

# STRECKENMESSUNG IM KATASTER

*Gerhard Navratil, Markus Hackl*

[navratil@geoinfo.tuwien.ac.at](mailto:navratil@geoinfo.tuwien.ac.at), [markus.hackl@gmx.at](mailto:markus.hackl@gmx.at)

Institut für Geoinformation und Kartographie, TU Wien

## KURZFASSUNG

Ein Kataster als System des Landmanagement beinhaltet sowohl technische, als auch ein soziale Komponenten. Das spiegelt sich auch in den Prozessen wider, die in einem Kataster ablaufen. Es gibt einerseits technische Abläufe wie beispielsweise die Vermessung von Grundgrenzen. Andererseits ist der Kataster aber auch in die Gesellschaft – und damit in unser Rechtssystem – eingebettet. Damit sind aber nicht nur die Aussagen von Technikern relevant, sondern auch die Aussagen anderer Beteiligter. Diese sind üblicherweise vermessungstechnische Laien. Trotzdem kann es vorkommen, dass sie Aussagen wie ‚mein Grundstück ist 23,45 m breit‘ über Maße in der Natur treffen. Für die Beurteilung solcher Aussagen ist es notwendig, die Qualität der Messungen abzuschätzen. Es wurde daher ein Experiment durchgeführt, bei dem vermessungstechnische Laien mit Maßbändern verschiedene Strecken zwischen 3 und 60 m messen sollten. Die Ergebnisse zeigen, dass die größte Schwierigkeit für Laien die Berücksichtigung einer eventuell vorhandenen Hangneigung ist.

## 1. EINLEITUNG

Der Kataster ist ein technisches System, bei dem jedoch Entscheidungen nicht immer von Technikern getroffen werden. Im Streifall kann es auch passieren, dass Richter Entscheidungen treffen, die üblicherweise von Technikern getroffen werden. Richter beurteilen jedoch eine Situation im Kataster nicht nach statistischen Merkmalen, sondern in absoluten Begriffen (Twaroch 2005). Diese unterschiedliche Herangehensweise bewirkt, dass ein Jurist und ein Techniker zu unterschiedlichen Entscheidungen kommen können. Das schafft Probleme in einem kombinierten System. Eine ausführliche Diskussion dieser Aspekte wurde bereits publiziert (Navratil accepted).

Neben Technikern und Juristen sind als dritte Partei auch Grundstückseigentümer involviert. Diese sind im Allgemeinen vermessungstechnische Laien, glauben aber oftmals trotzdem, Abmessungen exakt nachprüfen zu können. Dies wird vor allem dann wichtig, wenn Grundstücksbreiten vorgegeben oder Abstände einzuhalten sind. Die in diesem Artikel präsentierte Untersuchung soll zeigen, wie schwer es für Laien ist, mit einfachen Hilfsmitteln wie Rollmaßbändern Distanzen zu messen, die bei Grundstücken üblicherweise auftreten. Dazu wurde ein Experiment mit einer Gruppe erwachsener Personen durchgeführt. Die Aufgabe bestand darin, vorgegebene Strecken mit Maßbändern zu bestimmen. Um die Auswirkung von Höhenunterschieden auf die Qualität der Messung abzuschätzen, wurden Teststrecken mit unterschiedlichem Gefälle gewählt.

Kapitel 2 enthält eine kurze Zusammenfassung der Diskussion bezüglich rechtlicher und technischer Entscheidungsprozesse. Speziell wird dabei auf die Problematik der Maßbandmessung eingegangen. In Kapitel 3 beschreiben wir eine Versuchsanordnung zur Beantwortung der Frage nach der Genauigkeit von Maßbandmessungen durch vermessungstechnische Laien. Kapitel 4 enthält die Ergebnisse des Versuchs. In Kapitel 5

diskutieren wir die Ergebnisse und beschreiben die Auswirkung auf die in Kapitel 2 beschriebene Problematik. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse noch einmal kurz zusammen.

## 2. EIN FALLBEISPIEL

Der von Twaroch untersuchte Fall betrifft eine Entscheidung des Verwaltungsgerichtshofes (VwGH 1983). Dabei wurde ein in der Salzburger Bauordnung vorgeschriebener Mindestabstand nicht eingehalten. Der geforderte Abstand war 4 m während der tatsächliche Abstand nur 3,96 m betrug. Das wurde vom Verwaltungsgerichtshof nicht als geringfügige Abweichung angesehen, obwohl es sich um eine relative Abweichung von 1% handelt.

Das Problem an dieser Fragestellung ist die Definition der beteiligten Objekte. Während sich das Gebäude selbst noch recht einfach definieren lässt, gibt es bei der Definition Unsicherheiten, die berücksichtigt werden müssen. Um die Problematik aufzuzeigen, wird für die folgenden Überlegungen die in Abbildung 1 gezeigte vereinfachte Situation verwendet (Navratil accepted). Das Bauwerk ist definiert durch das aufstrebende Mauerwerk und steht exakt parallel zur Grundstücksgrenze. Die Grundstücksgrenze ist in der Natur ersichtlich (beispielsweise durch einen Zaun) und zusätzlich existieren an den Punkten 1 und 2 Grenzzeichen. Untersucht wird der Normalabstand eines Punktes von der Grundstücksgrenze.

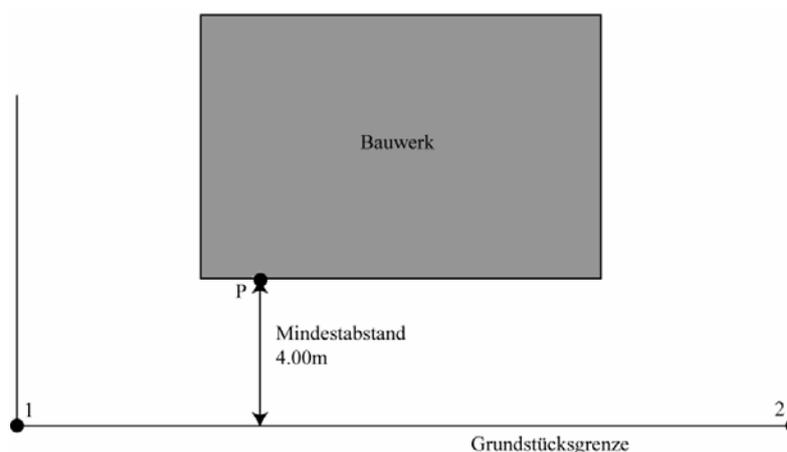


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Problems (Navratil accepted)

Der Abstand zwischen dem Punkt P und der Grundstücksgrenze, definiert durch die Punkte 1 und 2, kann auf zwei verschiedene Arten ermittelt werden. Die erste Möglichkeit ist die direkte Messung des Abstandes (beispielsweise mittels Maßband). Diese liefert in unserem Beispiel einen Wert von 3,99 m. Die zweite Möglichkeit ist die Bestimmung lokaler Koordinaten der drei Punkte P, 1 und 2 und Ermittlung des Normalabstandes über die Hesse-Form (Reinhardt and Soeder 1991):

$$d = \begin{pmatrix} \frac{\Delta y_{12}}{s_{12}} \\ s_{12} \\ -\frac{\Delta x_{12}}{s_{12}} \\ s_{12} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta x_{1P} \\ \Delta y_{1P} \end{pmatrix}.$$

Beide Methoden sollten theoretisch zu denselben Ergebnissen führen. Bei der praktischen Umsetzung ergeben sich jedoch Probleme:

- Steht der Zaun exakt auf der Grenze oder ist er aus irgendwelchen Gründen versetzt?
- Auf welcher Seite des Zaunes ist die Grenze?

- Ist der Verlauf des Zaunes auch wirklich geradlinig? Die Beurteilung der Geradlinigkeit kann beispielsweise durch Bewuchs erschwert werden.
- Wurden die Grenzzeichen im Zuge der Errichtung des Zaunes verschoben?

Die Anwendung der Hesse-Form verlangt die Kenntnis der Koordinatendifferenzen. Daher nehmen wir folgende Koordinaten aus der Koordinatendatenbank an:

	y	x
1	115,79	751,50
2	132,77	627,63

Zusätzlich wurden bei einer (ebenfalls fiktiven) Naturstandsaufnahme folgende Koordinaten ermittelt:

	Y	X
1'	115,85	751,55
2'	132,80	627,67
P'	125,45	651,84

Nun gibt es einige Möglichkeiten, wie die Entscheidung getroffen werden kann, ob der Abstand 4 m unterschreitet:

- Wir verwenden ausschließlich die Maßbandmessung
- Wir verwenden ausschließlich die Naturstandsaufnahme
- Wir verwenden die Koordinaten des Katasters und den in der Naturstandsaufnahme zusätzlich bestimmten Punkt P.

Für alle drei Varianten können Argumente gefunden werden, jede Methode hat aber auch Nachteile.

Ein Richter würde in einem Gerichtsverfahren möglicherweise die erste Variante wählen, da sie für ihn die am leichtesten verständliche Methode ist. Der Nachteil dieser Methode ist jedoch, dass die Position der Grenze nicht mit der Position des Zaunes übereinstimmen muss. Wir gehen zwar im Allgemeinen davon aus, dass Zäune entlang der Grundstücksgrenze errichtet werden, eine entsprechende Bedingung ist aber nicht gegeben. Daher kann es durchaus vorkommen, dass die Position des Objektes ‚Zaun‘ und die Position des Rechtsobjektes ‚Grundstücksgrenze‘ voneinander abweichen. Bei der in diesem Beispiel zu treffenden Entscheidung kann bereits eine Abweichung um wenige Zentimeter zu einem falschen Ergebnis führen. Die erste Variante würde im vorliegenden Fall zu der Entscheidung führen, dass der Abstand zu gering ist.

Die Standardprozedur im österreichischen Kataster ist die dritte Variante. Sie beruht darauf, dass die Koordinaten der Grenzpunkte die Grenze definieren und nicht verändert werden dürfen. Der Nachteil der Methode ist jedoch, dass die Koordinaten des Bauwerkes in Relation zu den zuvor bestimmten Koordinaten der Grundstücksgrenze gesetzt werden müssen. Sollten die dabei verwendeten Festpunkte nicht mehr vorhanden sein, so können sich eventuell vorhandene Spannungen des Festpunktfeldes im Ergebnis niederschlagen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass sich auch Festpunkte bewegen können. Eine Bewegung um wenige Zentimeter in einem Jahrzehnt ist durchaus vorstellbar, kann sich aber im angenommenen Beispiel auf die Entscheidung auswirken. Für den so bestimmten Abstand zwischen Bauwerk und Grundstücksgrenze ergibt sich ein Wert von 3,96 m, der Abstand wäre also zu gering.

Variante zwei ist ein Kompromiss. Dabei tritt jedoch wieder das Problem auf, dass die Grenze in der Natur neu bestimmt werden muss. Abweichungen können wie bei der ersten Variante zu falschen Entscheidungen führen. Im verwendeten Beispiel ergibt sich ein Abstand von 4,01 m. Somit wäre der Abstand groß genug.

Eine rein auf den Koordinaten basierende Betrachtung ist jedoch nicht ausreichend. Die Vermessungsverordnung (Austrian Ministry for Economics 1994) definiert 15 cm als Mindestanforderung für die Genauigkeit der Festpunkte. Eine neuerliche Vermessung müsste also eine Klaffung von über 15 cm aufweisen, um die Verschiedenheit der Punkte zu beweisen. Für die Standardabweichung der einzelnen Koordinaten ergibt sich bei gleich genau gemessenen Koordinaten ein Wert von 3,5 cm. Dabei erfolgt der Übergang von absoluten Schranken auf Standardabweichung unter Verwendung der dreifachen Standardabweichung, innerhalb derer 99% aller Realisierungen zu Liegen kommen. Die so bestimmte Standardabweichung kann nun verwendet werden, um mit Hilfe des einfachen Fehlerfortpflanzungsgesetzes die Standardabweichung des berechneten Abstandes zu ermitteln. Es ergibt sich ein Wert von 4,5 cm. Mit Hilfe eines statistischen Tests kann nun geprüft werden, ob der Abstand die geforderten 4 m nachweislich unterschreitet. Leider kann die Hypothese bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% nicht angenommen werden, da die Stichprobe zu klein ist.

### 3. VERSUCHSANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG DER GENAUIGKEIT VON MAßBANDMESSUNGEN

Zur Untersuchung der Genauigkeit, die bei der Messung von Sperrmaßen durch Laien erreicht wird, wurde eine Versuchsgruppe zusammengestellt. Sie sollten unterschiedliche Distanzen entlang verschiedener Versuchsstrecken bestimmen. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf Alter, Geschlecht und Profession ausgewertet.

#### 3.1 Versuchsgruppe

Die Versuchsgruppe bestand aus 17 Personen. Es wurden Personen aus möglichst vielen Berufsgruppen hinzugezogen, Vermessungstechniker wurden allerdings nicht berücksichtigt. 11 Männer und 6 Frauen gehörten der Versuchsgruppe an. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Verteilung der vertretenen Berufsgruppen.

Berufsgruppe	Anzahl
Techniker	5
Handel/Gewerbe	5
Sozialberufe	2
Handwerker	2
Landwirt	1
Pensionist	1
Hausfrau	1

Tabelle 1: Versuchsgruppe gegliedert nach Berufsgruppen

Für die Analyse hinsichtlich des Alters wurden die Teilnehmer in 3 Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe umfasst Personen von 20 bis 29 Jahre. Bei dieser Gruppe waren aufgrund ihrer vor kurzem abgeschlossenen oder noch laufenden Schulausbildung relativ gute Ergebnisse zu erwarten. Die Gruppe bestand aus 5 Personen Die zweite Gruppe umfasst Personen von 30 bis 49 Jahren. In diesem Lebensabschnitt erwerben viele Personen ein Grundstück für ein

Eigenheim und müssen sich somit mit der Bestimmung von Grundgrenzen auseinandersetzen. Diese Gruppe bestand aus 8 Personen. Die letzte Gruppe umfasst 4 Personen mit einem Alter von 50 bis 60 Jahren. Die Personen dieser Gruppe haben die Ausbildung bereits vor langer Zeit abgeschlossen und gehen bald in Pension.

### 3.2 Testgebiet und Teststrecken

Für die Durchführung des Feldversuchs wurde der benötigte Grund und Boden von dem Landwirt Karl Kranawetter zu Verfügung gestellt. Das Gebiet befindet sich nahe Steyr/Oberösterreich in 4421 Aschach an der Steyr (siehe Abbildung 1).

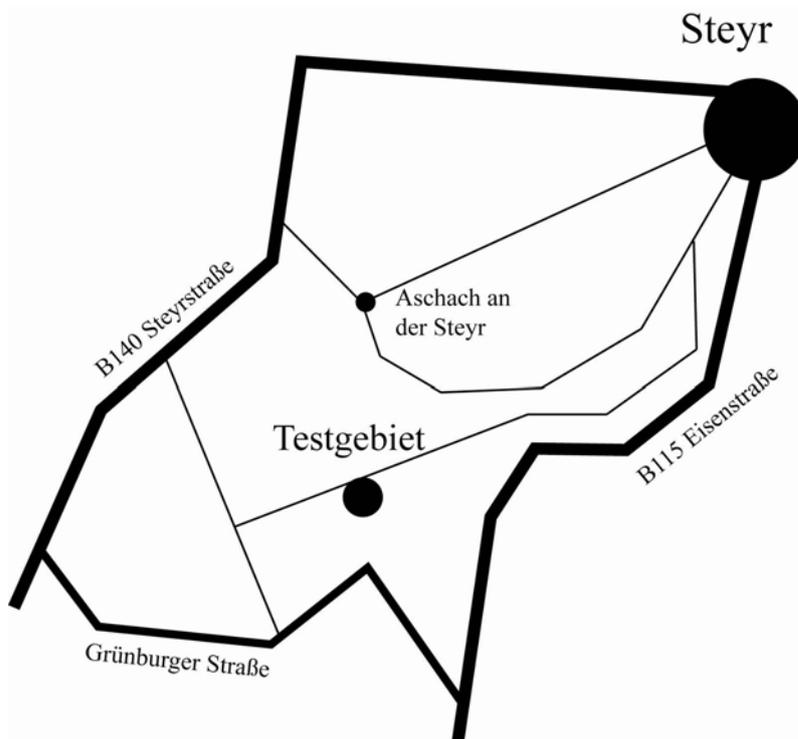


Abbildung 1: Testgebiet bei Aschach an der Steyr

Es wurden 3 Teststrecken markiert (vergleiche Abbildung 2). Die Teststrecken bestanden aus jeweils 4 Metallmarken zwischen welchen die verschiedenen Distanzen zu messen waren. Sie unterschieden sich durch ihre Steigung und eventuellen Hindernissen.



Abbildung 2: Anordnung der Testrecken im Testgebiet (© Amt der öö. Landesregierung / GeoL – DORIS)

Der Schwierigkeitsgrad stieg von Strecke A bis C an. Jede Teststrecke bestand aus 3 zu messenden Längen. Eine kurze Distanz von ca. 7 m, die präzise zu bestimmen sein musste. Die mittlere Länge von ca. 35 m sollte einer durchschnittlichen Grenzenlänge entsprechen. Die längste Entfernung von ca. 65 m war so gewählt, dass mit einem 50 m Stahlband mindestens einmal angestückelt werden musste.

Strecke A ist die vom Gelände her am einfachsten für die Messung (Abbildung 3). Sie verlief am Parkett entlang eines Güterweges und wies keinerlei Hindernisse auf. Sie wies mit 1,89 m auf 62,65 m Distanz auch den geringsten Höhenunterschied auf.



Abbildung 3: Strecke A – Güterweg

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, ist bei diesem geringen Höhenunterschied die Reduktion der gemessenen Schrägdistanz auf die Horizontale sehr gering. Daher sind hier gute Messungen zu erwarten.

Strecke A		
Distanzen "horizontal"	Distanzen "schräg"	Höhendifferenzen
5,543	5,546	-0,195
35,922	35,944	-1,266
62,653	62,681	-1,89

Tabelle 2: Referenzdaten der Strecke A

Strecke B wies die größte Steigung auf (Tabelle 3). Sie verlief entlang eines Weidezauns und wies so wie Strecke A keine Hindernisse auf. Der große Höhenunterschied ließ erwarten, dass die Messungen stark differieren, je nach Güte der Horizontierung während der Messung.



Abbildung 4: Strecke B – entlang eines Weidezauns

Tabelle 3 zeigt, dass sich bei diesem Höhenunterschied von 14,7 m bereits eine Differenz zwischen horizontaler und schräger Distanz von ca. 1,5 m ergibt. Dies führte auch zu den großen Fehlern bei den Versuchsmessungen.

<b>Strecke B</b>		
Distanzen "horizontal"	Distanzen "schräg"	Höhendifferenzen
6,063	6,124	-0,861
36,128	36,991	-7,497
69,399	70,939	-14,701

Tabelle 3: Referenzdaten der Strecke B

Bei der Strecke C waren die Messpunkte zusätzlich zur vorhandenen Steigung an einen Waldrand gesetzt. So traten zwischen den einzelnen Punkten Hindernisse wie Sträucher und Bäume auf und es war keine direkte Sichtverbindung zwischen den Punkten gegeben.

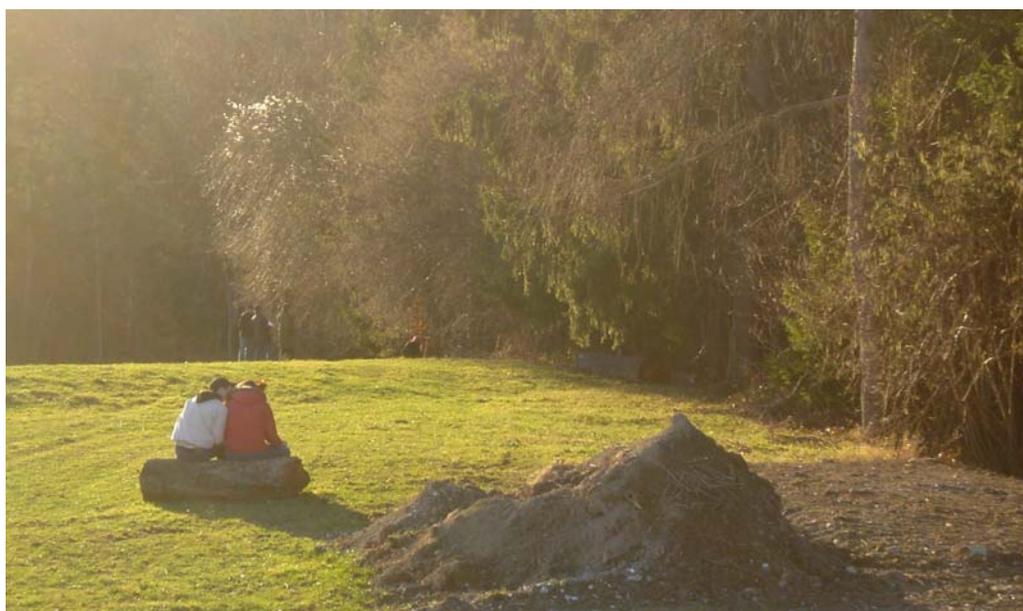


Abbildung 5: Strecke C – Waldrand

Tabelle 4 zeigt, dass der im Vergleich zu Strecke B etwas geringere Höhenunterschied von 11,46 m auf die längste Strecke eine kleinere Differenz zwischen horizontaler und schräger Distanz bewirkt. Aus diesem Grund sind hier kleinere Messabweichungen der Personen zu erwarten. Problematisch ist jedoch die fehlende direkte Sicht.

Strecke C		
Distanzen "horizontal"	Distanzen "schräg"	Höhendifferenzen
7,017	7,063	-0,806
38,141	38,71	-6,614
61,522	62,581	-11,463

Tabelle 4: Referenzdaten der Strecke C

### 3.3 Messgerät

Die Referenzdaten wurden mit Hilfe eines Trimble 5600IR erfasst. Die Genauigkeit der Streckenmessung wird vom Hersteller mit  $2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  angegeben. Alle Punkte wurden doppelt aufgenommen und die Ergebnisse anschließend gemittelt. So kann die Referenzmessung im Vergleich zur erwarteten Genauigkeiten der Versuchsmessung als fehlerfrei angesehen werden.

Den Mitgliedern der Versuchsgruppe wurden 50 m Stahlmessbänder und Fluchtstangen mit 1,2 m Länge zur Verfügung gestellt. Auf die Bereitstellung von elektronischen Distanzmessern und Winkelmessern wurde verzichtet, da Laien im Allgemeinen nur selten über derartige technische Hilfsmittel verfügen. Außerdem kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Versuchspersonen gemessene Schrägdistanzen mit Hilfe von Winkelsätzen auf die Horizontale reduzieren können.

## 4. ERGEBNISSE DES VERSUCHES

### 4.1 Strecke A

Auffallend an den Resultaten der Strecke A ist, dass bereits bei der kürzesten Distanz zwei Personen zu kurz gemessen haben. Ignorieren von Durchhang des Messbandes und Schiefe der Messlinie wären nur zu lange Messungen zu erwarten gewesen.

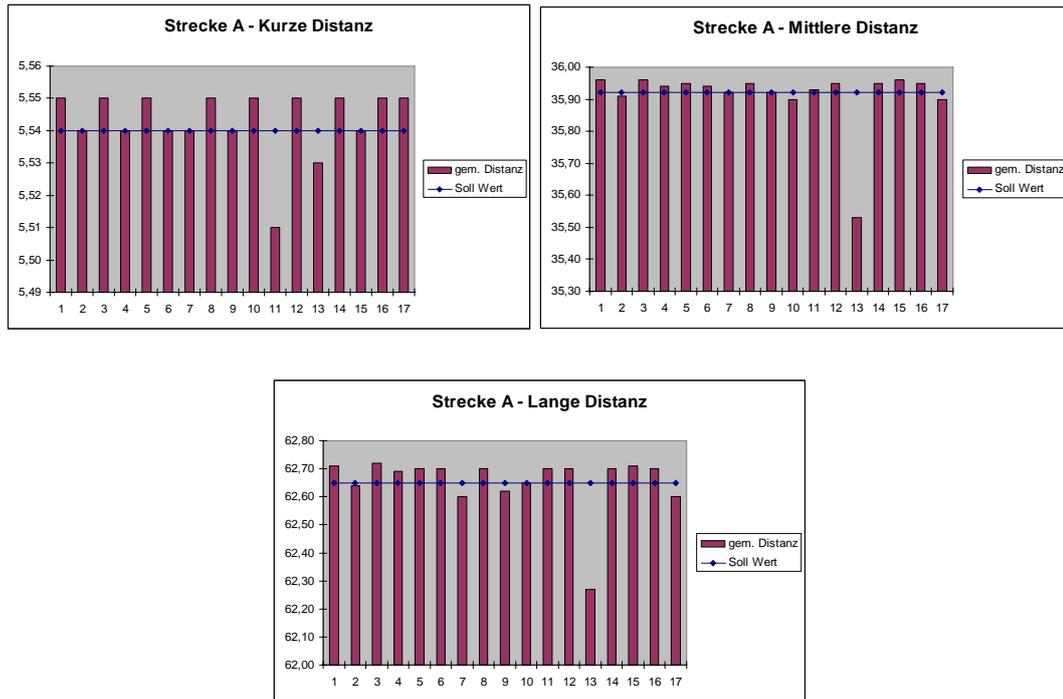


Abbildung 6: Ergebnisse der Strecke A

Die Mittelwerte der einzelnen Strecken stimmen auf den Zentimeter mit den Soll-Werten überein. Lediglich bei der mittleren Distanz gibt es eine Abweichung von 1 cm. Die Standardabweichungen betragen 1 cm, 10 cm und 11 cm. Relativ gesehen ( $\sigma_x/x$ ) bedeutet das eine Unsicherheit von 1,5 bis 3 mm/m. Durch Eliminieren der Ausreißer (Beobachter 11 bei der kurzen Strecke und Beobachter 13 bei den beiden anderen Strecken) wachsen klarerweise die Mittelwerte während die Standardabweichungen kleiner werden. Bei horizontalen, leicht einsehbaren Strecken, haben also Laien kaum Probleme, Sperrmaße zu messen.

## 4.2 Strecke B

Bei der Strecke B waren, wie in den Graphen ersichtlich, aufgrund der Steigung die größten Messfehler zu verzeichnen. Bereits bei der kürzesten Strecke entstanden Abweichungen bis zu 5 cm, die sich auf der langen Distanz bis auf 1,9 m vergrößerten.

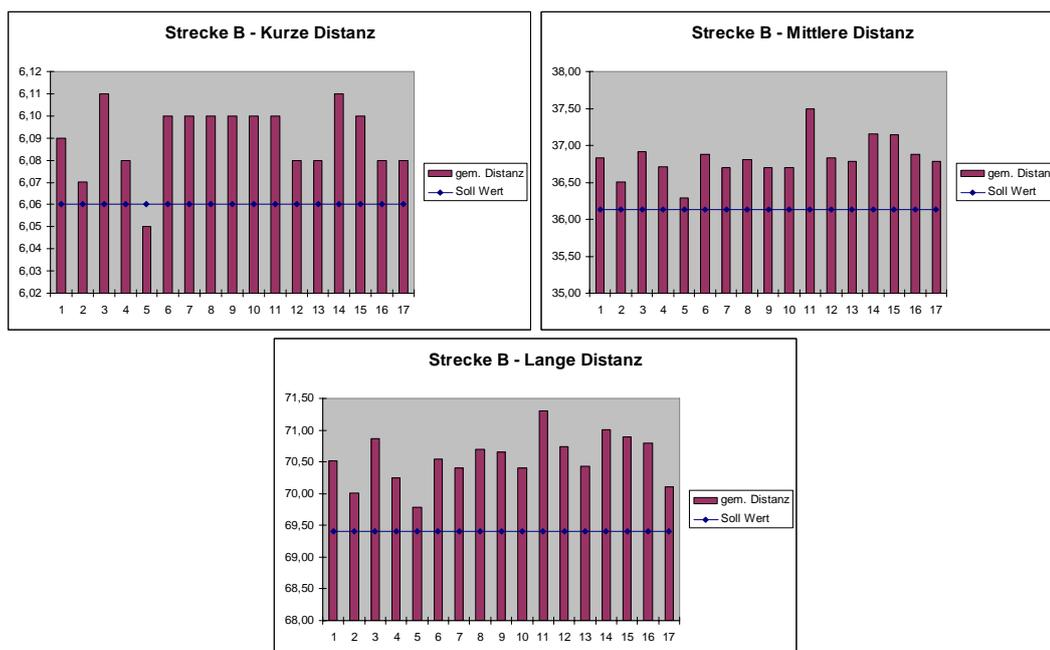


Abbildung 7: Ergebnisse der Strecke B

Hier sind die Abweichungen hinsichtlich des Mittelwertes bereits dramatisch. Es ergeben sich 3 cm, 70 cm und 115 cm Abweichung vom Sollwert. Die Standardabweichungen sind mit 2 cm, 27 cm und 38 cm jedoch nicht ähnlich angestiegen. Die relative Unsicherheit ist nun 2,6 bis 7,3 mm/m. Es ist also zwar die Streuung größer geworden, die systematische Verfälschung der Messung ist aber wesentlich größer als zu vermuten gewesen wäre.

### 4.3 Strecke C

Bei der Strecke C wurden trotz der vorhandenen Hindernisse bessere Ergebnisse als bei Strecke B erzielt. Auffällig ist, dass bei der kürzesten Distanz 5 Personen zu kurze Werte maßen, da sie versuchten parallel zu den vermarkten Punkten zu messen, den rechten Winkel aber nicht richtig einschätzen konnten.

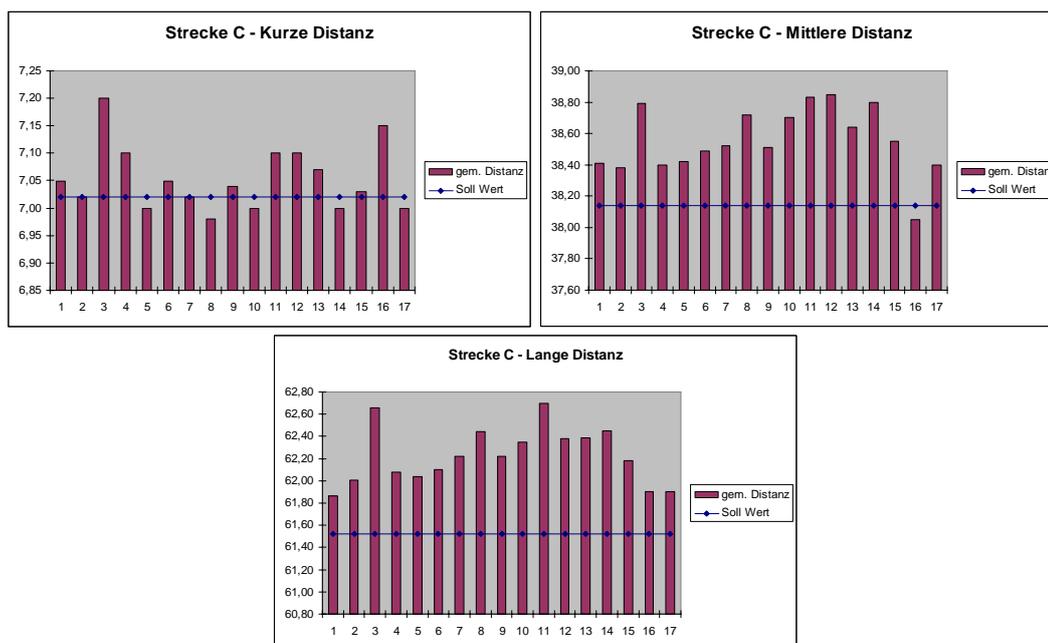


Abbildung 8: Ergebnisse der Strecke C

Die Abweichungen hinsichtlich des Mittelwertes ergeben sich zu 3 cm, 42 cm und 71 cm Abweichung vom Sollwert, sind also deutlich geringer als bei der Strecke B. Die Standardabweichungen sind mit 6 cm, 21 cm und 26 cm jedoch in einem ähnlichen Bereich. Die relative Unsicherheit liegt nun bei 4 bis 8,5 mm/m, wobei die kürzeste Strecke die höchste relative Unsicherheit aufweist.

## 5. DISKUSSION

Eine Auswertung hinsichtlich Alter, Beruf und Geschlecht hat keine signifikanten Unterschiede gezeigt (Hackl 2007). Die weiblichen Personen haben zwar im Schnitt eine höhere Genauigkeit erreicht, die Größe der Gruppe reicht jedoch für gesicherte Aussagen nicht aus.

Eine Analyse der Fehler weist auf drei mögliche Ursachen für die Abweichungen hin:

- Ungenaue exzentrische Messung
- Nicht-Berücksichtigung der Abweichung von der Geraden
- Horizontierungsfehler

### 5.1 Fehler aufgrund der Abweichung aus der Geraden

Beim Markieren der Teststrecken wurde zwar darauf geachtet, dass die Punkte annähernd in einer Linie liegen, es wurde aber nicht als strenge Bedingung eingeführt. Daher treten Abweichungen aus der Geraden auf. Abbildung 9 zeigt die Situation für Strecke C.

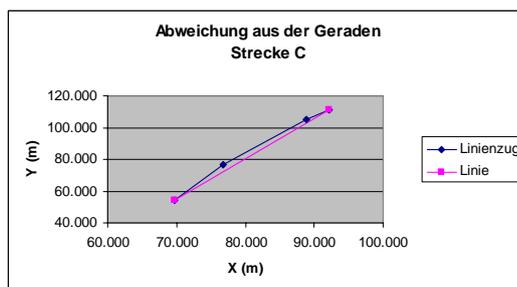


Abbildung 9: Abweichungen der Punkte der Strecke C von der Geraden

Bei der Aufgabenstellung wurde dieser Umstand so berücksichtigt, dass den Testpersonen folgende Aufgabe gestellt wurde:

*„Bestimmen Sie die horizontalen Abstände der drei Punkte vom ersten Punkt.“*

Die Personen der Versuchsgruppe sind jedoch so vorgegangen, dass immer die Abstände zwischen benachbarten Punkten gemessen und diese anschließend addiert wurden. Statt also die Strecken 12, 13 und 14 zu beobachten, wurden die Strecken 12, 23 und 34 beobachtet und aus diesen Beobachtungen die gewünschten Werte abgeleitet. Diese Vorgangsweise führt jedoch zu einem falschen Ergebnis, wenn die Teststrecke nicht geradlinig verläuft.

Dieses fehlerhafte Verhalten wurde bei dem Versuch nicht unterbunden, da sonst eventuell Expertenwissen (des Versuchsleiters) die Ergebnisse verfälscht hätte. Da jedoch die gesamte Versuchsgruppe gleichzeitig anwesend war, sind die Fehler nicht unabhängig – fehlerhafte Methoden der ersten Person werden wahrscheinlich von den anderen Personen kopiert. Somit kann es bei einer Wiederholung des Versuches zu einer korrekten Vorgangsweise kommen.

Der resultierende Fehler ist betragsmäßig zwar gering, kann sich aber trotzdem bereits auswirken. Die Strecke C wies die größte seitliche Abweichung auf. Die Differenz zwischen Sehne und Bogen beträgt hier 10 cm. Dieser Fehler geht also als systematischer Einfluß in die Beobachtungen ein. Das ist bereits 1/7 der beobachteten Abweichung des Mittelwertes.

Derselbe Fehler tritt auf, wenn die Messung nicht auf einmal möglich ist. Die Personen haben versucht, immer direkt die horizontierten Strecken zu beobachten. Bei den steileren Strecken war es bei größeren Distanzen notwendig, die Messung zu stückeln. Dabei kann es natürlich leicht passieren, dass die Zwischenpunkte von der Geraden abweichen. Eine Quantifizierung des Fehlers ist jedoch nur möglich, wenn die Lage dieser Zwischenpunkte bekannt ist. Da diese Punkte nicht vermarktet und später vermessen wurden, ist hier keine Aussage möglich.

## 5.2 Fehler aufgrund der Abweichung aus der Horizontalen

Der zweite Einflussfaktor ist die Genauigkeit der Horizontierung. Es ist schwer, ohne technische Hilfsmittel eine horizontale Linie zu definieren, wenn es keine Anhaltspunkte gibt. Es wurde während des Versuches beobachtet, dass die Personen gerade bei der Horizontierung große Probleme hatten. Selbst Hilfskräfte, die mit seitlichem Abstand die Horizontierung überprüfen sollten, waren oft nicht in der Lage, die (grobe) Horizontierung sicherzustellen. Das sollte sich vor allem bei steilen Strecken stark auswirken.

Die Strecke mit der größten Steigung war Strecke B. Daher werden im Folgenden nur die Ergebnisse dieser Strecke betrachtet. Tabelle 5 zeigt die Auswirkung der Horizontierung. In den ersten beiden Spalten stehen die horizontalen und schrägen Distanzen. In der dritten

Spalte stehen die Mittelwerte der Ergebnisse des Versuches. Bei jeder der drei Distanzen liegt das Messergebnis zwischen der horizontalen und der schrägen Strecken. Das deutet darauf hin, dass eine unvollständige Horizontierung durchgeführt wurde. Im Vergleich mit den Ergebnissen der annähernd horizontalen Strecke A wird auch klar, dass gerade bei steilen Strecken das Messergebnis eine starke systematische Verschiebung aufweisen wird.

Strecke B		
Distanzen „horizontal“	Distanzen „schräg“	Mittelwerte
6,063	6,124	6,09
36,128	36,991	36,83
69,399	70,939	70,55

Tabelle 5: Horizontalstrecken, Schrägstrecken und Versuchsergebnisse für Strecke B

### 5.3 Fehler aufgrund exzentrischer Messung

Die Strecke C wurde absichtlich so gelegt, dass die Messstrecke durch Buschwerk blockiert war. Daher war es notwendig, die Strecke exzentrisch zu messen. Beim Herausverlegen der Strecke müssen rechte Winkel eingehalten werden und die beiden Exzenter müssen gleich lang sein. Bei korrekter Durchführung entsteht also eine rechteckige Grundriss-Figur. Dabei können zwei Fehler auftreten:

- Die Exzenter sind nicht gleich lang, die originale und die gemessene Strecke sind somit nicht parallel. Dieser Fehler bewirkt immer eine Vergrößerung der Strecke.
- Die Winkel weichen vom rechten Winkel ab. Es entsteht somit ein allgemeines Viereck. Dieser Fehler kann eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Strecke bewirken.

Die Strecken B und C sind ähnlich steil angelegt. Da die Strecke C zusätzlich noch durch Buschwerk versperrt ist, sollte der eben besprochene Fehler auftreten. Bei Betrachtung der Ergebnisse fällt aber auf, dass die etwas steilere Strecke B einen wesentlich größeren Fehler aufweist als die Strecke C. Bei der Strecke C ist jedoch die Standardabweichung etwas größer als bei Strecke B. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Exzentermessung eine größere Streuung bewirkt.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung hat gezeigt, dass vor allem die Horizontierung von Strecken für Laien nur schwer durchzuführen ist. Bei Strecken mit geringem Gefälle (speziell bei Strecke A mit einer Höhendifferenz von nur 2 m auf 62 m Länge) waren die Ergebnisse der Messung mit einer Abweichung von 0 cm zwischen Mittelwert und Sollwert, sowie einer Standardabweichung von 11 cm ausgezeichnet. Bei den beiden steileren Strecken könnten diese Werte nicht gehalten werden. Vor allem die Abweichung zwischen Mittelwert und Sollwert ist beträchtlich angewachsen. Ursache ist der systematisch wirkende Einfluss der Horizontierung, die den Personen nicht mit ausreichender Präzision gelungen ist.

Die Genauigkeit bei der horizontalen Messung könnte durch den Einsatz präziserer Messmittel wie beispielsweise von berührungslosen Laser-Distanzmessgeräten wesentlich gesteigert werden. Eine grobe (und statistisch auch nicht gesicherte) Abschätzung eines Fehlergesetzes für den durchgeführten Versuch ergibt einen entfernungsabhängigen

Fehleranteil von über 1000 ppm. Selbst die einfachsten Laser-Entfernungsmesser haben eine wesentlich bessere Messgenauigkeit, könnten also bessere Ergebnisse erzielen.

Bei schrägen Strecken wird sich der Einsatz besserer Messmittel nicht so stark auswirken, da hier die Horizontierung das eigentliche Problem darstellt. Dieses Problem kann jedoch nicht durch eine genauere Streckenmessung gelöst werden. Hier wäre entweder die Messung eines Höhenwinkels oder die Messung des Höhenunterschiedes notwendig. Beides war im Versuch nicht vorgesehen.

## LITERATUR

- Austrian Ministry for Economics (1994). Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Vermessung und Pläne (Vermessungsverordnung 1994 - VermV). **BGBI.Nr. 562/1994**.
- Hackl, M. (2007). Wie genau können Laien ihre Grundgrenzen messen? Seminararbeit. Wien, TU Wien, Institut für Geoinformation und Kartographie: 10.
- Navratil, G. (accepted). "Legal and Technical Aspects of Decisions on Property Boundaries – The Case of Austria." Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research.
- Reinhardt, F. and H. Soeder (1991). dtv-Atlas zur Mathematik: Grundlagen, Algebra und Geometrie (Band 1). München, dtv.
- Twaroch, C. (2005). Richter kennen keine Toleranz. Intern. Geodätische Woche, Obergurgl, Wichmann.
- VwGH (1983). Erkenntnis. **83/06/0088**.