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Melchersstraße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Wienburgstraße	569,08	611,70	671,55	
	100,0	107,5	118,0	0,0
Friesenring	713,90	692,87	793,94	
	100,0	97,1	111,2	0,0

<b>Busbucht</b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Melchersstraße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Wienburgstraße	155,09	164,07	154,50	
	100,0	105,8	99,6	0,0
Friesenring	190,73	177,50	183,60	
	100,0	93,1	96,3	0,0

<b>Parkbucht</b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Melchersstraße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Wienburgstraße				
	100,0	0,0	0,0	0,0
Friesenring	135,46	147,88	144,00	
	100,0	109,2	106,3	0,0

<b>Begleitflächen</b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße	1251,44	1248,68	1298,30	
	100,0	99,8	103,7	0,0
Melchersstraße	3110,92	3253,53	3635,86	
	100,0	104,6	116,9	0,0
Wienburgstraße	2669,15	2741,55	3034,95	
	100,0	102,7	113,7	0,0
Friesenring	5788,14	5747,61	6144,43	
	100,0	99,3	106,2	0,0
<b>Summe</b>	<b>12819,65</b>	<b>12991,37</b>	<b>14113,54</b>	
	<b>100,0</b>	<b>101,3</b>	<b>108,6</b>	0,0

<b>Gesamtfläche</b>	Referenzfläche	Stat. Aufnahme	Regelquerschnitt	Luftbild
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
	[%]	[%]	[%]	[%]
Martin-Luther-Straße	3499,84	3486,09	3510,66	
	100,0	99,6	100,3	0,0
Melchersstraße	7185,48	7453,99	7654,19	
	100,0	103,7	106,5	0,0
Wienburgstraße	5026,19	5204,87	5775,26	
	100,0	103,6	114,9	0,0
Friesenring	13690,42	13677,08	14921,87	
	100,0	99,9	109,0	0,0
<b>Summe</b>	<b>29401,93</b>	<b>29822,04</b>	<b>31861,97</b>	
	<b>100,0</b>	<b>101,4</b>	<b>106,8</b>	0,0

Wie in den Tabellen ersichtlich, haben wir die Gegenüberstellungen nach Flächenarten unterteilt, um so die Ergebnisse für jeden Flächentyp vergleichbar zu machen.

Beim Vergleich der Straßenflächen tritt eine maximale Abweichung vom Sollwert beim Regelquerschnitt von 16,3 % auf. Dieser exemplarische Wert ist bei der Straßenfläche in der Wienburgstraße festzustellen. Die Ursache könnte in der Unregelmäßigkeit der Fahrbahnbreite zu finden sein, die beim Mitteln aller Werte zu Ungenauigkeiten führt. Dem gegenüber steht eine konstante Fahrbahnbreite in der Martin-Luther-Straße und in der Melchersstraße. Die daraus resultierenden Flächen weisen nur geringfügige Abweichungen vom Sollwert von 1,6 % bzw. 1,4 % auf. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Anwendung des Regelquerschnitts bei gleichmäßig breiten Fahrbahnflächen durchaus sinnvoll sein kann.

Die Flächen der Stationierten Aufnahme zeigen eine maximale Abweichung von 4,5 %. Aus diesem Grund lässt sich sagen, dass die Aufnahme von Straßenflächen nach diesem Verfahren genauere Werte liefert, als die Aufnahme nach Regelquerschnitt. Die auftretenden Ungenauigkeiten sind, anders als z.B. bei Begleitflächen, lediglich auf Messungenauigkeiten einzugrenzen.

Die Luftbildauswertung, die durch die genannten Gründe lediglich einen Vergleich bei der Straßenfläche zulässt, zeigt eine ähnlich Charakteristik wie die Ergebnisse des Regelquerschnitts. Jedoch sind die Ergebnisse der Luftbildauswertung sicherlich stark vom Auge des Digitalisierers sowie der Qualität des Luftbildes abhängig.

Die Fläche der Martin-Luther-Straße aus der GPS-Aufnahme, die in dieser Gegenüberstellung nicht aufgeführt ist, weicht lediglich um 0,3 % von der Referenzfläche ab. Dieses gute Resultat ist auf Grund der erreichten Genauigkeiten der Punkte, die in die Flächenberechnung eingehen (Standardabweichung < 2 cm), nicht weiter verwunderlich und zeigt somit, dass dieses Verfahren, in den Bereichen wo eine durchgängige Anwendbarkeit möglich ist, eine gute Alternative darstellt.

Ab dem Vergleich der Gehwegflächen sind nur noch 3 Verfahren zu vergleichen, da die Luftbildauswertung aus den genannten Gründen nicht mehr möglich war.

Hier ist auffällig, dass wiederum beim Regelquerschnitt Schwankungen in den Abweichungen auftreten. In der Melchersstraße z.B. macht das eine Abweichung von 16,9 % aus, und in der Wienburgstraße eine Abweichung von 13,7 %. Dies ist in der Wienburgstraße ebenfalls auf die stark variierenden Breiten zurückzuführen. In der Melchersstraße hingegen sind, bedingt durch die Aufnahmemethode, die nicht berücksichtigten Einmündungen als ursächlich anzusehen.

Die Stationierte Aufnahme weist hier eine maximale Abweichung von 4,6 % auf, was ungefähr Abweichungen der Flächen der Fahrbahnen entspricht. Anders als bei den Fahrbahnflächen sind die Differenzen nicht durch die reine Messungenauigkeit verursacht, sondern aufnahmebedingte Flächenüberschneidungen in Kreuzungs- und Einmündungsbereichen liefern eine weitere Ursache. In diesen Bereichen werden die Begleitflächen doppelt berücksichtigt.



In den Straßen, in denen ein Radweg vorhanden ist, sind die Werte (maximale Abweichung 13,3 % beim Regelquerschnitt) mit denen der Gehwege vergleichbar, und auf dieselbe Weise zu interpretieren.

Genauso sind die Flächenergebnisse der Trennstreifen zu beurteilen, wobei die Abweichungen mit maximal 18,0 % beim Regelquerschnitt geringfügig höher liegen. Die Gründe für die Abweichungen sind denen der Gehweg- und Radwegflächen gleichzusetzen.

Die Bus- und Parkbuchten nennen wir hier in einem Zusammenhang. Beim Regelquerschnitt bleibt die maximale Abweichung mit 6,3 % relativ gering, was mit der einfachen geometrischen Form beider Elemente begründet werden kann.

Bei der Stationierten Aufnahme der Parkbucht ergab sich die höchste aller Abweichungen mit einem Wert von 9,2 %. Dies ist vermutlich auf Ungenauigkeiten bei der Aufnahme zurückzuführen.

Bei der Zusammenfassung der Straßenbegleitflächen sieht man bezogen auf die stationierte Aufnahme, wie bei den Straßenflächen, mit 1,3 % zu 1,5 % einen nahezu identischen Wert der Abweichungen. Bei der Aufnahme nach Regelquerschnitt weist die Abweichung mit einem Wert von 8,6 % allerdings eine größere Differenz im Vergleich zur Straßenfläche auf. Hier beträgt der Wert nur 5,4 %. Dies ist wiederum durch die Nichtberücksichtigung der Einmündungen erklärbar.

Der letzte Vergleich stellt die Flächen des gesamten Messgebiets gegenüber. Trotz der vorher aufgezeigten Abweichungen zeigt sich hier, dass sich bei der Addition aller ermittelten Einzelflächen die Ungenauigkeiten bezogen auf die Gesamtfläche nahezu ausgleichen.

Die Aufnahme nach Regelquerschnitt liefert eine um 6,6 % zu große Gesamtfläche. Die Stationierte Aufnahme zeigt eine um lediglich 1,4% verfälschte Fläche, was der Referenzfläche sehr nahe kommt.

Alles in allem kann man sagen, dass die Erfassung durch die Stationierte Aufnahme die Referenzfläche am Besten widerspiegelt, und so die geringsten Abweichungen zu verzeichnen sind. Bei der Aufnahme nach Regelquerschnitt gibt es eine leichte

Tendenz zu Flächen, die zu groß erfasst werden. Das liegt einerseits, wie bereits erwähnt, an den durchgängig aufgenommenen Begleitflächen, andererseits, wie in der Wienburgstraße mit 14,9 %, an der Mittelbildung der stark variierenden Flächenbreiten, die lediglich an augenscheinlich charakteristischen Punkten ermittelt wurden.

## 9. Bewertung der Verkehrsflächen

Wie in der Einleitung beschrieben sind die Kommunen verpflichtet, ihre Verkehrsflächen nicht nur flächenmäßig, sondern auch wertemäßig zu erfassen, um sie so auch als Vermögen in der Bilanz zu führen.

Die Erfassung der Zustände der Straßen und deren Begleitflächen ist auf verschiedenen Arten möglich. Im Rahmen dieser Arbeit soll die rein visuelle Zustandserfassung erläutert und dem genauen Aufmaß der Straßenschäden gegenübergestellt werden.

Als Alternative zur visuellen Zustandserfassung ist die Befahrung der Straßen mit einem geeigneten Messfahrzeug zu nennen.

Dieses Fahrzeug ist mit der nötigen Technik ausgestattet, die es ermöglicht, Zustandsmerkmale während einer Befahrung zu erfassen.

### 9.1. Straßenschäden

Um Straßenschäden erfassen zu können muss definiert sein, was ein Straßenschaden ist und welche Arten es gibt.

Man kann Straßenschäden in einem Schadenskatalog zusammenfassen und folgendermaßen gliedern: [14]

- *Allgemeine Unebenheiten*

Aufwölbungen: Findet man am häufigsten in den Randbereichen von Spurrinnen oder am Fahrbahnrand

Wellblechverformungen: Sind kleine Wellen senkrecht zur Straßenachse

Schubverformungen: Schräg zur Fahrbahnachse verlaufende Verformungen; meist in Kurvenbereichen

Setzungen: Findet man häufig im Bereich von Fahrbahneinbauten wie Schächte, Hydranten und Abläufe; es entstehen Risse schräg zur Fahrbahnrichtung

Frosthebungen: Findet man in allen Fahrbahnbereichen; es handelt sich meist um Längsrisse

- *Spurrinnen*

Spurrinnen in der Radspur: Verformungen im Radspurbereich, meist begleitet von Aufwölbungen

Verformte Randbereiche: Es handelt sich um Spurrinnen, die im Randbereich der Fahrbahn liegen; sind meist auf unzureichende Randbefestigung zurückzuführen; findet man oft dort, wo in Randbereichen Versorgungsleitungen verlegt worden sind

- *Rissbildung*

Querrisse: Zackenförmige Risse, die immer senkrecht zur Straßenachse auftreten

Ab- bzw. Anrisse bedingt durch Setzungen:

Diese Rissbildung verläuft meist kreisbogenförmig

Frostrisse: Sind vergleichbar mit wilden- und Netzzissen, die Ausprägung ist jedoch wesentlich kleineren Formates; können auf der Fahrbahn als größere Fläche, wie auch partiell auftreten

Netzrisse, wilde Risse: Der Straßenbelag wird in mosaikartige Flächen unterteilt; die Schäden gehen häufig bis in die bituminöse Tragschicht

Belagsrandrisse: Diese Risse verlaufen längs zur Fahrriichtung

- *Allgemeine Oberflächenschäden*

Schwitzen: auch Überfettung genannt; tritt meist bei hohen Temperaturen auf, wenn sich durch die Belastung die Bitumenanteile an die Oberfläche pressen; meist schwarz glänzend sichtbar

offene Nähte: Anschlussfugen zweier Oberflächen

Abrieb: Entsteht durch mechanische Einwirkungen des Verkehrs (z.B. Schnee-, Landmaschinen, etc.); tritt in Fahrspuren, in engen Kurven und Kreuzungsbereichen auf; eine Folgeerscheinung des Polierens

Ausmagerung: Herauslösen der Bitumenanteile; die Folge ist ein offener Belag, bzw. ein späteres Herauslösen des Grobkornes

Kornausbruch: Durch den Verlust der Bitumen werden die Grobkörner freigesetzt

Ablösungen: Es handelt sich um das Ablösen der Deckschicht von der Tragschicht

Schlaglöcher: Schlaglöcher reichen, im Gegensatz zu den Ablösungen, bis in den Untergrund (der Trag- und Deckschicht)

- *Flickstellen*

Gräben von Versorgungsträgern: Flickstellen, die durch das Verlegen von Versorgungsleitungen quer oder längs zur Straße entstehen

Flicke: Sanierungsstellen, die notdürftig bearbeitet wurden; beschränkt sich meist auf Fugenverguss oder den Handeinbau von kaltem oder warmem Mischgut

- *Schäden an Randerfassungen bzw. Pflasterflächen*

Abplatzungen: Es handelt entweder um eine starke mechanische Beanspruchung oder um Materialfehler

Rissbildung: Es handelt sich um Ab- bzw. Durchbrechen des Materials

Aufwölbungen bzw. Setzungen: Findet man häufig an Baumscheiben neben Geh- und Radwegen

Zur Verdeutlichung der beschriebenen Schäden, führen wir hier exemplarisch einige in unserem Messgebiet vorgefundene Schadensbilder auf:



**Abb. 9.1.-1:** Flickschäden



**Abb. 9.1.-2:** vergossener Riss



**Abb. 9.1.-3:** Netzrisse / wilde Risse / Frostrisse



**Abb. 9.1.-4:** Rissbildung (Platten)



**Abb. 9.1.-5:** Belagsrandrisse



**Abb. 9.1.-6:** Abplatzungen

## 9.2. Visuelle Zustandserfassung

Erfassungsort: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_  
 Ortsteil: \_\_\_\_\_  
 Strasse: \_\_\_\_\_  
 Bild-Nr.: \_\_\_\_\_ Abschnitt: \_\_\_\_\_

Material	Element	Unebenheiten
1. Asphalt	1. Fahrbahn	1.keine
2. Beton	2. Gehweg (fahrbahnbegleitend)	2.sehr schwach
3. Betonsteinpflaster	3. Radweg (fahrbahnbegleitend)	3.schwach
4. Platten	4. Trennstreifen	4.deutlich
5. Wassergebunden	5. Parkstreifen außerhalb	5.stark
6. Gras	6. Busspur	6.sehr stark
7. Sträucher	7. Busbucht	
8. Flächendecker	8. Bankett	
9. Rasengittersteine	9. Graben	
10. Naturstein Mosaik	10. Geh/Radweg (fahrbahnbegleitend)	
11. Naturstein Kleinpflaster	11. Parkstreifen im Strassenraum	
12. Naturstein Großpflaster	12. Verkehrsinsel	
13. Schotter		
14. Split		
15. Sand		
16. Betonsteinpflaster Rechteck		
17. Verbundsteinpflaster		
18. ohne Befestigung		

Schild	Richtung	Stationierung	Breite	Schild

Position	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8
Element															
Material															

Position	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8
allg. Unebenheiten															
Spurrinnen mm															
Risse %															
Oberfl. Schäden %															
Flickschäden %															
Entwässerung li. %															
Entwässerung re. %															
Ausbrüche Ja/Nein															

Wellblechverformung	<input type="checkbox"/>	Spurrinnen in der Radspur	<input type="checkbox"/>
Schubverformung	<input type="checkbox"/>	Verformte Randbereiche	<input type="checkbox"/>
Setzungen	<input type="checkbox"/>	Belagsrandrisse	<input type="checkbox"/>
Frosthebungen	<input type="checkbox"/>	Querrisse	<input type="checkbox"/>
Aufwölbungen	<input type="checkbox"/>	Ab/Anriss durch Setzungen	<input type="checkbox"/>
Offene Nähte	<input type="checkbox"/>	Frostrisse	<input type="checkbox"/>
Abrieb	<input type="checkbox"/>	Netzrisse/wilde Risse	<input type="checkbox"/>
Ausmagerung	<input type="checkbox"/>	Gräben von Versorgungsträgern	<input type="checkbox"/>
Kornausbruch	<input type="checkbox"/>	Flicke	<input type="checkbox"/>
Ablösungen	<input type="checkbox"/>	Aufwölbungen/Setzungen Pflaster	<input type="checkbox"/>
Schlaglöcher	<input type="checkbox"/>	Abplatzungen Pflaster	<input type="checkbox"/>
Schwitzen	<input type="checkbox"/>	Rissbildung Pflaster	<input type="checkbox"/>

Abb. 9.2.-1: Formular visuelle Zustandserfassung



Die Visuelle Zustandserfassung ist ein Verfahren, bei dem die Beurteilung vom Auge des Betrachters abhängig ist. Man geht nach dem obigen vorgegebenen Formular vor, worin man die beurteilten Schäden erfasst.

Zunächst werden die einzelnen Elemente des jeweiligen Straßenabschnitts festgehalten. Dies können im Einzelnen sein:

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1. Fahrbahn      | 7. Busbucht       |
| 2. Gehweg        | 8. Bankett        |
| 3. Radweg        | 9. Graben         |
| 4. Trennstreifen | 10. Geh-/Radweg   |
| 5. Parkstreifen  | 11. Parkstreifen  |
| 6. Busspur       | 12. Verkehrsinsel |

Diese werden ausgehend von der Straßenmittelachse in Positionen von innen nach außen erfasst. Links der Achse werden die Positionen mit -1, -2, -3, usw. bezeichnet und rechts der Achse mit 1, 2, 3, usw. So teilt sich die Fahrbahn immer in zwei Teile auf. Die weiteren Positionen sind dann folgerichtig mit den angrenzenden Straßenbegleitflächen besetzt.

Im nächsten Schritt wird das Material des Belags festgehalten. Hier stehen verschiedene Materialien zur Verfügung:

- |                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1. Asphalt            | 10. Naturstein Mosaik           |
| 2. Beton              | 11. Naturstein Kleinpflaster    |
| 3. Betonsteinpflaster | 12. Naturstein Großpflaster     |
| 4. Platten            | 13. Schotter                    |
| 5. Wassergebunden     | 14. Split                       |
| 6. Gras               | 15. Sand                        |
| 7. Sträucher          | 16. Betonsteinpflaster Rechteck |
| 8. Flächendecker      | 17. Verbundsteinpflaster        |
| 9. Rasengittersteine  | 18. ohne Befestigung            |

Jedes Material wird ebenfalls einer Position und somit einem Straßenelement zugeordnet. Kleine vereinzelte Änderungen des Oberflächenmaterials finden hierbei keine Berücksichtigung.

Das erste Bewertungskriterium sind die allgemeinen Unebenheiten. Hier wird die Ebenheit der Fläche in Längsrichtung beurteilt. Es fließen hierbei keine weiteren Einflüsse wie z.B. Risse ein. Der Zustand der Fläche wird in sechs verschiedene Kategorien eingeteilt:

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1. keine        | 4. deutlich   |
| 2. sehr schwach | 5. stark      |
| 3. schwach      | 6. sehr stark |

Die Zustandskategorien sind wie Noten zu betrachten und mit Vorsicht zu genießen, da man, vor allem als Anfänger, dazu neigt, Flächen zu schlecht zu bewerten. Man kann sich einfacher Hilfsmittel bedienen, um die Flächen fachgerecht zu bewerten. So dienen z.B. vorbeifahrende Autos bzw. auf Radwegen vorbeifahrende Fahrräder als klare Anhaltspunkte bei der Bewertung von Unebenheiten.

Im Gegensatz zu den allgemeinen Unebenheiten, die nur die Längsrichtung betreffen, stehen die Spurrinnen, die die Unebenheiten der Oberfläche in Querrichtung darstellen. Diese werden jedoch nicht in Kategorien eingeteilt, sondern zahlenmäßig mit der Tiefe der jeweiligen Spurrinnen festgehalten. Man kann dies z.B. mit Hilfe eines Messkeils messen, der unter eine, auf der Straße aufliegende, 2 m – Messlatte geschoben wird.

Ein weiteres Bewertungskriterium sind Risse. Hier werden alle zuvor aufgelisteten Rissarten zusammengefasst und im Verhältnis zur Gesamtfläche des jeweiligen Elements in Prozent ausgedrückt. Im Falle von einzeln auftretenden Rissen wird ein Einflussbereich von beidseitig einem halben Meter seitlich des Risses angenommen. Bei Pflasterflächen zählen dazu auch gebrochene oder gerissene Steine.

Der nächste Bewertungspunkt, die sonstigen Oberflächenschäden, umfasst eindeutig die meisten Straßenschäden. Abrieb, Ausmagerungen, Splittverluste, Abplatzungen, Ausbrüche und Bindemittelanreicherungen werden in dieser Bewertungszeile, auch wiederum in Relation zur Gesamtfläche des jeweiligen Abschnitts in Prozent zusammengefasst. Hierbei ist zu erwähnen, dass es für uns teilweise schwierig war,

die einzelnen Arten zu unterscheiden. So sind sich z.B. Ausmagerungen, Abrieb und Kornausbruch in der Örtlichkeit sehr ähnlich.

Die nächste Zeile des Bewertungsformulars umfasst alle Flickschäden der Oberfläche. Dies beinhaltet verschlossene Aufbrüche jeglicher Art. Dabei spielt es keine Rolle, ob ein Flecken durch den Aufbruch eines Versorgungsträgers zustande kam, oder auf eine andere Weise. Vergossene Fugen zählen ebenfalls zu diesem Punkt, und werden in ihrer Größe gleichsam wie Risse behandelt. Gefragt ist hier auch der Prozentsatz zur Gesamtfläche.

Die Schäden bei der Entwässerung der Fahrbahn werden getrennt zwischen links und rechts beurteilt. Sie werden ebenfalls im Verhältnis zur gesamten Länge gesehen. Gemeint sind hier z.B. abgesackte Abläufe oder allgemeine Setzungen in der Rinne.

Die letzte Zeile des Bewertungsformulars beschäftigt sich mit Ausbrüchen im Oberflächenbelag. Hier ist lediglich festzuhalten, ob Ausbrüche vorhanden sind, oder nicht. Minimale Ausbrüche finden hier jedoch keine Berücksichtigung.

Abschließend wird noch festgehalten welche Schäden generell Vorhanden sind und in der Liste der aufgelisteten Schadensarten festgehalten. [14]

Durch unsere Teilnahme an einem zweitägigen Schulungslehrgang der Firma NTS zu den Themen „Grundlagen NKF / Tifosy“ und „visuelle Zustandserfassung“ durften wir uns das nötige Fachwissen aneignen, das für die Arbeit in der Praxis unerlässlich ist.

### **9.3. Aufmaß der Straßenschäden**

In diesem Kapitel geht es darum, dass die beschriebenen Straßenschäden nicht rein visuell erfasst sondern punktuell aufgemessen werden.

Hierfür kommen nur die Schäden in Betracht, die anteilig an einer Gesamtfläche zu sehen sind, da Schäden wie die allgemeinen Unebenheiten und Spurrinnentiefe nicht flächenmäßig zu erfassen sind. Eine weitere Einschränkung gibt es bei Schäden wie z.B. Rissen, NetZRissen und wilden Rissen. Hierbei treten die Schadensbilder in geometrisch unregelmäßigen Formen auf, die ein Aufmaß in einem verhältnismäßigen Rahmen nahezu unmöglich machen. Für eine Aufnahme wäre eine Generalisierung des jeweiligen Schadensbildes nötig, was wiederum deutliche Ungenauigkeiten beim Vergleich hervorrufen würde.

Aus diesem Grund haben wir entschieden, uns bei dem Aufmaß auf Flickstellen zu beschränken, weil diese durch ihre meist einfachen geometrischen Formen in der Örtlichkeit eindeutig abgegrenzt und somit flächenmäßig exakt bestimmbar sind. Meist sind dies Rechtecke, die auf der Fahrbahnfläche deutlich hervortreten. Dadurch ist ein Vergleich zur visuellen Zustandserfassung möglich.

Zur genauen Aufnahme bedienten wir uns erneut unserer Polygonpunkte, die wir wiederum für die freie Stationierung nutzen konnten. So war es möglich alle Flickstellen aufzumessen, in ihrer Lage zu bestimmen und deren Fläche zu berechnen. Lediglich die Schäden der Straßenfläche des Friesenrings konnten wir nicht erfassen, da es dort auf Grund des hohen Verkehrsaufkommens zu gefährlich war, Straßenschäden auf der vierspurigen Straße aufzumessen.

In diesem Fall bietet sich die oben angesprochene Befahrung mit einem speziell für diese Zwecke vorgesehenen Messfahrzeug an, weil diese Fahrzeuge mit dem Verkehr mitfließen können, und so niemand den Gefahren ausgesetzt ist.



Abb. 9.3.-1: Grafik der aufgemessenen Flickschäden (Kreuzung Melchersstraße – Wienburgstraße)

Folgende Flickschäden waren in den einzelnen Straßen festzustellen:

Straße	Abschnitt	Flickstellen [m <sup>2</sup> ]	Straßenfläche [m <sup>2</sup> ]	Anteile [%]
Martin-Luther-Straße	1	226,35	1222,27	18,5
	2	181,75	1026,13	17,7
	Gesamt	408,10	2248,40	18,2
Melchersstraße	1	8,50	579,70	1,5
	2	45,30	717,65	6,3
	3	44,60	701,07	6,4
	4	10,74	739,84	1,5
	5	0,00	448,56	0,0
	6	58,03	887,74	6,5
Gesamt		167,16	4074,56	4,1
Wienburgstraße	1	159,40	2357,04	6,8
Friesenring	1	entfällt		
	2	entfällt		
Gesamt			7902,28	

## 9.4. Vergleich visuell – Aufmaß

In diesem Kapitel soll am Beispiel der Flickstellen dargelegt werden, wie genau eine rein visuelle Zustandserfassung möglich ist.

Als erstes werden die ermittelten Prozentzahlen tabellarisch gegenübergestellt:

<b>Straße</b>	<b>Abschnitt</b>	<b>visuell [%]</b>	<b>gemessen [%]</b>	<b>Abweichung [%]</b>
Martin-Luther-Straße	1	20,0	18,5	-1,5
	2	15,0	17,7	2,7
Melchersstraße	1	0,0	1,5	1,5
	2	7,5	6,3	-1,2
	3	6,0	6,4	0,4
	4	2,5	1,5	-1,0
	5	0,0	0,0	0,0
	6	4,0	6,5	2,5
Wienburgstraße	1	13,5	6,8	-6,7

Die aufgeführten Werte in der Spalte "visuell" sind Mittelwerte aus beiden Fahrbahnhälften.

Hieraus ist zu erkennen, dass sich die Abweichungen zwischen den beiden Verfahren in Grenzen halten und die visuelle Zustandserfassung ziemlich genau die Werte der genauen Aufmessung widerspiegelt. Bis auf einen Wert liegt die Maximaldifferenz bei 2,7%.

Die einzige Ausnahme bildet hierbei die Erfassung in der Wienburgstraße, wo eine Abweichung von 6,7% zu erkennen ist. Eine Erklärung hierfür könnte die Größe des Gesamtabschnitts mit 2357 m<sup>2</sup> sein, der sich über die gesamte Wienburgstraße erstreckt.

Abschließend ist anzunehmen, dass sich die übrigen Schadensbilder ähnlich genau durch die visuelle Zustandserfassung bestimmen lassen. Geringfügig höhere Abweichungen können durch die beschriebene schwierigere Abgrenzung der einzelnen Schäden auftreten.

## **9.5. Tifosy – Tiefbauinformationssystem / Straßendatenbank**

Die von uns untersuchten Aufnahmeverfahren stellen die Datenquellen für ein Programmsystem wie das Tifosy dar. Es ist eine Access-Datenbank, die Datenbestände der Bereiche Straßendatenbank, Bauwerkskataster und Projektmanagement verwaltet.

Im Einzelnen beinhaltet der für uns relevante Bereich der Straßendatenbank das Straßenkataster sowie die Zustandserfassung.

Nach Eingabe der Straßengeometrie, sowie der Zustandserfassung gibt Tifosy berechnete Zustandswerte von 1-5 und Mängelklassen von 1-8 für jeden Straßenabschnitt aus. Anhand dieser Werte kann die Kommune entscheiden ob Handlungsbedarf in Form von baulichen Maßnahmen besteht. Weiterhin kann ein finanzieller Wert, nach der Berechnung über einen hinterlegten Werteschlüssel, ausgegeben werden, der für den kommunalen Haushalt von Bedeutung ist. Hier ist der gesamte Straßenaufbau mit berücksichtigt.

Wir haben die von uns erfassten Daten in diese Datenbank eingegeben und exemplarische Ergebnisse als Anhang beigefügt.

## 10. Fazit / Kosten ↔ Nutzen

Als abschließendes Fazit ist zu sagen, dass man genau abwägen und berücksichtigen muss, worauf es den einzelnen Kommunen ankommt.

Das erste Kriterium ist die Genauigkeit, mit der die Flächen erfasst werden sollen. Hier sind sicherlich im Einzelfall interne Vorüberlegungen bei jeder Kommune zu treffen.

Auf der anderen Seite stehen der Zeitfaktor und die Fragestellung, wie viel Zeit und Arbeit man in die Aufnahme der Bestände investieren will, und somit auch wie viel Geld. Nach dem Vergleich der Methoden kommt man zu folgendem Schluss:

Die Tachymeter-Aufnahme ist deutlich das genaueste Verfahren mit der Sicherheit die Straßen- und deren Begleitflächen, bis auf einige wenige Ungenauigkeiten, flächenrichtig darzustellen und zu erfassen. Deswegen haben wir uns auch dieses Verfahren zur Schaffung der Referenzfläche zu Nutzen gemacht. Allerdings muss man im Hinblick auf den Faktor Zeit feststellen, dass dieses Verfahren zur dauerhaften Anwendung einen hohen Kostenaufwand bedeutet. Auch zu berücksichtigen ist die Tatsache, dass für eine solche Aufnahme mindestens zwei Arbeitskräfte nötig sind.

Wie in 3.12. erläutert ist das Aufnahme-Verfahren mittels GPS im innerstädtischen Bereich, wie es bei unserer Arbeit der Fall war, für diesen Zweck nicht geeignet, da der Signalempfang im Bereich von Straßenschluchten nicht ausreicht, um genügend Punkte aufzunehmen.

Hingegen in Gebieten, die frei von Abschattungen sind, z.B. Außenbereiche und Gebiete mit Einzelbebauung, ist die Aufnahme mit dieser Technologie, nicht zuletzt durch die erreichbare Genauigkeit sowie den bedeutsamen Zeitfaktor, als sinnvoll anzusehen und durchaus in Betracht zu ziehen.

Als Nachteilig sind die hohen Investitionskosten zu nennen, die für die Anschaffung eines GPS-Empfängers aufzubringen sind. Was hingegen durch den Ein-Mann-Betrieb relativiert werden kann.

Nicht zu vernachlässigen sind die ebenfalls entstehenden Kosten durch die Nutzung von SAPOS und des Mobilfunknetzes.

Bei der stationierten Aufnahme mit Hilfe des Knoten-/Kantenmodells sind die ermittelten Flächen zwar leicht verfälscht (bei der Gesamtfläche 1,4 % Abweichung),



allerdings steht dem der relativ geringe Zeitaufwand positiv gegenüber. Ein zusätzlicher Vorteil ist die völlige Unabhängigkeit von der in der Örtlichkeit vorgefundenen Topographie, weil man z.B. auf Abschattungen durch Bäume und Bebauung keine Rücksicht nehmen muss.

Das Verfahren mit dem geringsten Zeitaufwand ist die Aufnahme nach Regelquerschnitt. Hierbei ist eine sehr schnelle Datenerfassung möglich, jedoch teilweise auf Kosten der Qualität (bei der Gesamtfläche 6,6 % Abweichung). Auf Grund des hohen Vereinfachungsgrads der Aufnahme (siehe 6.2.) liegt die Genauigkeit der ermittelten Flächen im Vergleich zur Tachymeter-Aufnahme teilweise in einem äußerst kritischen Bereich. In ländlichen Außenbereichen hingegen, in denen es weniger Einmündungen sowie Geh- und Radwege gibt, kann diese Methode durchaus sinnvoll sein. Soll das Verfahren jedoch im innerstädtischen Bereich angewendet werden, könnte man in Erwägung ziehen, die ermittelten Begleitflächen pauschal um einen Flächenbetrag von ca. 8% zu reduzieren. Um diesen möglichen Reduktionsanteil genau zu bestimmen zu können, sollten zuvor Untersuchungen in einem größeren Rahmen durchgeführt werden.

Das letzte Verfahren im Rahmen dieser Arbeit ist die Flächenermittlung aus digitalisiertem Datenbestand, aus einem Orthophoto. Die Problematik, dass auf Grund der schlechten Sichtbarkeit der Straßenbegleitflächen eine Erfassung in dem Orthophoto, das uns zur Verfügung stand, teilweise unmöglich war, relativiert die vereinzelt durchaus brauchbaren Ergebnisse im Bereich der Fahrbahnen. Ansonsten ist dieses Verfahren, auch auf Grund der erreichbaren Genauigkeiten, durchaus eine weitere Alternative.

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass für diese Methode gutes Personal unausweichlich ist. Erfahrungen der Firma NTS zeigen, dass durch vermeidbare Fehler bei der Digitalisierung zusätzlicher Mehraufwand in Form eines Feldvergleichs nötig wird, der viel Zeit und Geld kostet.

Letztendlich lässt sich sagen, dass sich die Methode der Stationierten Aufnahme als durchweg sinnvoll anwendbar herausgestellt hat. Sie ist sowohl vom Zeitaufwand, als auch von der Qualität der ermittelten Flächen als empfehlenswert anzusehen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Leica Geosystems AG: TPS 700 Performance Series, Gebrauchsanweisung. 2001
- [2] Joeckel, R.; Stober, M.: Elektronische Entfernung- und Richtungsmessung. Wittwer Verlag, 1991.
- [3] Deumlich, F.; Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. Wichmann Verlag, 2002.
- [4] Kahmen, H.: Vermessungskunde. de Gruyter, 1997.
- [5] Niemeier, W.: Ausgleichsrechnung. de Gruyter, 2001.
- [6] Gruber, F. J.: Formelsammlung für das Vermessungswesen. Wittwer Verlag, 2001.
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Entwurf Arbeitspapier zur „Systematik der Straßenerhaltung“. Stand 2004.
- [8] Leica Geosystems AG: GPS System 500, Bedienungsanleitung. 2000
- [9] Mansfeld, W.: Satellitenortung und Navigation. Vieweg Verlag, 2004.
- [10] Lohmar, F. J.: Bestimmung von Vermessungspunkten durch GPS-Messungen. Vorlesungsskript Fach Netzverdichtung, FH Bochum, 2002.
- [11] Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten. Wichmann Verlag, 2003.
- [12] Kraus, K.: Photogrammetrie, Band 1, Grundlagen und Standardverfahren. Dümmler Verlag, 1997.

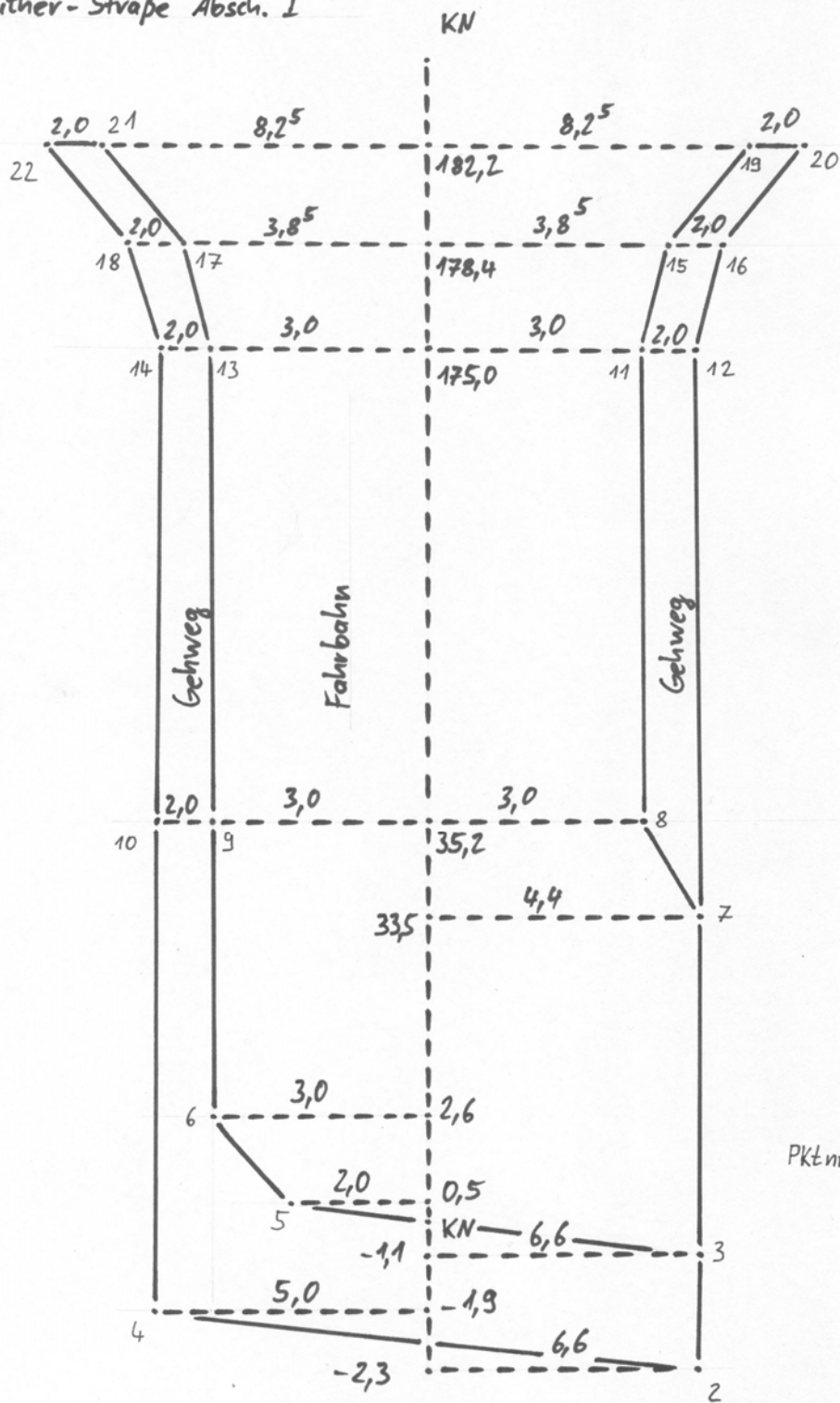
- [13] Kraus, K.: Fernerkundung, Band 2, Auswertung photographischer und digitaler Bilder. Dümmler Verlag, 1990.
- [14] Ingenieurgesellschaft NTS mbH, Münster: Schulungsunterlagen für die visuelle Zustandserfassung, tifosy – Tiefbauinformationssystem. 2005.
- [15] HHK Datentechnik GmbH: GEOgraf Version 3.0c, Hilfethemen. 2004
- [16] Bäumker, M.: Vorlesungsskript Fach Vermessungskunde (Teil 4), FH Bochum
- [17] Kersting, N.: Vorlesungsskript Fach Geodätische Rechenverfahren II, FH Bochum. 2003
- [18] Witte, B.; Schmidt, H.: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. Wichmann Verlag, 2004.

# Anhang I

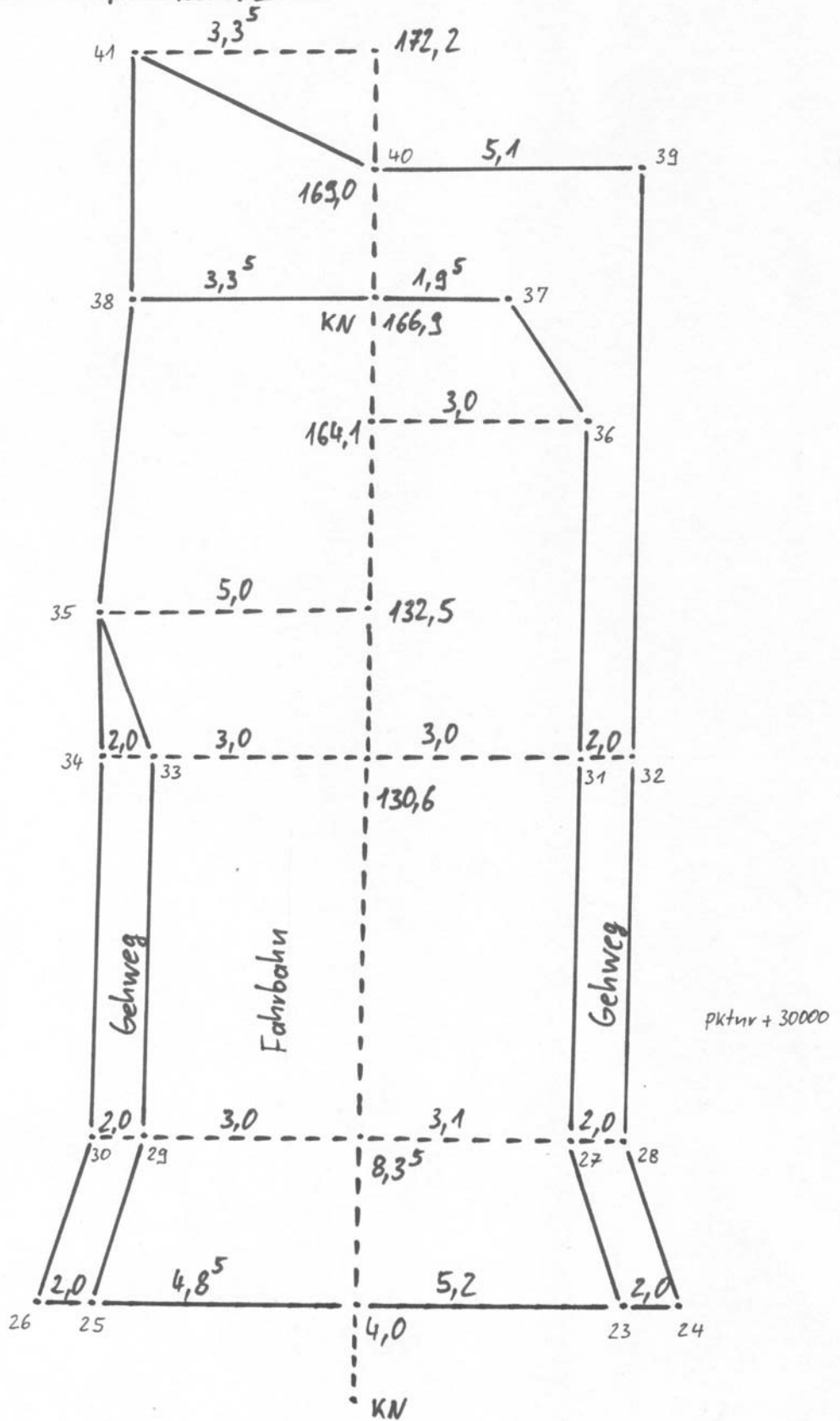
- I Feldbücher Stationierte Aufnahme
- II Feldbücher Regelquerschnitt
- III Flächenberechnung Tachymeter-Aufnahme
- IV Flächenberechnung Stationierte Aufnahme
- V Flächenberechnung Luftbildauswertung
- VI CD-ROM

# **I Feldbücher Stationierte Aufnahme**

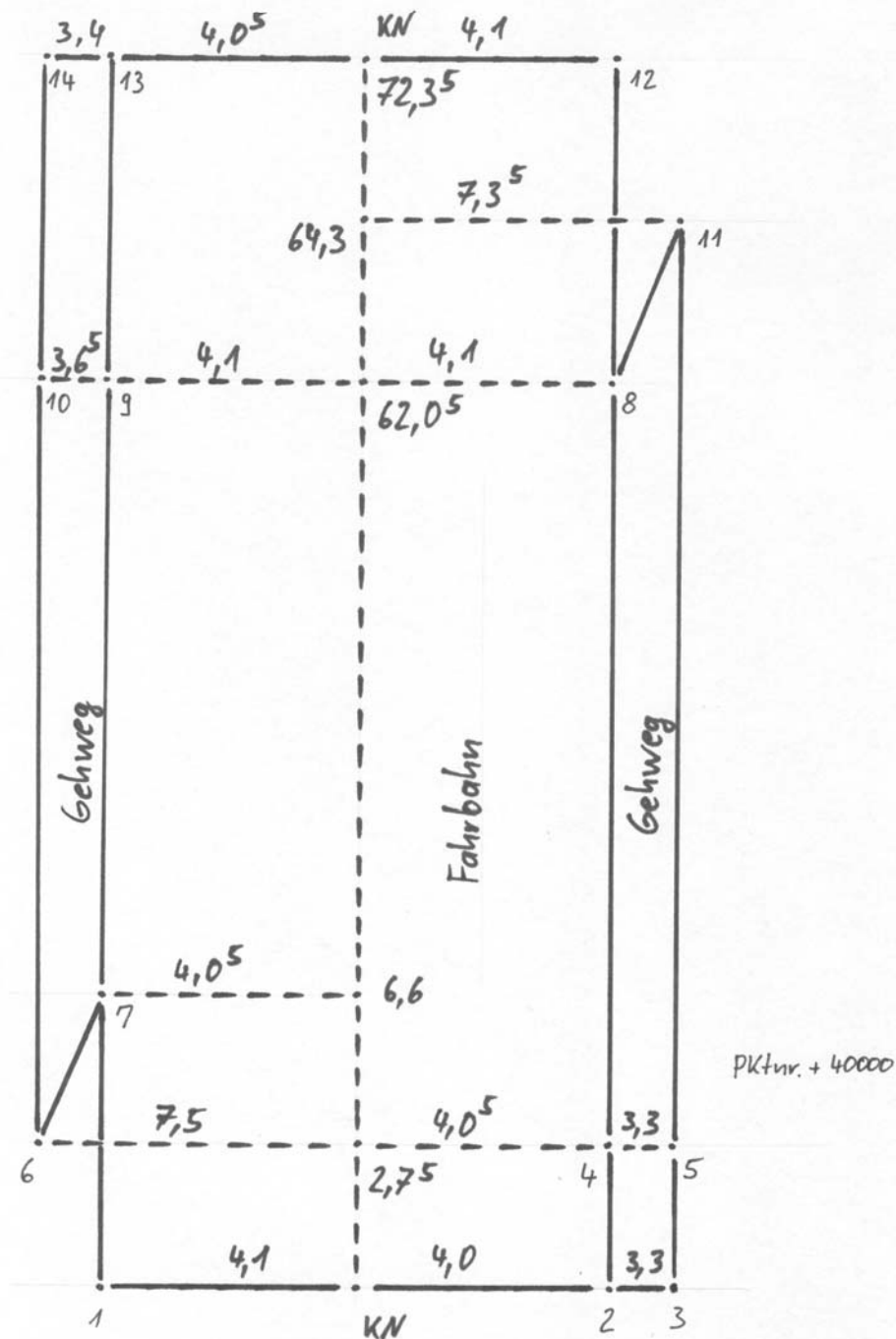
Martin-Luther-Strasse Absch. I



Martin-Luther-Straße Absch. II



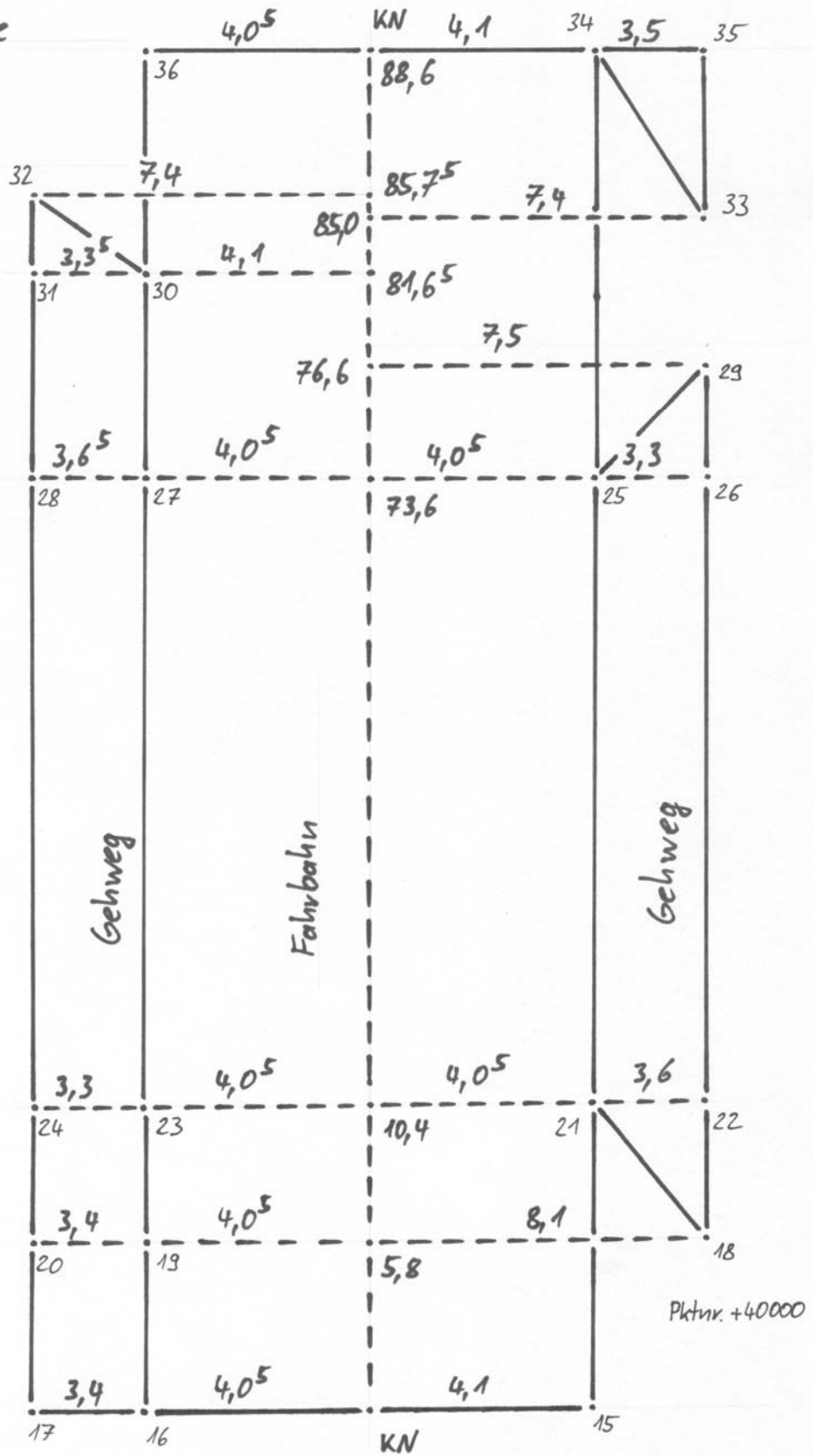
# Melchersstraße Absch. I



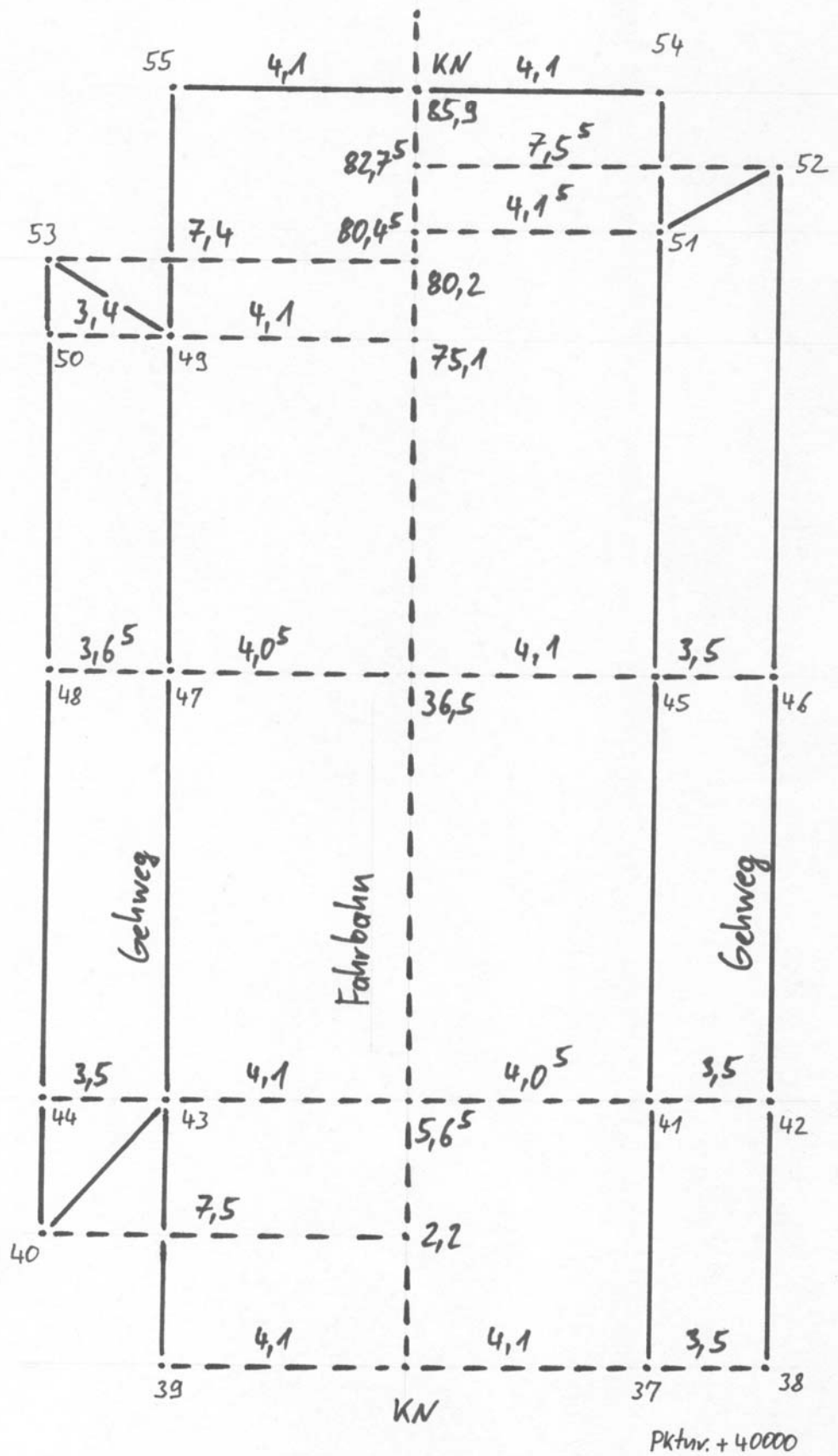


Melchersstraße

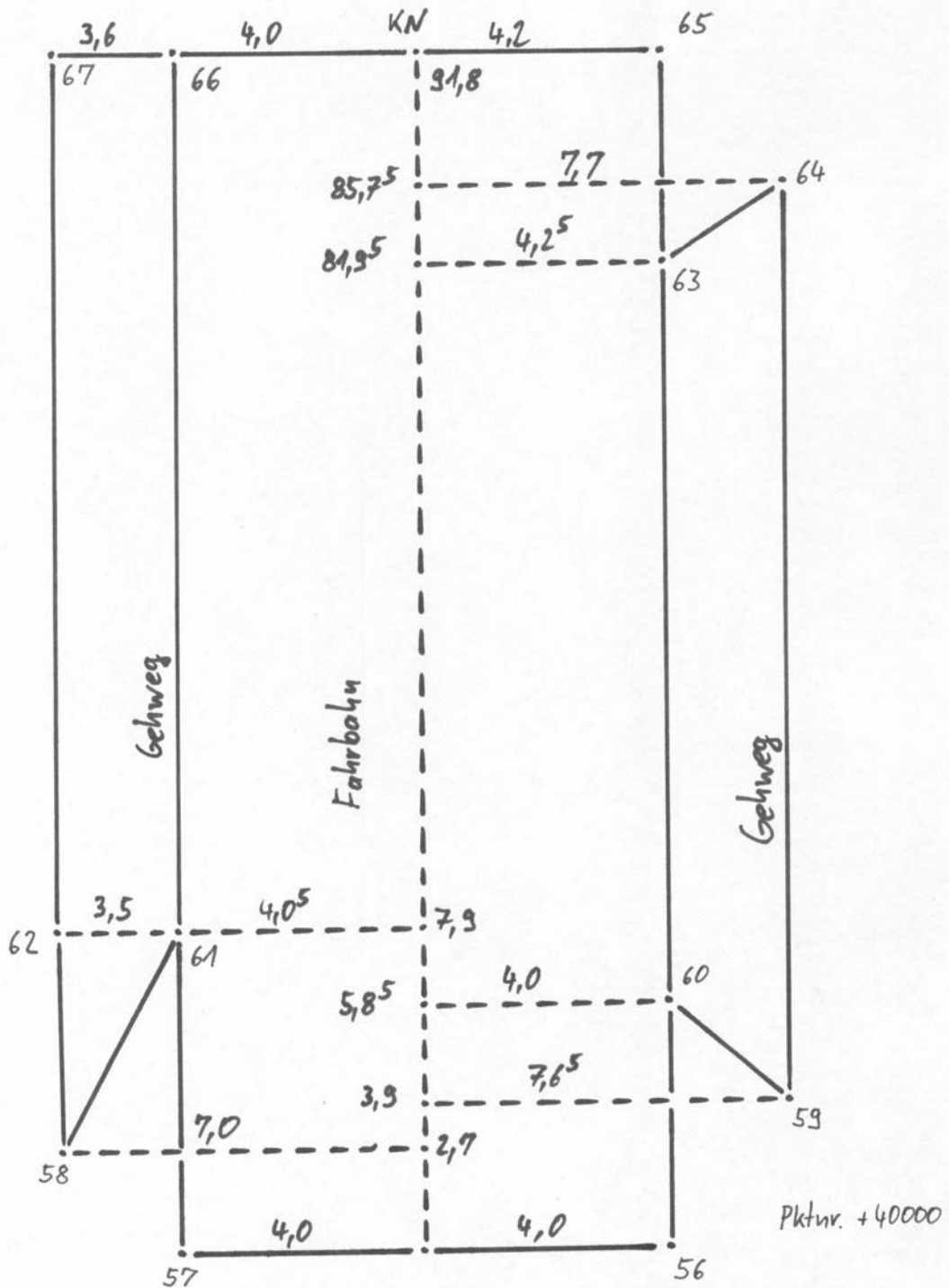
Absch II.



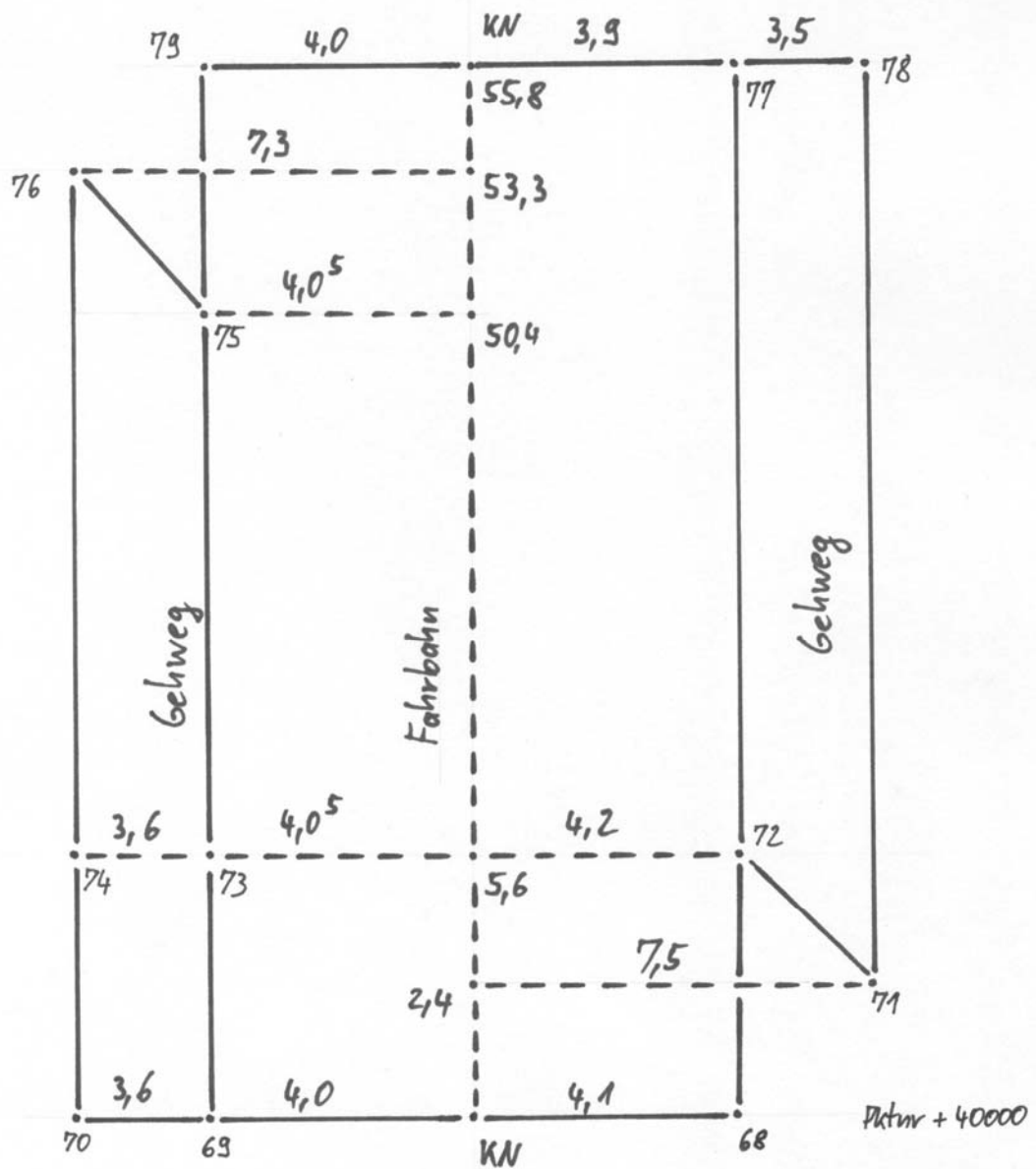
# Melchersstraße Absch. III



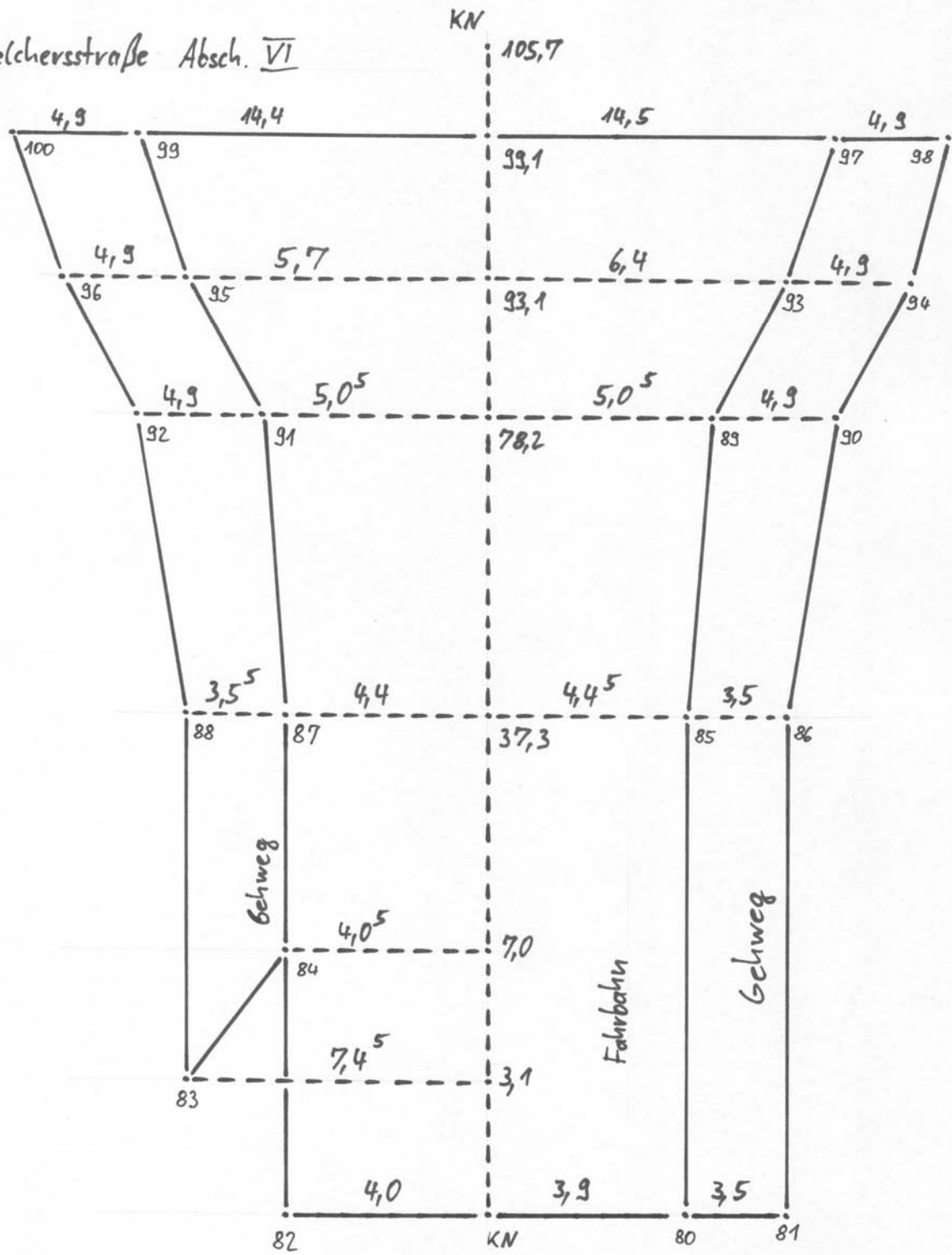
Melchersstraße Absch. IV



# Melchersstraße V Abschn. V

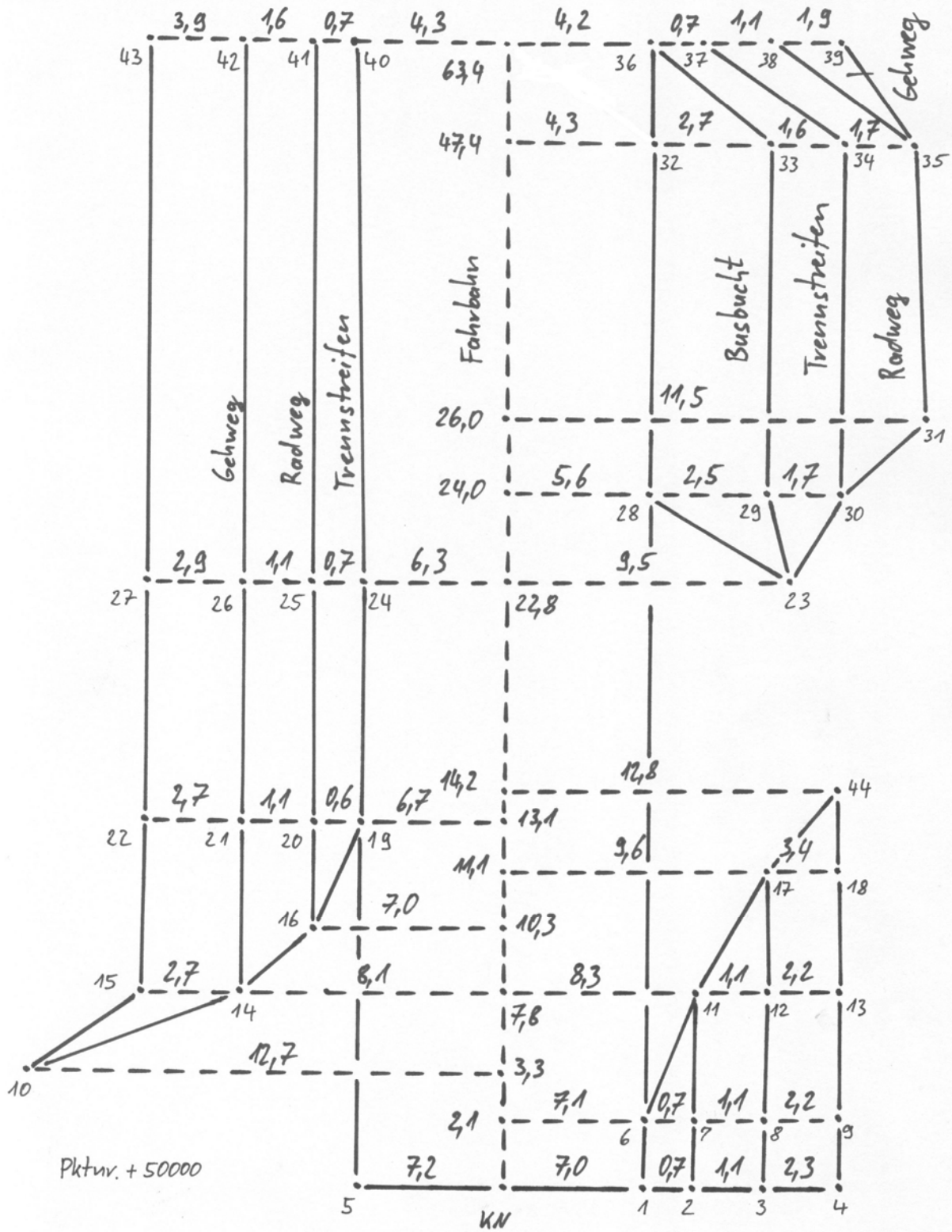


Melchersstraße Absch. VI

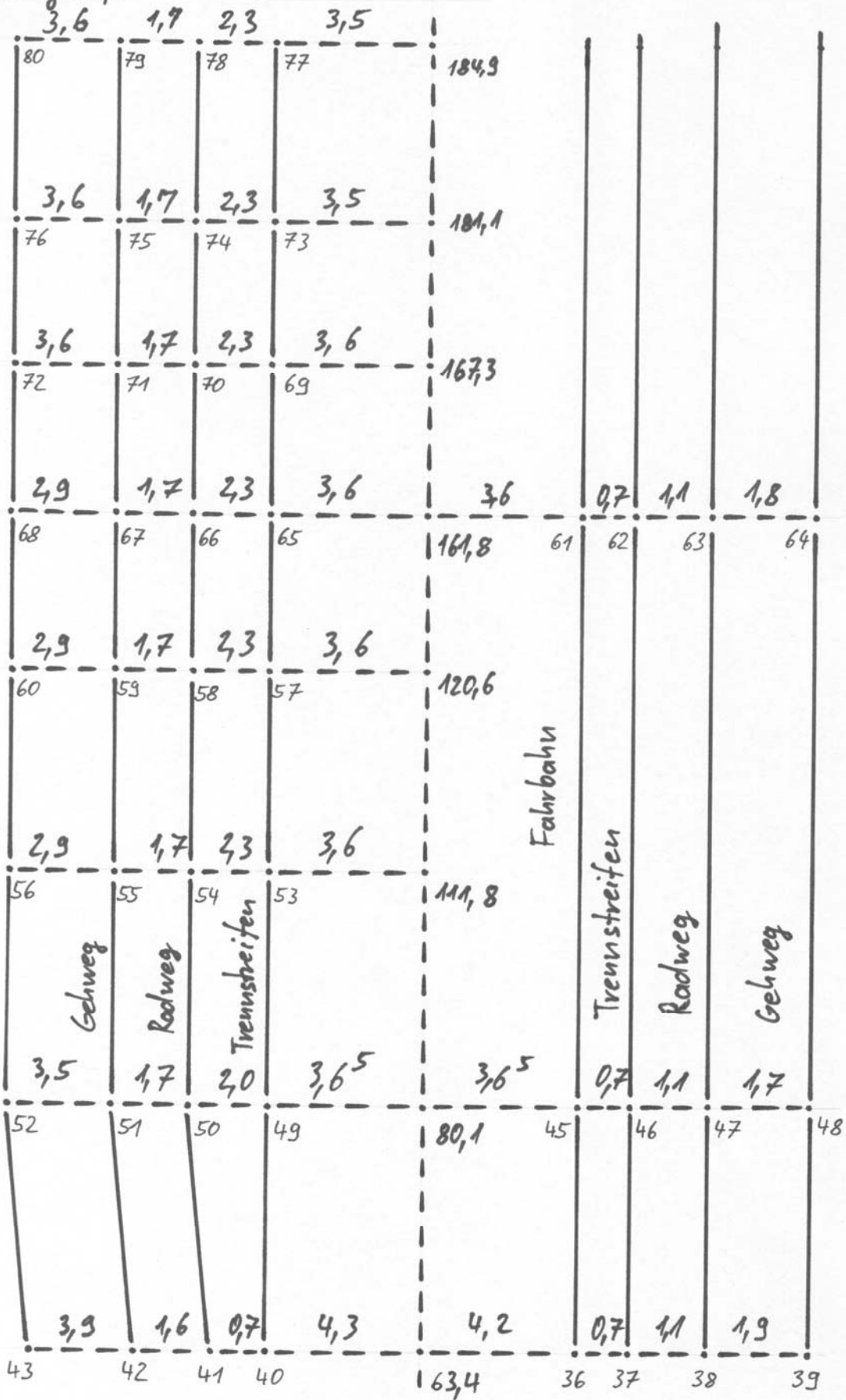


Pkt<sub>nr</sub> + 40000

# Wienburgstraße Blatt I



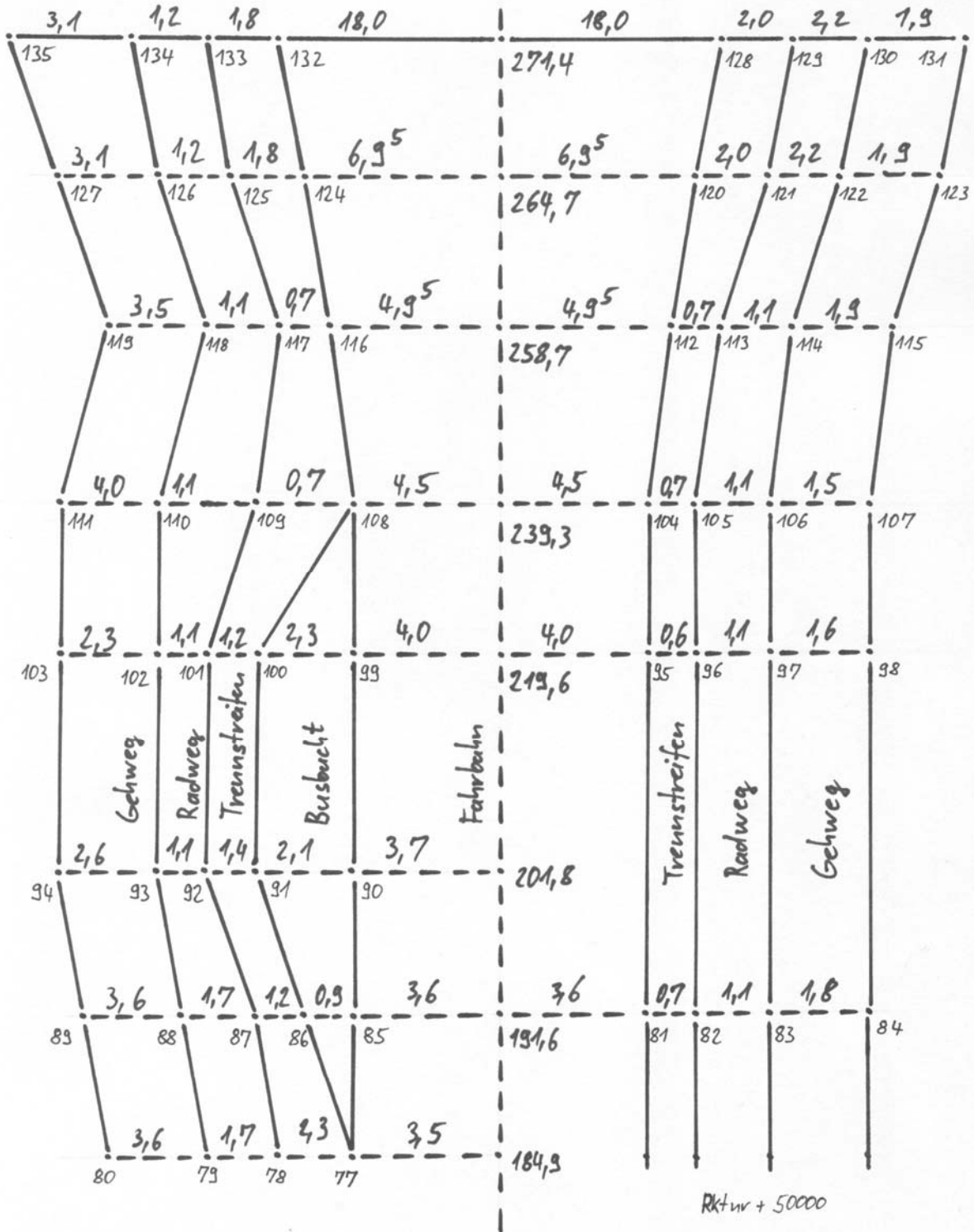
Wienburgstraße Blatt II



Pktnr + 50000

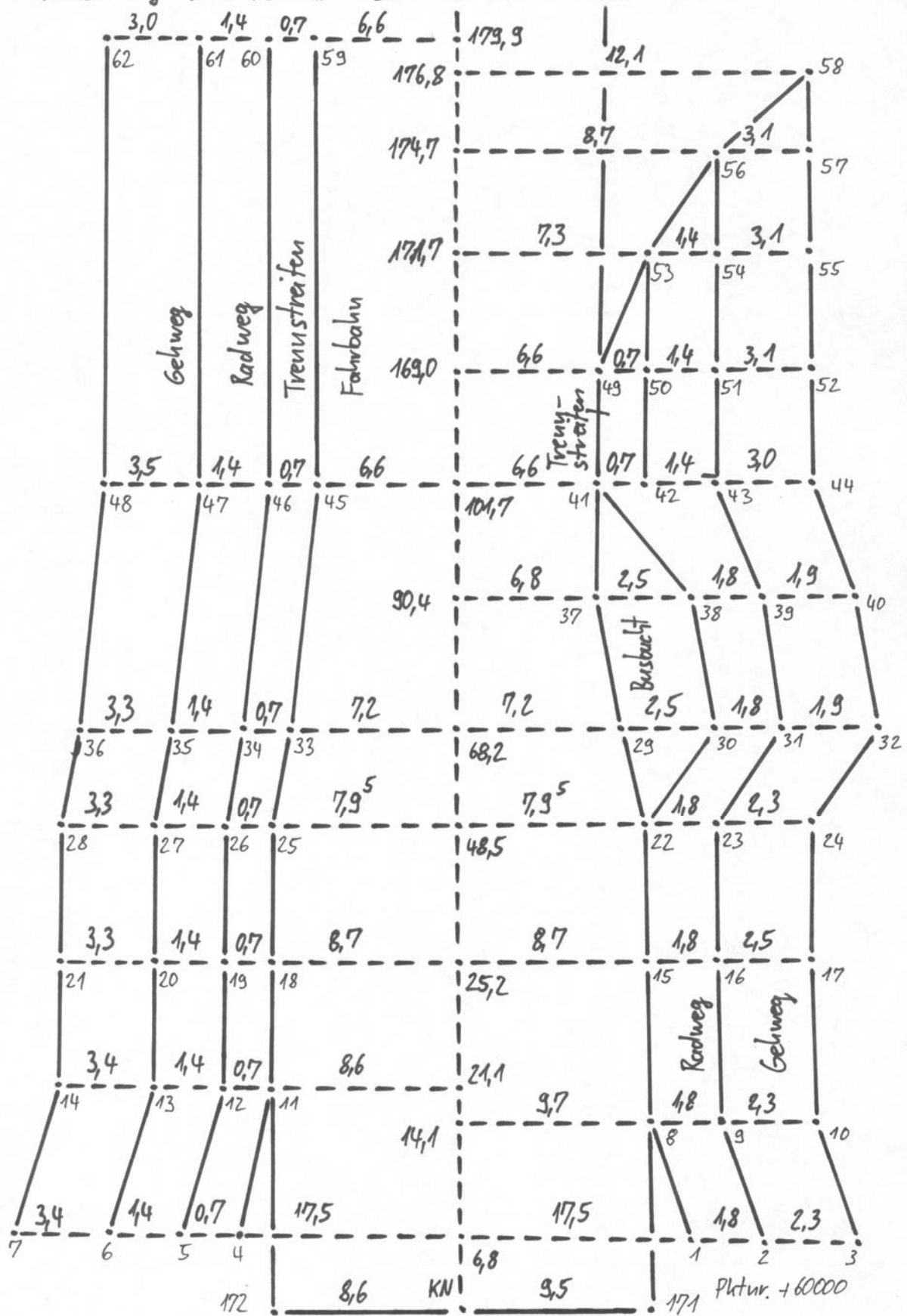
Wienburgstraße Blatt III

KN  
280,4

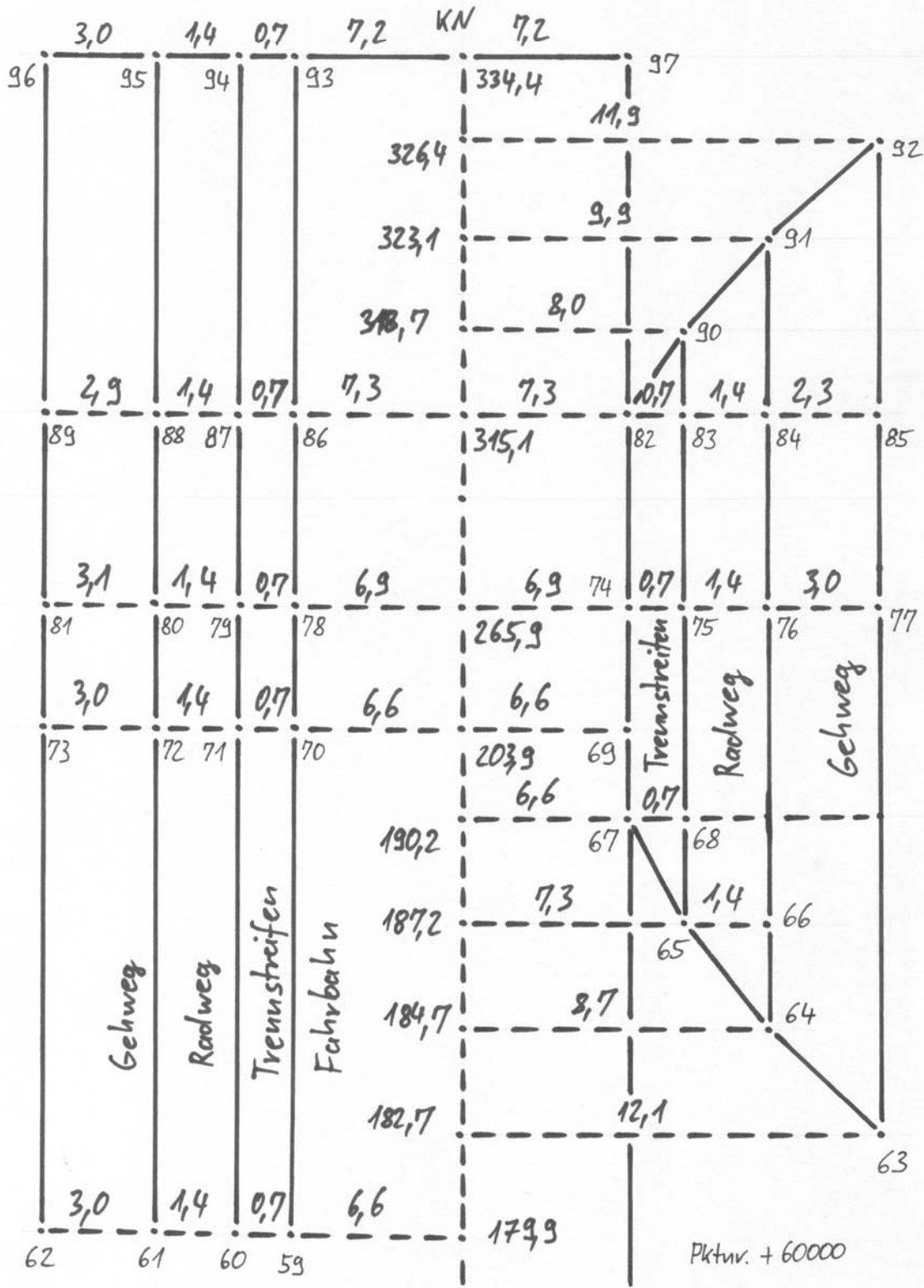




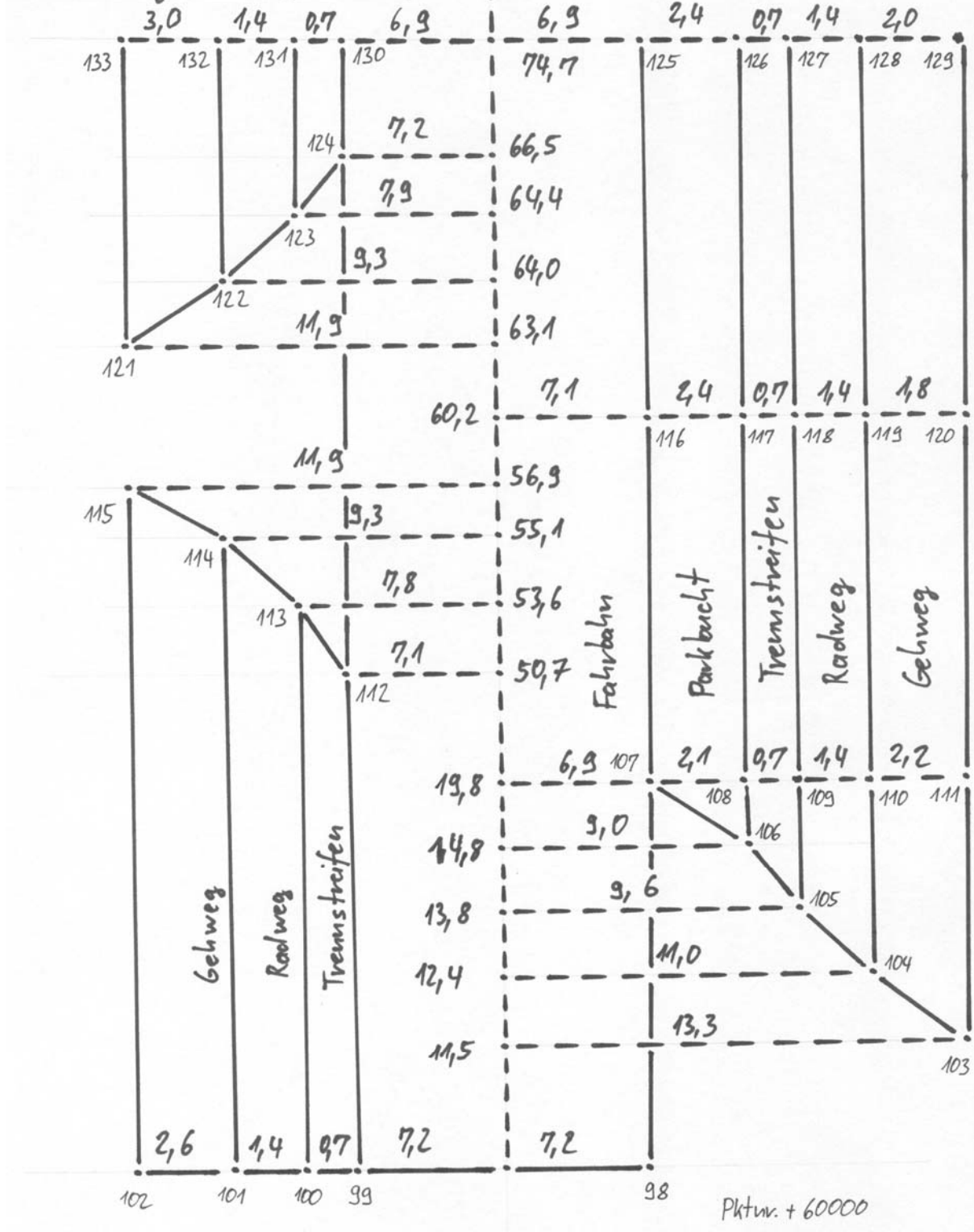
Friesenring Absch. I Blatt I



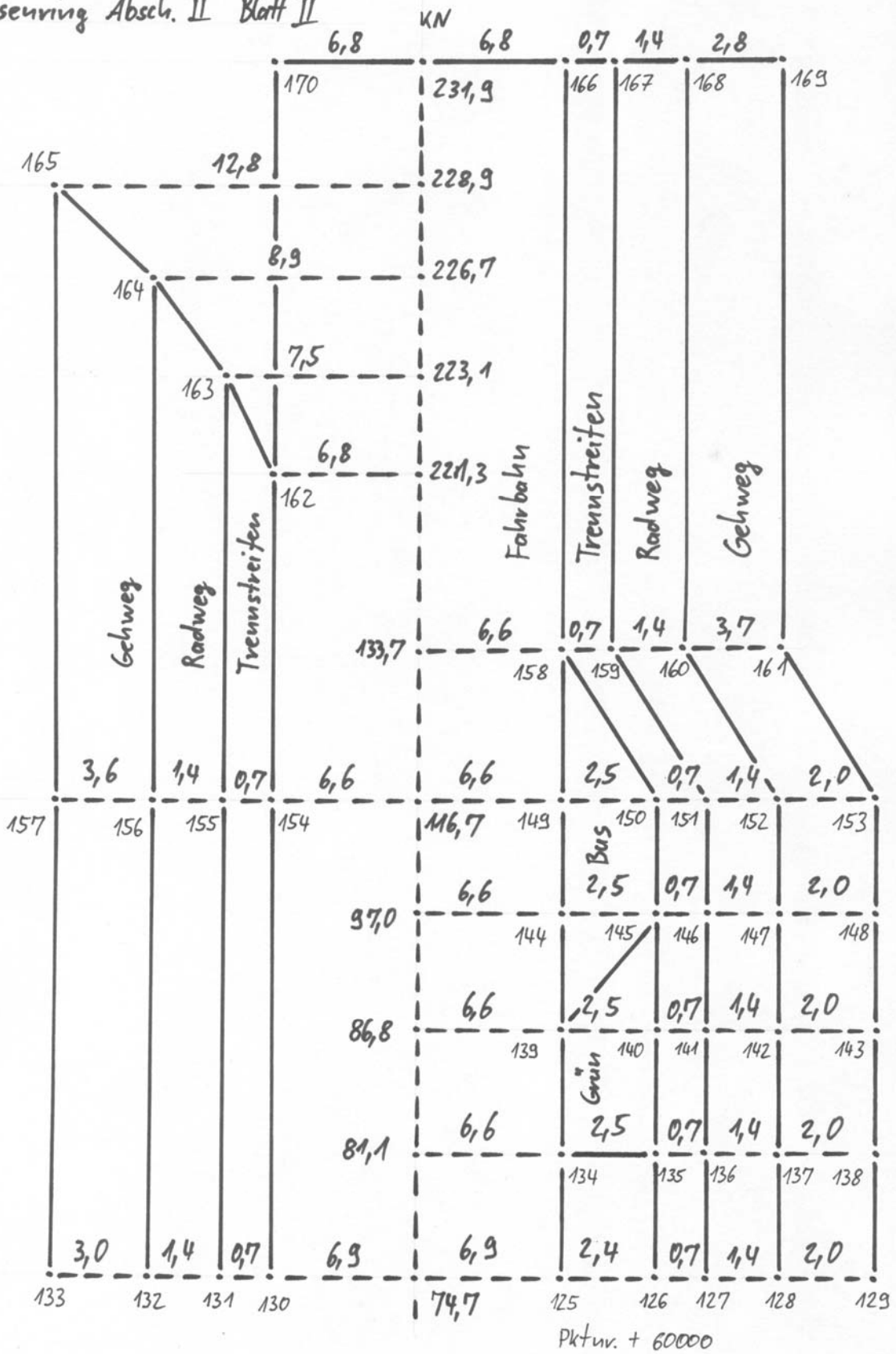
# Frieseuring Absch. I Blatt II



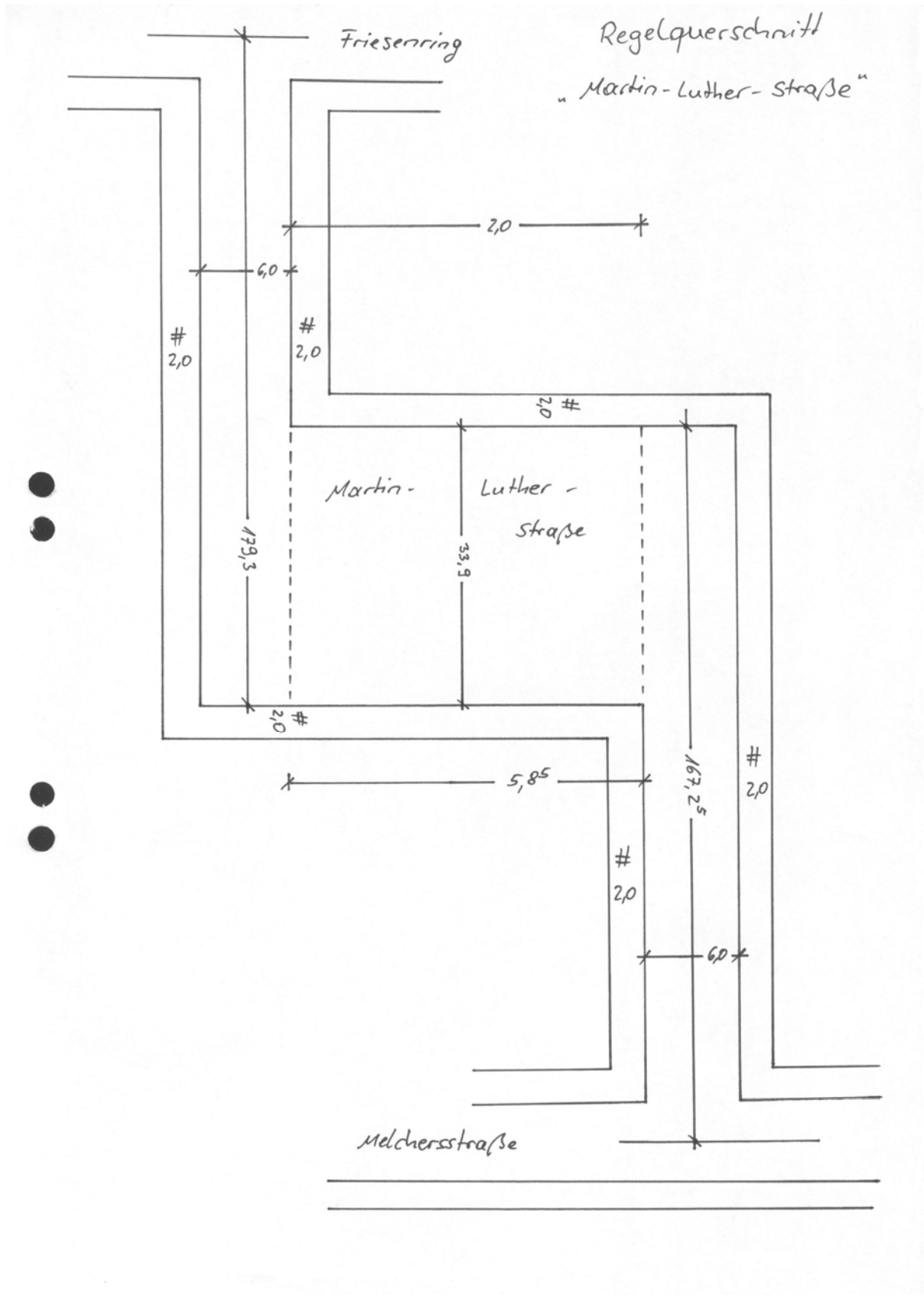
# Frieseuring Absch. II Blatt I



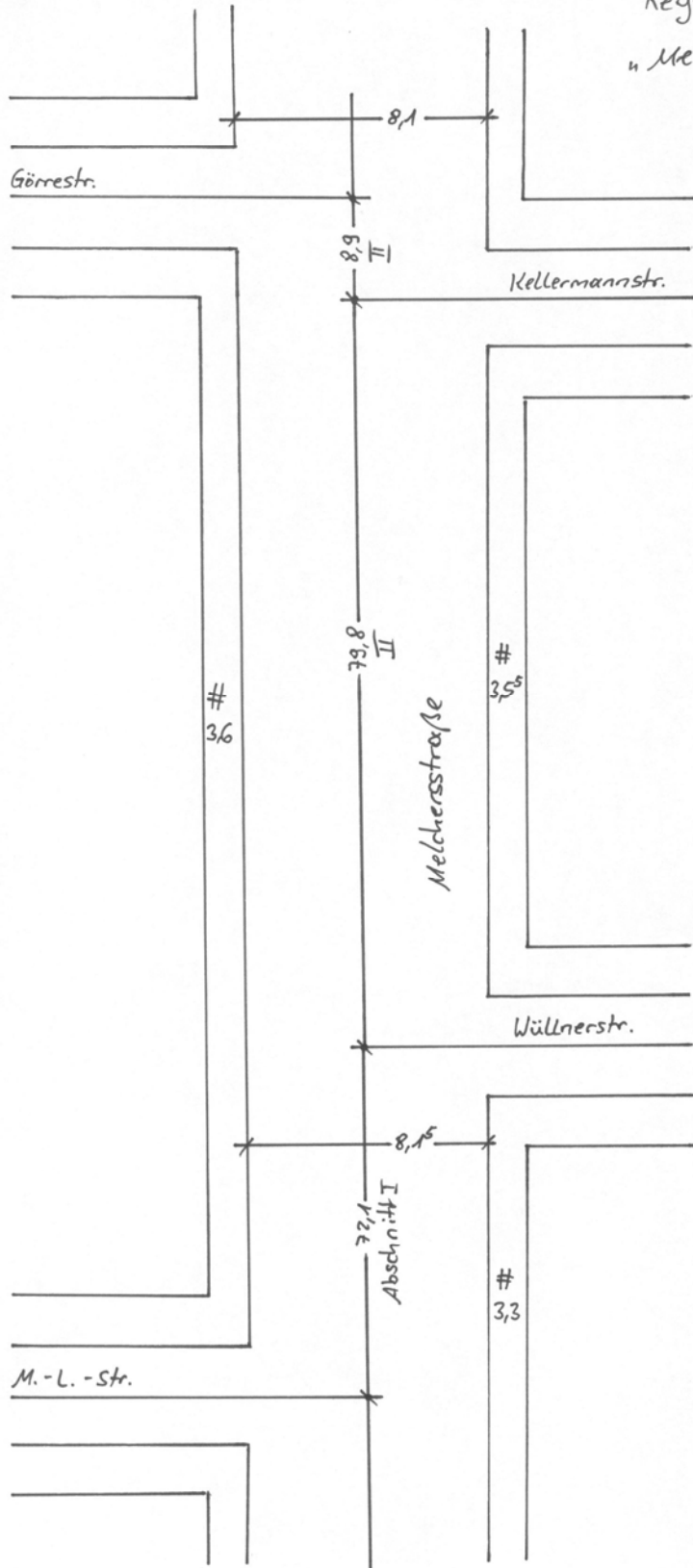
Friesenring Absch. II Blatt II



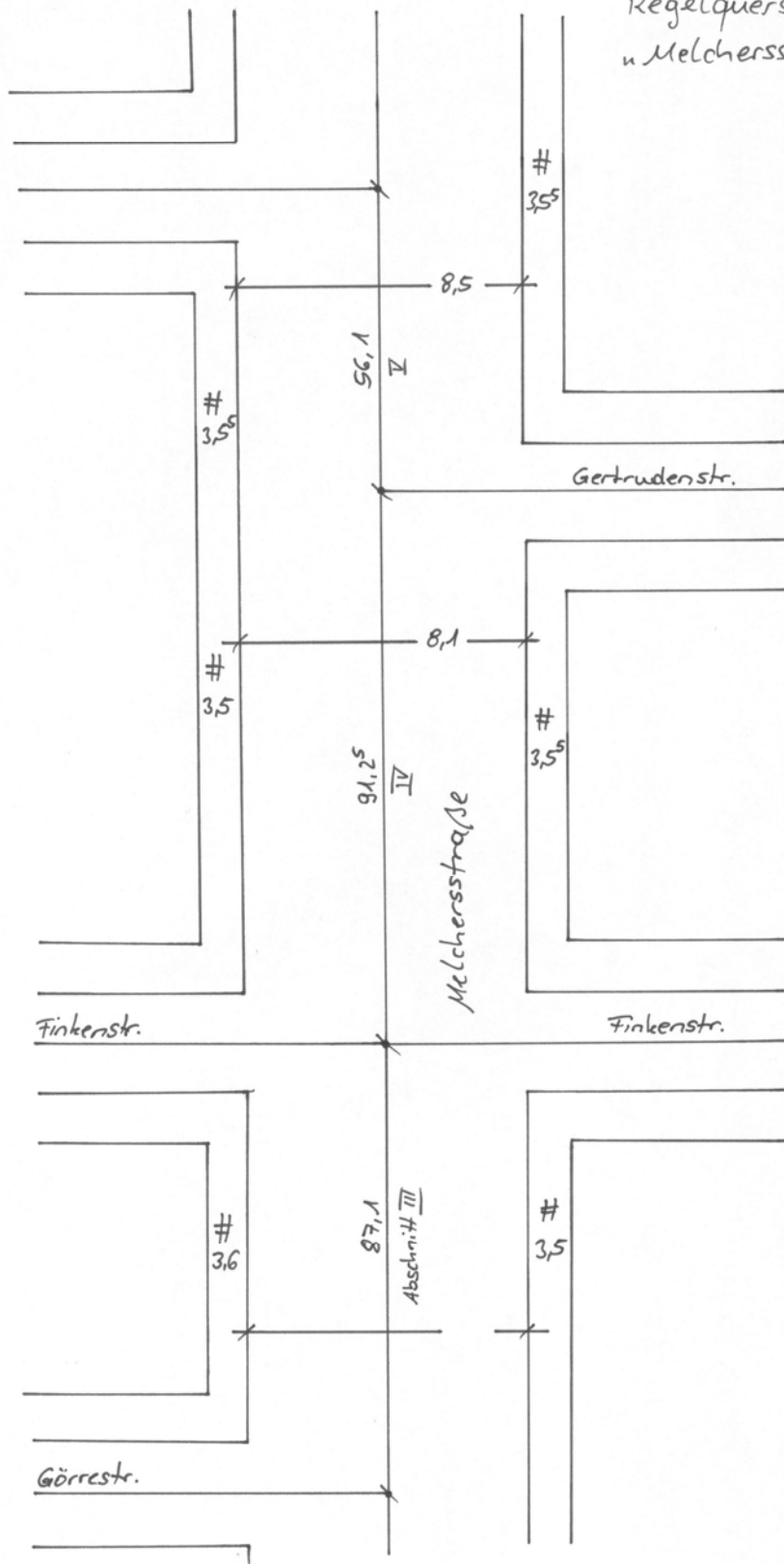
## **II Feldbücher Regelquerschnitt**



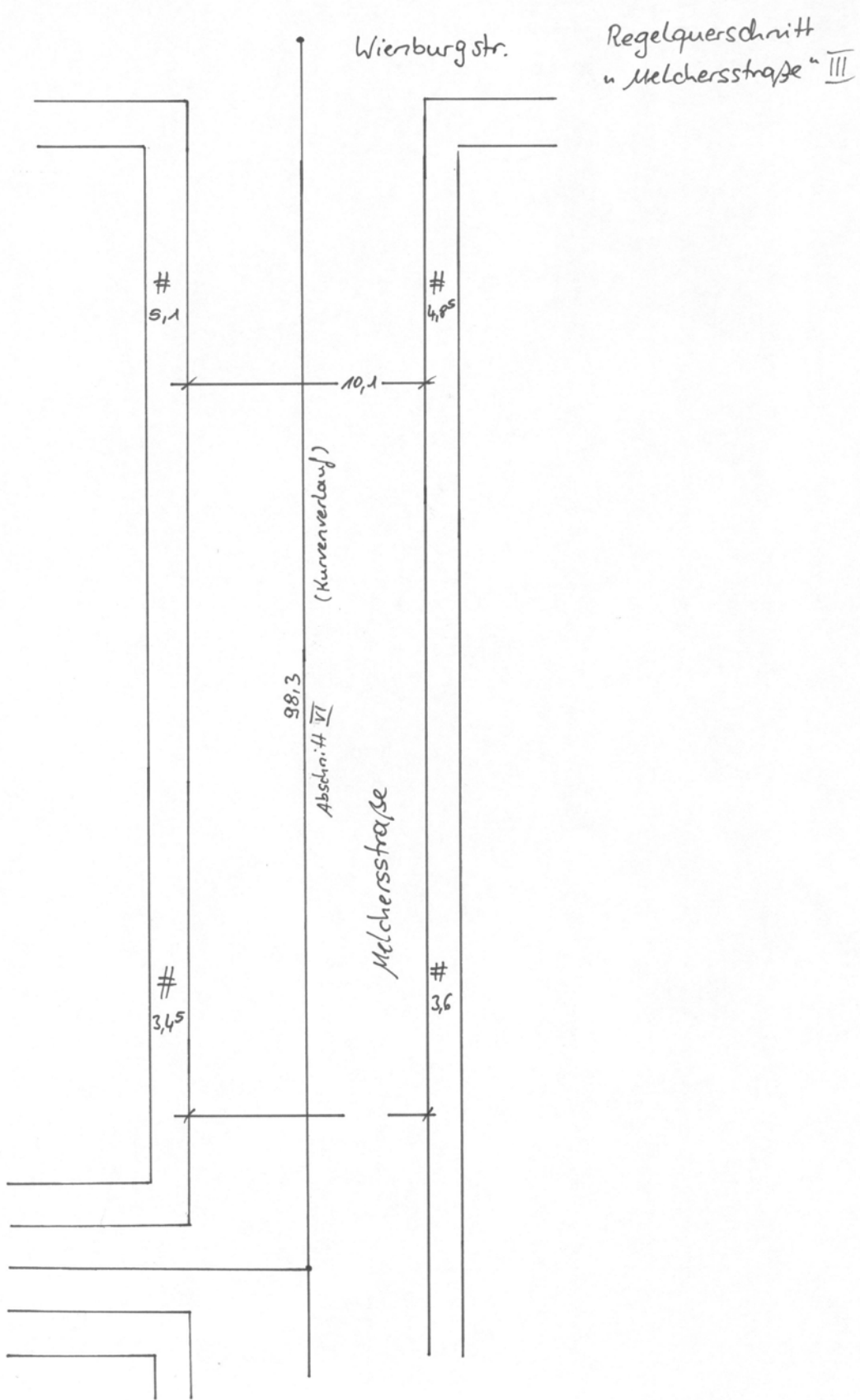
Regelquerschnitt  
"Melchersstraße" I



Regelquerschnitt  
„Melchersstraße“ II

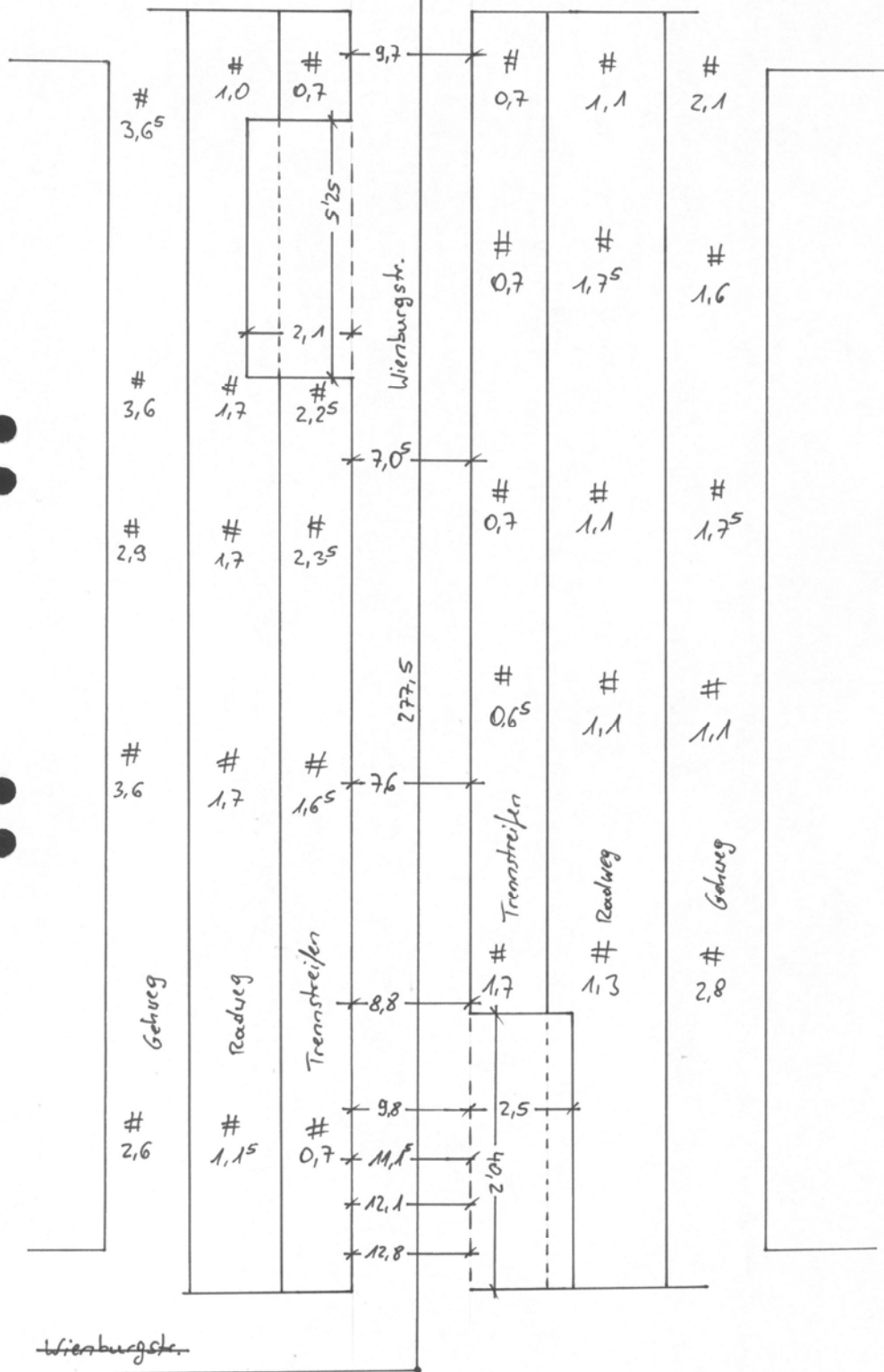


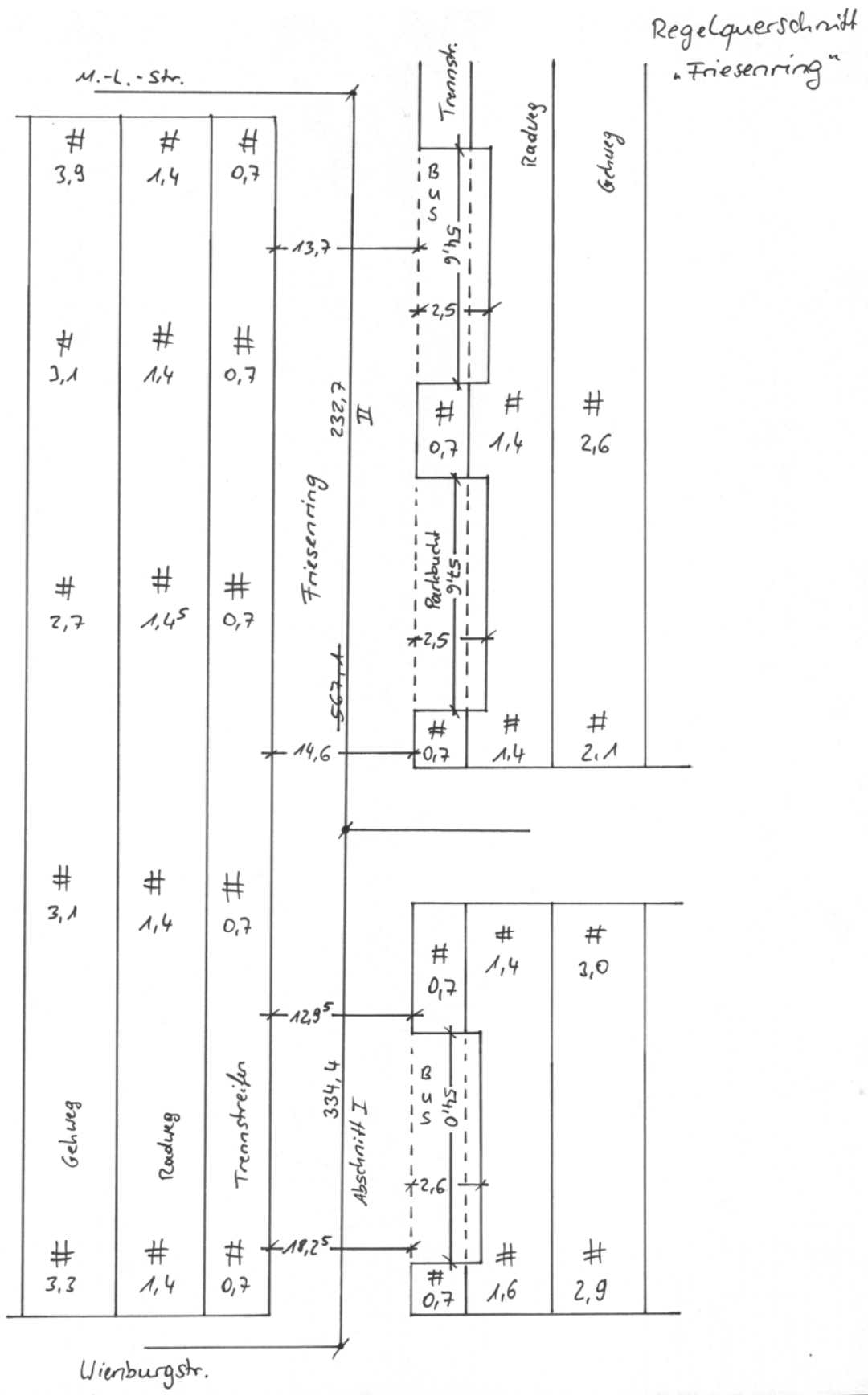




Friesenring

Regelquerschnitt  
"Wienburgstrasse"





### **III Flächenberechnung Tachymeter-Aufnahme**

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 1 = Martin-Luther-Strasse, Gehweg

-----		
5004	20001 R = 7.678	m
5008	5009	5026
5032	5041	4008
4014	4022	4041
4043	4053 R = -3.493	m
4054 R = -3.493	m	4055
4046 R = 2.344	m	4047
R = 2.344	m	4048
4057	4066	3007
3010	3023 R = 4.706	m
20003	3030	3008
4067	4056	4045
4044	4042	4015
5040	5033	5005
R = -4.205	m	5004

620.151

Flächenbezeichnung : 2 = Martin-Luther-Strasse, Fahrbahn

-----		
5016	5015	5028
5031	5042	4009
4013	4027 R = -2.001	m
4026 R = -2.001	m	4025
4024	4034 R = 3.331	m
4035 R = 3.331	m	4036
4040	4052	4058
4065	3006	3013
3020 R = -4.371	m	20004
R = -4.371	m	3021 R = -4.371
3022	20035	3026
R = -4.032	m	3025 R = -4.706
3024 R = -4.706	m	20003
R = -4.706	m	3023
3007	4066	3010
4049	4048 R = -2.344	4057
4047 R = -2.344	m	m
4055 R = 3.493	m	4046
R = 3.493	m	4054
4041	4053	4043
4008	4022	4014
5026	5041	5032
R = -7.678	5009	5008
m	20001 R = -7.678	m
5007 R = -7.678	m	5006
R = -7.370	m	5001
5010 R = -9.202	m	20047
R = -8.171	m	5018
m	5017 R = -8.171	m
20002 R = -8.171	m	5016

2248.399

Flächenbezeichnung : 3 = Martin-Luther-Strasse, Gehweg

-----  
5016 R = 8.171 m 20002  
5014 5030 5043  
4012 4028 R = -5.060 m  
23 R = -5.300 m 4030  
R = -5.300 m 4031 4032  
4069 4033 4039  
4059 4064 3005  
3019 R = -5.028 m 3018  
R = -5.028 m 3017 20004  
R = 4.371 m 3020 3013  
3006 4065 4058  
4052 4040 4036  
R = -3.331 m 4035 R = -3.331 m  
4034 4024 4025  
R = 2.001 m 4026 R = 2.001 m  
4027 4013 4009  
5042 5031 5028  
5015 5016

**631.288**

-----  
**Flächensumme: 3499.838**

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 4 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
3022 R = 4.371 m 3021  
R = 4.371 m 20004 3017  
3060 6026 6045  
6050 7044 20014  
R = 5.657 m 7041 R = 5.657 m  
7040 7009 6052  
6049 6023 6008  
3059 3022

**525.282**

Flächenbezeichnung : 5 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
7049 R = 5.228 m 7048  
R = 5.228 m 20015 7054  
7082 8008 20016  
R = 9.964 m 8013 R = 9.422 m  
8015 R = 9.422 m 8012  
8006 7083 7079  
20010 7049

**255.979**

Flächenbezeichnung : 6 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
8064 R = 7.576 m 8063  
R = 7.576 m 20020 8065  
8068 9014 9013  
9015 9068 9069  
R = 4.245 m 9070 R = 7.067 m  
9067 9017 9012  
9008 9004 9003  
8069 8060 8064

**461.774**

Flächenbezeichnung : 7 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
9074 R = 6.450 m 9073  
9077 9078 9085  
9086 10054 10065  
20023 10055 R = 11.520 m  
10060 10052 10030  
10003 R = -13.907 m 10002  
R = -13.907 m 10001 R = -16.209 m  
9081 9080 9079  
9074

**384.042**

Flächenbezeichnung : 8 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
9043 R = 6.384 m 9044  
9056 9057 9060  
9061 9062 9066  
9102 9090 9089  
9088 10004 10006  
10010 10013 10017  
10019 10023 10036  
10037 20028 20029  
10033 10015 9095  
9064 9048 9040  
9039 R = 5.205 m 9043

**485.991**

Flächenbezeichnung : 9 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
8033 R = 4.318 m 8037  
R = 4.318 m 8038 8039  
8043 8044 8047  
8053 8070 9021  
9022 R = 7.846 m 9026  
R = 7.846 m 9023 R = 7.300 m  
20019 9034 8072  
8035 8034 8033

**269.160**

Flächenbezeichnung : 10 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
7029 R = 13.824 m 7027  
R = 8.142 m 7028 R = 8.142 m  
7036 7066 7068  
7072 7073 7075  
7084 8017 8024  
R = 4.045 m 8022 R = 4.045 m  
8025 R = 4.239 m 20018  
8020 7086 7035  
20017 R = 10.765 m 7029

**286.158**

Flächenbezeichnung : 11 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
6040 R = 10.703 m 6057  
R = 10.703 m 6041 6053  
7006 7014 7015  
R = 2.870 m 7016 R = 2.870 m  
7019 20013 7021  
6054 6043 20012  
R = 10.703 m 6040

**233.317**

Flächenbezeichnung : 12 = Melchersstrasse, Gehweg

-----  
3057 3051 20027  
20026 20025 3058  
6004 6061 6062  
6011 6033 R = 6.479 m  
6058 R = 6.479 m 6034  
R = 6.479 m 20011 6032  
3057

**209.220**



Flächenbezeichnung : 13 = Melchersstrasse, Fahrbahn

-----		
3022	3059	6008
6023	6049	6052
7009	7040	7049
20010	7079	7083
8006	8012	8064
8060	8069	9003
9004	9008	9012
9017	9067	9074
9079	9080	9081
R = 16.209 m	10001 R = 13.907 m	
10002 R = 13.907 m		10003
10030	10052	10060
R = -11.520 m	10055	20023
10056	10063 R = -12.128 m	
10064	20034	10044
R = -9.412 m	10043 R = -9.412 m	
10042	10039	20028
10037	10036	10023
10019	10017	10013
10010	10006	10004
9088	9089	9090
9102	9066	9062
9061	9060	9057
9056	9044	9022
9021	8070	8053
8047	8044	8043
8039	8038	8024
8017	7084	7075
7073	7072	7068
7066	7036	7015
7014	7006	6053
6041	6033	6011
6062	6061	6004
3058	20025	20035
3022		

4074.556

-----  
**Flächensumme: 7185.480**

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 14 = Wienburgstrasse, Gehweg

-----  
10065 10066 11013  
11012 11040 11047  
11101 12142 12141  
12118 12111 12098  
12097 12080 12066  
013163 R = -5.994 m 013164  
R = -5.994 m 013165 20041  
R = 11.904 m 013152 R = 11.904 m  
013153 013168 013172  
R = 384.575 m 013173 R = 384.575 m  
013174 12065 R = -33.811 m  
12074 12079 12084  
12083 12096 12093  
12099 12105 12102  
12110 12117 12116  
12123 12122 12130  
12129 12134 12135  
12140 12143 11099  
11107 11104 11090  
11049 11038 R = 65.257 m  
11011 11014 11028  
11115 11025 10056  
20023 10065

813.801

Flächenbezeichnung : 15 = Wienburgstrasse, Radweg

-----  
10063 10056 11025  
11115 11028 11014  
11011 R = -65.257 m 11038  
11049 11090 11104  
11107 11099 12143  
12140 12135 12134  
12129 12130 12122  
12123 12116 12117  
12110 12102 12105  
12099 12093 12096  
12083 12084 12079  
12074 R = 33.811 m 12065  
013174 R = -384.575 m 013173  
R = -384.575 m 013172 013168  
013153 R = -11.904 m 013152  
R = -11.904 m 20041 20042  
013159 R = 17.256 m 013154  
013167 013179 R = 280.990 m  
013176 R = 280.990 m 013175  
12064 R = -32.262 m 12075  
12076 R = -164.641 m 12077  
12078 12090 12100  
12109 12115 12139  
12144 11098 11050  
11036 R = 181.681 m 11034  
R = 181.681 m 11032 R = 74.912 m  
11030 11010 11016  
11017 11020 11018  
11019 11021 11022  
10063

379.343

Flächenbezeichnung : 16 = Wienburgstrasse, Trennstreifen

-----  
10064 R = 12.128 m 10063  
11022 11021 11019  
11018 11020 11017  
11016 11010 11030  
R = -74.912 m 11032 R = -181.681 m  
11034 R = -181.681 m 11036  
11050 11098 12144  
12139 12115 12109  
12100 12090 12078  
12077 R = -164.641 m 12086  
R = 283.844 m 12087 R = 62.897 m  
12089 12101 12107  
12108 12114 12146  
12138 12145 11097  
11111 11051 11035  
11033 11031 11029  
11009 11008 11007  
11006 11005 11004  
11003 10064

**309.642**

Flächenbezeichnung : 17 = Wienburgstrasse, Fahrbahn

-----  
11004 11005 11006  
11007 11008 11009  
11029 11031 11033  
11035 11051 11111  
11097 12145 12138  
12146 12114 12108  
12107 12101 12089  
12063 013180 R = -111.359 m  
013166 013155 013157  
R = -12.552 m 20043 R = -12.552 m  
013160 R = -12.552 m 013150  
R = -43.602 m 013142 20039  
013046 R = -29.356 m 013044  
R = -16.910 m 013022 R = -13.805 m  
013020 R = -13.805 m 20045  
R = -13.805 m 013018 R = -13.109 m  
013013 013010 013008  
12058 12057 12053  
12047 12042 12039  
12027 12026 12025  
12018 12017 12005  
12004 11096 11092  
11086 11087 11088  
11061 10111 20033  
20034 10064 11003  
11004

**2357.044**

Flächenbezeichnung : 18 = Wienburgstrasse, Busbucht

-----  
10113 R = 2.547 m 10109  
R = 2.529 m 10110 R = 2.529 m  
10111 11061 R = 119.368 m  
11055 11054 11052  
10115 R = -0.540 m 10114  
10113

**81.614**

Flächenbezeichnung : 19 = Wienburgstrasse, Trennstreifen

-----  
10113 10114 R = 0.540 m  
10115 11052 11054  
11055 R = -119.368 m 11061  
11088 11087 11086  
11092 11096 12004  
12005 12017 12018  
12025 12026 12027  
12039 12042 12047  
12053 12057 12058  
013008 013010 013013  
R = 13.109 m 013018 013017  
R = -46.246 m 013016 R = -46.246 m  
013015 013007 12059  
12054 12048 12043  
12038 12028 12024  
12019 12016 12006  
12003 11095 11085  
11062 11060 11058  
11057 R = 80.760 m 11056  
R = 80.760 m 10113

**191.556**

Flächenbezeichnung : 20 = Wienburgstrasse, Radweg

-----  
10108 10113 R = -80.760 m  
11056 R = -80.760 m 11057  
11058 11060 11062  
11085 11095 12003  
12006 12016 12019  
12024 12028 12038  
12043 12048 12054  
12059 013007 013015  
R = 46.246 m 013016 R = 46.246 m  
013017 013018 R = 13.805 m  
20045 20044 R = -19.702 m  
013024 013006 12060  
12055 12049 12044  
12037 12029 12023  
12020 12015 12007  
12002 11094 11084  
11063 11069 11070  
R = 105.661 m 11071 R = 24.845 m  
11072 R = 24.845 m 11073  
R = 60.626 m 11074 R = 60.626 m  
10108

**272.875**

Flächenbezeichnung : 21 = Wienburgstrasse, Gehweg

-----  
10107                    10108 R = -60.626    m  
11074 R = -60.626    m                    11073  
R = -24.845    m                    11072 R = -24.845    m  
11071 R = -105.661 m                    11070  
11069                    11063                    11084  
11094                    12002                    12007  
12015                    12020                    12023  
12029                    12037                    12044  
12049                    12055                    12060  
013006                    013024 R = 19.702    m  
20044                    013026                    013025  
013005                    013004                    12056  
12050                    12045                    12036  
12030                    12022                    12021  
12014                    12001                    11093  
11083                    11064                    11065  
11066                    11067                    11068  
11113                    11077                    10107

**490.138 (- 49.14 = 440.998) -> für Flächenvergleich**

Flächenbezeichnung : 22 = Wienburgstrasse, Radweg

-----  
10083 R = 30.999    m                    10089  
R = -102.365    m                    20037                    20036  
R = 128.805    m                    10083

**13.688**

Flächenbezeichnung : 23 = Wienburgstrasse, Gehweg

-----  
10089 R = 30.999    m                    10084  
20024                    10094 R = -135.836 m  
20038                    20037 R = 102.365    m  
10089

**24.269**

Flächenbezeichnung : 24 = Wienburgstrasse, Busbucht

-----  
12089 R = -62.897    m                    12087  
R = -283.844    m                    12086 R = 164.641    m  
12077 R = 164.641    m                    12076  
12070                    12069                    12062  
013184 R = 80.805    m                    013183  
R = 80.805    m                    013182 R = -156.269    m  
013181 R = -111.359 m                    013180  
12063                    12089

**73.477**



--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 26 = Friesenring, Trennstreifen

-----  
013124 R = 7.162 m 013123  
R = 7.162 m 013122 R = 10.276 m  
013124

**4.849**

Flächenbezeichnung : 27 = Friesenring, Gehweg

-----  
013151 R = 11.904 m 20041  
013165 013139 014115  
014114 014108 014105  
014104 014101 014099  
014096 014092 014089  
014082 014079 014078  
014075 014062 014059  
013138 013151

**647.099**

Flächenbezeichnung : 28 = Friesenring, Radweg

-----  
013150 R = 12.552 m 013160  
20042 20041 R = -11.904 m  
013151 013138 014059  
014062 014075 014078  
014079 014082 014089  
014092 014096 014099  
014101 014104 014105  
014108 014114 R = 2.922 m  
014113 014085 014063  
014058 013137 013148  
013149 013150

**233.253**

Flächenbezeichnung : 29 = Friesenring, Trennstreifen

-----  
013136 013142 R = 43.602 m  
013150 013149 013148  
013137 014058 014063  
014085 014113 R = 2.922 m  
014112 014111 014100  
014086 014071 014064  
013136

**116.322**

Flächenbezeichnung : 30 = Friesenring, Fahrbahn

-----  
013124                    20040                    20039  
013142                    013136                    014064  
014071                    014086                    014100  
014111                    014112                    015006  
015015                    015016                    015024  
015036                    015044                    016108  
016086                    016070                    016116  
016128                    016141                    016152  
016162 R = -17.531    m                    016163  
016179                    017095                    017084  
017076                    017061                    017049  
5010                    20047                    20046  
017044                    017039                    017037  
017036                    017029                    017025  
017028                    017001                    016180  
016187                    016188                    016191  
016199                    016202                    016043  
016042                    016032                    016017  
016007                    015045                    015056  
015072                    014127                    014129  
014142                    014052                    014051  
014040 R = -1815.640 m                    014033  
R = -1815.640 m                    014032                    014031  
R = -518.591 m                    014030 R = -888.853 m  
014019 R = -816.654 m                    014016  
014002                    014001                    013113  
013124

**7902.275**

Flächenbezeichnung : 31 = Friesenring, Busbucht

-----  
014016 R = 816.654    m                    014019  
R = 888.853    m                    014030 R = 518.591    m  
014031                    014032 R = 1815.640 m  
014033 R = 1815.640 m                    014040  
R = -12.605    m                    014039 R = -12.605    m  
014038                    014037 R = 21.370    m  
014036 R = 21.370    m                    014035  
014023 R = 33.231    m                    014022  
R = 33.231    m                    014021                    014018  
R = -25.234    m                    014017 R = -25.234    m  
014016

**96.642**



Flächenbezeichnung : 32 = Friesenring, Radweg

-----  
013124                    013113                    014001  
014002                    014016 R = 25.234        m  
014017 R = 25.234        m                    014018  
014021 R = -33.231       m                    014022  
R = -33.231        m                    014023                    014035  
R = -21.370        m                    014036 R = -21.370       m  
014037                    014038 R = 12.605        m  
014039 R = 12.605        m                    014040  
014051                    014052                    014053  
014122 R = 7.400        m                    014121  
014130                    014131                    014132  
014133                    014134                    014135  
014136                    014137                    014138  
014139                    014140                    014141  
014143                    014144                    014151  
014154                    014156                    014157  
014054                    014046 R = -10.496       m  
014045 R = -10.496       m                    014044  
014043 R = 19.395        m                    014042  
R = 19.395        m                    014041                    014024  
R = 46.260        m                    014025 R = 46.260        m  
014026                    014015 R = -36.777        m  
014014 R = -36.777       m                    014013  
014003                    014004                    013114  
013106 R = -12.970       m                    20052  
20051 R = 10.276        m                    013122  
R = -7.162        m                    013123 R = -7.162        m  
013124

**274.717**

Flächenbezeichnung : 33 = Friesenring, Gehweg

-----  
013105                    20052 R = 12.970        m  
013106                    013114                    014004  
014003                    014013 R = 36.777        m  
014014 R = 36.777        m                    014015  
014026 R = -46.260       m                    014025  
R = -46.260        m                    014024                    014041  
R = -19.395        m                    014042 R = -19.395       m  
014043                    014044 R = 10.496        m  
014045 R = 10.496        m                    014046  
014054                    014157                    014156  
014154                    014151                    014144  
014143                    014141                    014140  
014139                    014138                    014137  
014136                    014135                    014134  
014133                    014132                    014131  
014130                    014121 R = 7.400        m  
014168 R = 7.400        m                    20060  
014165                    014050                    014049  
R = 34.435        m                    014048 R = 23.825        m  
014047                    014029                    014028  
014027                    014012                    014011  
014010                    014005                    013115  
013105

**445.289**

Flächenbezeichnung : 34 = Friesenring, Trennstreifen

-----

014053	014052	014142
014129 R = 16.896	m	014122
014053		

**40.710**

Flächenbezeichnung : 35 = Friesenring, Trennstreifen

-----

014126 R = 9.202	m	014127
015072	015056	015045
016007 R = 12.954	m	016012
015046	014126	

**44.894**

Flächenbezeichnung : 36 = Friesenring, Radweg

-----

014125 R = 5.537	m	014126
015046	016012 R = 12.954	m
016013	016009	016008
016006	016003	015047
015051	015053	015054
015057	015060	015061
015062	015065	015066
015071	014124	014125

**97.643**

Flächenbezeichnung : 37 = Friesenring, Gehweg

-----

014124	015071	015066
015065	015062	015061
015060	015057	015054
015053	015051	015047
016003	016006	016008
016009	016013 R = 6.897	m
016014	015074	015073
20059 R = 5.537	m	014125
014124		

**231.033**

Flächenbezeichnung : 38 = Friesenring, Trennstreifen

-----

015006 R = 3.309	m	015004
R = 3.309	m	015005
015023	015043	016115
016153 R = 7.999	m	016152
016141	016128	016116
016070	016086	016108
015044	015036	015024
015016	015015	015006

**152.498**

Flächenbezeichnung : 39 = Friesenring, Radweg

-----  
015005 R = 3.084 m 015003  
015007 015010 015011  
015014 015018 015022  
015027 015032 015035  
015037 015040 016105  
016104 016096 016095  
016092 016091 016088  
016087 016078 016077  
016074 016073 016111  
016110 016118 016121  
016124 016127 016131  
016134 016136 016139  
016142 016145 016150  
R = 8.062 m 016153 016115  
015043 015023 015017  
015005

**284.871**

Flächenbezeichnung : 40 = Friesenring, Gehweg

-----  
015001 015019 015020  
015041 016114 016146  
20056 R = 8.062 m 016150  
016145 016142 016139  
016136 016134 016131  
016127 016124 016121  
016118 016110 016111  
016073 016074 016077  
016078 016087 016088  
016091 016092 016095  
016096 016104 016105  
015040 015037 015035  
015032 015027 015022  
015018 015014 015011  
015010 015007 015003  
R = 3.021 m 015002 015001

**621.138**

Flächenbezeichnung : 41 = Friesenring, Trennstreifen

-----  
016018 016017 016032  
016042 016043 016044  
016018

**28.520**

Flächenbezeichnung : 42 = Friesenring, Radweg

-----  
016019 R = 9.073 m 016018  
016044 016043 R = 13.935 m  
016047 016037 016036  
016029 016028 016022  
016021 016019

**93.435**

Flächenbezeichnung : 43 = Friesenring, Gehweg

-----  
016020 R = 9.073 m 016019  
016021 016022 016028  
016029 016036 016037  
016047 R = 13.935 m 20058  
18075 016020

162.040

Flächenbezeichnung : 44 = Friesenring, Trennstreifen

-----  
016205 016194 R = -0.471 m  
016193 R = -0.471 m 016192  
016190 R = 0.495 m 016189  
R = 0.495 m 016188 016187  
016180 017002 R = -5.313 m  
017003 R = -5.313 m 017004  
017006 R = -10.842 m 017007  
R = -10.842 m 017008 017027  
R = 30.328 m 017026 R = 30.328 m  
017025 017029 017036  
017037 017039 017044  
20046 20048 017035  
017030 017024 R = -12.186 m  
017023 R = -12.186 m 017022  
017009 R = 1.691 m 017010  
R = 1.691 m 017011 016182  
016206 016205

199.950

Flächenbezeichnung : 45 = Friesenring, Parkstreifen

-----  
016204 R = 11.185 m 016203  
R = 11.185 m 016202 016199  
016191 016188 R = -0.495 m  
016189 R = -0.495 m 016190  
016192 R = 0.471 m 016193  
R = 0.471 m 016194 016205  
016204

135.456

Flächenbezeichnung : 46 = Friesenring, Radweg

-----  
016207 R = 12.376 m 016204  
016205 016206 016182  
017011 R = -1.691 m 017010  
R = -1.691 m 017009 017022  
R = 12.186 m 017023 R = 12.186 m  
017024 017030 017035  
20048 20049 017034  
017031 017019 R = -14.690 m  
017020 R = -14.690 m 017021  
017014 R = 3.757 m 017013  
R = 3.757 m 017012 016184  
016207

292.127

Flächenbezeichnung : 47 = Friesenring, Gehweg

-----  
016208                    20057 R = 12.886    m  
016207                    016184                    017012  
R = -3.757            m                    017013 R = -3.757    m  
017014                    017021 R = 14.690    m  
017020 R = 14.690            m                    017019  
017031                    017034                    20049  
20050                    017033                    017032  
017018                    017017                    017016  
017015                    016185                    016208

**578.077**

Flächenbezeichnung : 48 = Friesenring, Gehweg

-----  
5012                    017051                    017052  
017056                    017057                    017063  
017064                    017067                    017068  
017072                    017073                    017080  
017081                    017086                    017087  
017090                    017091                    016174  
016173                    016170                    016167  
016160 R = 6.706            m                    20055  
016165                    016177                    017055  
5013                    5014                    20002  
R = 8.171            m                    5017                    5012

**584.008**

Flächenbezeichnung : 49 = Friesenring, Radweg

-----  
5017 R = 8.171            m                    5018  
5011                    017050                    016178  
016161 R = 6.706            m                    016160  
016167                    016170                    016173  
016174                    017091                    017090  
017087                    017086                    017081  
017080                    017073                    017072  
017068                    017067                    017064  
017063                    017057                    017056  
017052                    017051                    5012  
5017

**203.321**

Flächenbezeichnung : 50 = Friesenring, Trennstreifen

-----  
5018 R = 9.202            m                    5010  
017049                    017061                    017076  
017084                    017095                    016179  
016163 R = 17.531            m                    016162  
R = 17.531            m                    016161                    016178  
017050                    5011                    5018

**126.190**

Flächenbezeichnung : 51 = Friesenring, Busbucht

-----  
016180                    017001                    017028  
017025 R = -30.328    m                    017026  
R = -30.328    m                    017027                    017008  
R = 10.842    m                    017007 R = 10.842    m  
017006                    017004 R = 5.313    m  
017003 R = 5.313    m                    017002  
016180

94.091

-----  
Flächensumme:                    13690.450

## **IV Flächenberechnung Stationierte Aufnahme**

--- Flächenberechnung --- Martin-Luther-Straße Abschnitt I

Flächenbezeichnung : 1 Gehweg

-----

30010	30014	30018	
30022	30021	30017	
30013	30009	30006	
30005	30003	30002	
30004	30010		387.730

Flächenbezeichnung : 2 Gehweg

-----

30008	30011	30015	
30019	30020	30016	
30012	30007	30008	253.760

Flächenbezeichnung : 3 Fahrbahn

-----

30009	30013	30017	
30021	30019	30015	
30011	30008	30007	
30003	30005	30006	
30009			1204.030

-----  
Flächensumme: 1845.520

--- Flächenberechnung --- Martin-Luther-Straße Abschnitt II

Flächenbezeichnung : 4 Gehweg

-----

30033	30029	30025	
30026	30030	30034	
30035	30033		255.100

Flächenbezeichnung : 5 Gehweg

-----

30027	30031	30036	
30037	30038	30041	
30040	30039	30032	
30028	30024	30023	
30027			352.085

Flächenbezeichnung : 6 Fahrbahn

-----

30029	30033	30035	
30038	30037	30036	
30031	30027	30023	
30025	30029		1033.389

-----  
Flächensumme: 1640.574



--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt I

Flächenbezeichnung : 7 Gehweg

-----

40009	40007	40006	
40010	40014	40013	
40009			240.278

Flächenbezeichnung : 8 Gehweg

-----

40011	40005	40003	
40002	40004	40008	
40011			206.939

Flächenbezeichnung : 9 Fahrbahn

-----

40007	40009	40013	
40012	40008	40004	
40002	40001	40007	589.772

-----  
Flächensumme: 1036.989

--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt II

Flächenbezeichnung : 10 Gehweg

-----

40024	40028	40031	
40032	40030	40027	
40023	40019	40016	
40017	40020	40024	289.792

Flächenbezeichnung : 11 Gehweg

-----

40034	40035	40033	
40034			6.212

Flächenbezeichnung : 12 Gehweg

-----

40026	40022	40018	
40021	40025	40029	
40026			231.270

Flächenbezeichnung : 13 Fahrbahn

-----

40023	40027	40030	
40036	40034	40025	
40021	40015	40016	
40019	40023		718.670

-----  
Flächensumme: 1245.945

--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt III

Flächenbezeichnung : 14 Gehweg

-----

40049	40047	40043	
40040	40044	40048	
40050	40053	40049	261.061

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 15 Gehweg

-----

40045	40051	40052	
40046	40042	40038	
40037	40041	40045	283.345

Flächenbezeichnung : 16 Fahrbahn

-----

40051	40045	40041	
40037	40039	40043	
40047	40049	40055	
40054	40051		702.966

-----  
Flächensumme: 1247.372

--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt IV

Flächenbezeichnung : 17 Gehweg

-----

40066	40061	40058	
40062	40067	40066	306.945

Flächenbezeichnung : 18 Gehweg

-----

40060	40063	40064	
40059	40060		280.222

Flächenbezeichnung : 19 Fahrbahn

-----

40061	40066	40065	
40063	40060	40056	
40057	40061		748.424

-----  
Flächensumme: 1335.591

--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt V

Flächenbezeichnung : 20 Gehweg

-----

40074	40076	40075	
40073	40069	40070	
40074			178.820

Flächenbezeichnung : 21 Gehweg

-----

40072	40077	40078	
40071	40072		175.800

Flächenbezeichnung : 22 Fahrbahn

-----

40073	40075	40079	
40077	40072	40068	
40069	40073		452.265

-----  
Flächensumme: 806.885

--- Flächenberechnung --- Melchersstraße Abschnitt VI

Flächenbezeichnung : 23 Gehweg

-----

40091	40087	40084	
40083	40088	40092	
40096	40100	40099	
40095	40091		388.110

Flächenbezeichnung : 24 Gehweg

-----

40085	40089	40093	
40097	40098	40094	
40090	40086	40081	
40080	40085		404.740

Flächenbezeichnung : 25 Fahrbahn

-----

40087	40091	40095	
40099	40097	40093	
40089	40085	40080	
40082	40084	40087	988.360

-----  
Flächensumme: 1781.210

--- Flächenberechnung --- Wienburgstraße

Flächenbezeichnung : 26 Trennstreifen

-----

50001	50006	50011	
50007	50002	50001	3.465

Flächenbezeichnung : 27 Trennstreifen

-----

50036	50045	50061	
50081	50095	50104	
50112	50120	50128	
50129	50121	50113	
50105	50096	50082	
50062	50046	50037	
+	50030	50023	
50029	50033	50036	213.855

Flächenbezeichnung : 28 Trennstreifen

-----

50070	50074	50078	
50087	50092	50101	
50109	50117	50125	
50133	50132	50124	
50116	50108	50100	

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 28

-----

50091	50086	50077	
50073	50069	50065	
50057	50053	50049	
50040	50024	50019	
50016	50020	50025	
50041	50050	50054	
50058	50066	50070	394.375

Flächenbezeichnung : 29 Radweg

-----

50007	50011	50017	
50012	50008	50003	
50002	50007		10.395

Flächenbezeichnung : 30 Radweg

-----

50037	50046	50062	
50082	50096	50105	
50113	50121	50129	
50130	50122	50114	
50106	50097	50083	
50063	50047	50038	
50035	50031	50030	
+	50037		301.150

Flächenbezeichnung : 31 Radweg

-----

50074	50070	50066	
50058	50054	50050	
50041	50025	50020	
50016	50014	50021	
50026	50042	50051	
50055	50059	50067	
50071	50075	50079	
50088	50093	50102	
50110	50118	50126	
50134	50133	50125	
50117	50109	50101	
50092	50087	50078	
50074			379.225

Flächenbezeichnung : 32 Gehweg

-----

50012	50017	50044	
50018	50013	50009	
50004	50003	50008	
50012			31.775

Flächenbezeichnung : 33 Gehweg

-----

50038	50047	50063	
50083	50097	50106	
50114	50122	50130	
50131	50123	50115	
50107	50098	50084	
50064	50048	50039	
50035	50038		377.120

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 34 Gehweg

-----

50072	50076	50080	
50089	50094	50103	
50111	50119	50127	
50135	50134	50126	
50118	50110	50102	
50093	50088	50079	
50075	50071	50067	
50059	50055	50051	
50042	50026	50021	
50014	50010	50015	
50022	50027	50043	
50052	50056	50060	
50068	50072		866.120

Flächenbezeichnung : 35 Busbucht

-----

50033	50029	50023	
50028	50032	50036	
50033			83.940

Flächenbezeichnung : 36 Busbucht

-----

50099	50090	50085	
50077	50086	50091	
50100	50108	50099	80.130

Flächenbezeichnung : 37 Fahrbahn

-----

50081	50061	50045	
50036	50032	50028	
50011	50006	50001	
50005	50016	50019	
50024	50040	50049	
50053	50057	50065	
50069	50073	50077	
50085	50090	50099	
50108	50116	50124	
50132	50128	50120	
50112	50104	50095	
50081			2463.320

-----  
Flächensumme: 5204.870

--- Flächenberechnung --- Friesenring Abschnitt I

Flächenbezeichnung : 38 Trennstreifen

-----

60041	60049	60053	
60050	60042	60041	48.055

Flächenbezeichnung : 39 Trennstreifen

-----

60069	60074	60082	
60090	60083	60075	
60068	60065	60067	
60069			91.795

Flächenbezeichnung : 40 Trennstreifen

-----

60078	60070	60059	
60045	60033	60025	
60018	60011	60004	
60005	60012	60019	
60026	60034	60046	
60060	60071	60079	
60087	60094	60093	
60086	60078		229.320

Flächenbezeichnung : 41 Radweg

-----

60030	60038	60041	
60042	60050	60053	
60056	60054	60051	
60043	60039	60031	
60023	60016	60009	
60002	60001	60008	
60015	60022	60030	272.615

Flächenbezeichnung : 42 Radweg

-----

60068	60075	60083	
60090	60091	60084	
60076	60066	60064	
60065	60068		190.280

Flächenbezeichnung : 43 Radweg

-----

60072	60080	60088	
60095	60094	60087	
60079	60071	60060	
60046	60034	60026	
60019	60012	60005	
60006	60013	60020	
60027	60035	60047	
60061	60072		458.640

Flächenbezeichnung : 44 Gehweg

-----

60040	60032	60024	
60017	60010	60003	
60002	60009	60016	
60023	60031	60039	
60043	60051	60054	
60056	60058	60057	

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 44

-----

60055	60052	60044	
60040			436.775

Flächenbezeichnung : 45 Gehweg

-----

60077	60063	60064	
60066	60076	60084	
60091	60092	60085	
60077			414.065

Flächenbezeichnung : 46 Gehweg

-----

60073	60081	60089	
60096	60095	60088	
60080	60072	60061	
60047	60035	60027	
60020	60013	60006	
60007	60014	60021	
60028	60036	60048	
60062	60073		1037.940

Flächenbezeichnung : 47 Busbucht

-----

60038	60030	60022	
60029	60037	60041	
60038			94.250

Flächenbezeichnung : 48 Fahrbahn

-----

60045	60059	60070	
60078	60086	60093	
60097	60082	60074	
60069	60067	60049	
60041	60037	60029	
60022	60015	60008	
60171	60172	60011	
60018	60025	60033	
60045			4767.595

-----  
Flächensumme : 8041.330

--- Flächenberechnung --- Friesenring Abschnitt II

Flächenbezeichnung : 49 Trennstreifen

-----

60106	60117	60126	
60135	60140	60145	
60150	60158	60166	
60167	60159	60151	
60146	60141	60136	
60127	60118	60109	
60105	60106		150.820

Flächenbezeichnung : 50 Trennstreifen

-----

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 50

-----

60162	60154	60130	
60124	60123	60131	
60155	60163	60162	109.230

Flächenbezeichnung : 51 Trennstreifen

-----

60112	60099	60100	
60113	60112		36.650

Flächenbezeichnung : 52 Radweg

-----

60118	60127	60136	
60141	60146	60151	
60159	60167	60168	
60160	60152	60147	
60142	60137	60128	
60119	60110	60104	
60105	60109	60118	306.390

Flächenbezeichnung : 53 Radweg

-----

60156	60164	60163	
60155	60131	60123	
60122	60132	60156	224.560

Flächenbezeichnung : 54 Radweg

-----

60101	60114	60113	
60100	60101		78.845

Flächenbezeichnung : 55 Gehweg

-----

60129	60120	60111	
60103	60104	60110	
60119	60128	60137	
60142	60147	60152	
60160	60168	60169	
60161	60153	60148	
60143	60138	60129	577.635

Flächenbezeichnung : 56 Gehweg

-----

60164	60156	60132	
60122	60121	60133	
60157	60165	60164	586.015

Flächenbezeichnung : 57 Gehweg

-----

60102	60115	60114	
60101	60102		145.600

Flächenbezeichnung : 58 Parkbucht

-----

60107	60116	60125	
60134	60135	60126	
60117	60106	60107	147.880

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : 59 Trennstreifen

-----

60140	60135	60134	
60139	60145	60140	27.000

Flächenbezeichnung : 60 Busbucht

-----

60144	60149	60158	
60150	60145	60139	
60144			83.250



Flächenbezeichnung : 61 Fahrbahn

-----

60130	60154	60162	
60170	60166	60158	
60149	60144	60139	
60134	60125	60116	
60107	60098	60099	
60112	60124	60130	3161.875

-----  
Flächensumme : 5635.750

## **V Flächenberechnung Luftbildauswertung**

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : F1 „Martin-Luther-Straße“

-----

39	42	43
44	45	47
48 R = -8.485	m	1
21167	21171	2
R = -10.223	m	4
7	8	9
R = -2.286	m	10
R = 5.426	m	14
16	18	19
20	21 R = -4.174	m
26	112	27
R = -4.077	m	29
31	34 R = -2.213	m
36	37 R = 2.541	m
39		

2254.198

Flächenbezeichnung : F2 „Melchersstraße“

-----

99	100	102
101	108	103
104	105	106
113	19011	112
26	52	53
54	55	56
57	58	59
64	63	62
61	111	110
65	67	66
69	70	71
72	73	78
R = 15.054	m	79
80	81 R = -12.192	m
21093	21158	86
R = -10.972	m	89
91 R = -34.340	m	93
94	95	96
97	109	99

4017.659

Flächenbezeichnung : F3 „Wienburgstraße“

-----

21034	21090	21089
21088	21087	21086
21085	21084	21083
21082	21081	21080
21079	21078	21077
21074	21075 R = -12.937	m
21160	21165	21164
R = -13.423	m	21064
21062	21061	21058
21059	21057	21056
21055	21054	21051
21052	21053	21050
21049	21048	21047
21046	21045	21044
21043	21042	21039
21159	19003	21158
21093	21035	21034

2186.539

Projekt:

--- Flächenberechnung ---

Flächenbezeichnung : F4 „Friesenring“

-----

21143	21141	21140	
21139	21138	21137	
21136	21135	21134	
21133	21132	21131	
21129	21130	21128	
2	21171	21167	
19001	21168	21125	
21124	21123	21122	
21121	21120	21119	
21118	21117	21116	
21115	21114	21127	
21113	21112	21111	
21110	21109	21108	
21106	21105	21104	
21103	21102	21100	
21101	21099	21098	
21097	21096	21095	
21166	19002	21165	
21160	21154	21153	
21152	21151	21150	
21149	21148	21147	
21146	21145	21144	
21143			7414.100

-----  
Flächensumme: 15872.497