Die Bestimmung der Grobdistanz beim Mekometer Kern ME 3000

Autor(en): **Aeschlimann, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **74 (1976)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-228337

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Bestimmung der Grobdistanz beim Mekometer Kern ME 3000

H. Aeschlimann

Résumé

Parmi les appareils pour la mesure électronique des distances, le Mékomètre occupe une place à part due à l'utilisation de principes physiques particuliers et à l'emploi d'une haute fréquence de modulation. Ce choix pose le problème de la détermination du nombre entier de mètres contenu dans la distance à mesurer; il est résolu par une calculatrice spéciale qui fait l'objet de l'article suivant.

1. Phasenmessprinzip des Mekometers

Alle nach dem Phasenmessprinzip arbeitenden elektronischen Distanzmesser liefern die Distanz zwischen Stationspunkt und Zielpunkt grundsätzlich nicht vollständig, sondern nur bis auf eine unbekannte Anzahl von Modulationswellenlängen. Jeder elektronische Distanzmesser weist daher besondere Mittel zur Bestimmung der Grobdistanz auf. Dafür sind neben der Hauptmodulationsfrequenz eine oder mehrere Hilfsmodulationsfrequenzen vorgesehen. Die Verhältnisse zwischen Haupt- und Hilfsmodulationsfrequenzen bestimmen im wesentlichen die Art und Weise der Messung der Grobdistanz. Bei den Infrarotdistanzmessern ist ein Verhältnis von 100:1 weit verbreitet. Es gestattet, mit je einer Haupt- und Hilfsfrequenz die Eindeutigkeit je nach verwendeter Hauptfrequenz auf 1 bis 2 km auszudehnen. In einer andern Gruppe von Distanzmessern wird das Verhältnis zwischen Haupt- und Hilfsfrequenz in der Nähe von 1 gewählt. Anstelle der mit den Infrarotdistanzmessern vorgenommenen direkten Messungen, wird aus den Differenzen zwischen den Messungen mit Haupt- und Hilfsfrequenz auf die Grobdistanz geschlossen. Das Mekometer gehört zu dieser Gruppe. Die bei dieser Art Grobmessung notwendigen Rechnungen werden im Mekometer von einem zur kleinen Rechenmaschine ausgebildeten Zählwerk übernommen [4].

Die Messung der Phasendifferenz zwischen der ausgesandten und der nach Reflexionen im Zielpunkt wieder empfangenen Modulationswelle liefert den Bruchteil φ einer ganzen Modulationswellenlänge, um den sich der insgesamt durchlaufene Weg von einem ganzzahligen Vielfachen von ganzen Modulationswellenlängen unterscheidet. Für die Messung der Phasendifferenz werden verschiedene Methoden angewandt [1], [2], [3]. Die einfachste, zuverlässigste und genaueste ist die Phasenmessung durch Veränderung des Weges zwischen dem Distanzmesser über den Zielpunkt zurück zum Distanzmesser innerhalb einer ganzen Modulationswellenlänge. Diese Methode bleibt jedoch wegen mechanisch-optischen Schwierigkeiten auf Geräte mit kurzer Modulationswellenlänge, wie zum Beispiel das Mekometer mit 0,6 m, beschränkt, obschon die ersten Geodimeter mit steckbaren Prismensystemen wesentlich grössere Wegveränderungen ermöglichten.

Die einfachen Zusammenhänge zwischen gemessenem φ und gesuchter Distanz D sind in Abbildung 1 dargestellt und lauten:

$$2\,L = n \cdot \lambda + \varphi$$

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\varphi}{2}$$

$$D = L + a$$

Durch eine Wegveränderung innerhalb eines Betrages von maximal λ kann der Weg stets zu einem ganzzahligen Vielfachen von λ, oder die Distanz L zwischen E und R zu einem ganzzahligen Vielfachen von $\frac{\lambda}{2}$ gemacht werden. Durch die Wahl eines Nullpunktes der Wegveränderung, zum Beispiel in einem Endpunkt, wird die Additionskonstante a festgelegt.

Im Mekometer wird die bis zu einem ganzzahligen Vielfachen von λ notwendige Wegveränderung φ mit Hilfe eines messbar zu verschiebenden Prismensystems erreicht. Durch geeignete Bezifferung des Zählerwerkes wird nur der Wert $\frac{\varphi}{2}$ angezeigt.

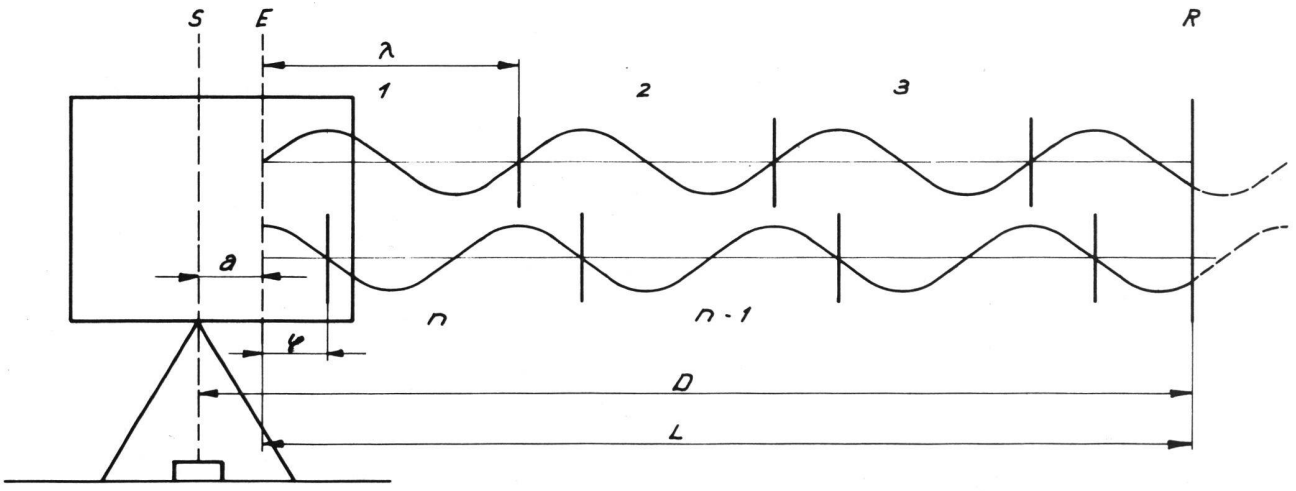


Abb. 1

S Stationspunkt
R Reflektor
E Bezugsebene für den Phasenvergleich
a Additionskonstante
λ Modulationswellenlänge
φ zu messender Bruchteil

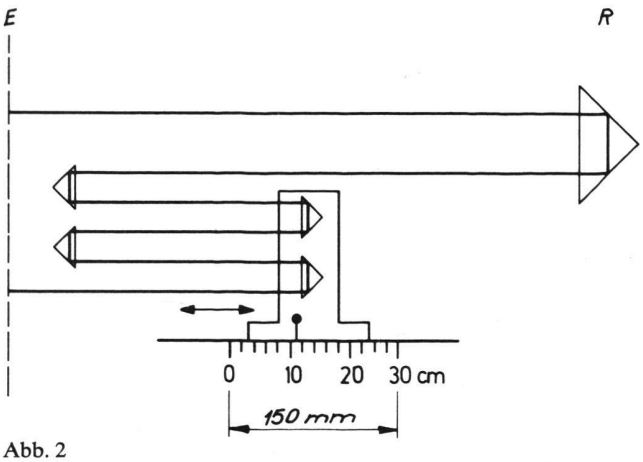


Abb. 2

Der Verschiebungsweg im Mekometer ist zweimal gefaltet, wodurch mit einer Verschiebung des optisch-mechanischen Phasenschiebers um 0,15 m eine Wegveränderung von $\lambda = 0{,}6$ m erreicht wird. Die Verschiebung von 0,15 m erscheint im Zählwerk als $\frac{\lambda}{2} = 0{,}3$ m.

2. Grundlagen der Messung der Grobdistanz

Zur Bestimmung der Grobdistanz dienen mehrere, nahe beisammen liegende Wellenlängen. Eine Strecke L sei mit 2 Wellen gemessen:

$$L = \frac{\lambda_1}{2}(N_1 + \delta_1) \tag{1}$$

$$L = \frac{\lambda_2}{2}(N_2 + \delta_2) \tag{2}$$

N_i: Anzahl ganze Halbwellen
δ_i: Restbetrag als Bruchteil einer ganzen Halbwelle
λ_i: Wellenlänge

Im weiteren ist:

$f_1 \cdot \lambda_1 = c$
$f_2 \cdot \lambda_2 = c$

c: Lichtgeschwindigkeit
f_i: Modulationsfrequenz

und ferner

$$\frac{f_1}{f_2} = k, \text{ damit auch } \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = k. \tag{3}$$

Man setzt dazu noch:

$N_2 = N_1 - M_2$.
N_1, N_2, M_2 sind ganzzahlig.

Aus (2) wird damit

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \cdot k \cdot (N_1 - M_2 + \delta_2).$$

Daraus geht hervor

$$\frac{\lambda_1}{2} \cdot N_1 = \frac{L}{k} + \frac{\lambda_1}{2} \cdot M_2 - \frac{\lambda_1}{2} \cdot \delta_2 \tag{4}$$

(4) in (1) eingesetzt ergibt

$$L = \frac{\lambda_1}{2}\left(\frac{k}{k-1} \cdot M_2 - \frac{k}{k-1} \cdot \delta_2 + \frac{1}{k-1} \cdot \delta_1 + \delta_1\right). \tag{5}$$

Durch Vergleich von (5) mit (1) zeigt sich, dass

$$N_1 = \frac{k}{k-1} \cdot M_2 - \frac{k}{k-1} \cdot \delta_2 + \frac{1}{k-1} \cdot \delta_1 \tag{5'}$$

ist, und somit ganzzahlig sein muss. Über die unbestimmte Grösse M_2 wird folgendermassen verfügt:

$$\begin{aligned} M_2 &= 0 \quad \text{für } \delta_1 > \delta_2 \\ M_2 &= 1 \quad \text{für } \delta_1 < \delta_2 \end{aligned} \tag{6}$$

Die Wirkung dieser Festlegung sei anhand von zwei Beispielen erläutert:

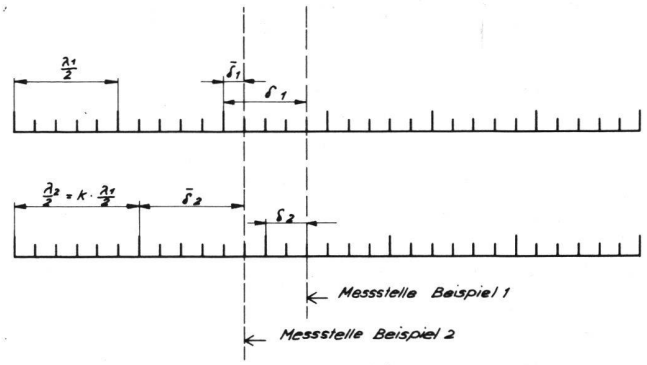


Abb. 3

$$\frac{\lambda_1}{2} = 5,\ k = \frac{6}{5} \text{ (in Abb. 3 ersichtlich)}$$

$$\frac{k}{k-1} = 6,\ \frac{1}{k-1} = 5$$

1. $\delta_1 = \frac{4}{5},\ \delta_2 = \frac{2}{6}$

$M_2 = 0$ nach Kriterium (6)

eingesetzt in (5):

$$L = 5\left(-2 + 4 + \frac{4}{5}\right) = 14$$

2. $\bar{\delta}_1 = \frac{1}{5},\ \bar{\delta}_2 = \frac{5}{6}$

$M_2 = 1$ nach Kriterium (6)

$$L = 5\left(6 - 5 + 1 + \frac{1}{5}\right) = 11$$

Der Koeffizient von M_2 gibt den maximalen Bereich der Eindeutigkeit einer Grobmessung, solange für M_2 nur

die Werte 0 und 1 entsprechend dem Kriterium (6) zugelassen sind. Würde im Beispiel 2 für $M_2 = 0$ gesetzt, ohne Rücksicht auf das Kriterium (6), so wird $L = -19$. Um den positiven Wert zu erhalten, muss das gemeinsame Vielfache der Halbwellenlängen einmal addiert werden.

Je näher das Verhältnis $k = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ bei 1 gewählt wird, um so weiter dehnt sich der Bereich einer eindeutigen Messung aus. Dieser Ausdehnung sind durch die unvermeidlichen Fehler in der Messung der Reststücke δ_1 und δ_2 der ganzen Halbwellenlängen Grenzen gesetzt. Um den Eindeutigkeitsbereich ohne die Gefahr von Fehlmessungen zu erweitern, können anstatt nur einer, mehrere Hilfswellen herangezogen werden. Mit $k_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ und $k_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_1}$ seien die Verhältnisse der Wellenlängen λ_2 und λ_3 zweier Hilfsfrequenzen f_2 und f_3 zur Wellenlänge λ_1 der Hauptfrequenz f_1 bezeichnet. Damit erhält man aus der Beziehung (5):

$$L = \frac{\lambda_1}{2}\left(\frac{k_2}{k_2-1}\cdot M_2 - \frac{k_2}{k_2-1}\cdot\delta_2 + \frac{1}{k_2-1}\cdot\delta_1 + \delta_1\right) \tag{7}$$

$$L = \frac{\lambda_1}{2}\left(\frac{k_3}{k_3-1}\cdot M_3 - \frac{k_3}{k_3-1}\cdot\delta_3 + \frac{1}{k_3-1}\cdot\delta_1 + \delta_1\right) \tag{8}$$

Die Werte von k können beliebig festgelegt werden. In den Beispielen 1 und 2 wurde beispielsweise $k = \frac{6}{5}$ gewählt. Zweckmässiger ist jedoch eine dezimale Abstufung, da damit eine Dekade nach der andern durch Hinzunahme je einer weiteren Hilfsfrequenz bestimmt werden kann.

Nach (5′) wird der Klammerausdruck in (7) und (8) für beliebige k ganzzahlig. Wird $k_2 = \frac{10}{9}$ und $k_3 = \frac{100}{99}$ gesetzt, so ergibt (7) bei Beachtung von (6) die Anzahl ganzer Halbwellen innerhalb von $10\frac{\lambda_1}{2}$ und (8) innerhalb von $100\frac{\lambda_1}{2}$ eindeutig. Gleichung (7) liefert also die Einer und (8) die Einer und Zehner zusammen. Sollen aus (8) nur die Vielfachen von zehn ganzen Halbwellen hervorgehen, das heisst nur die in der zweiten Dekade stehende Ziffer, so muss die in (7) bestimmte Anzahl von (8) subtrahiert werden. Die Bestimmung von N_1 in (1) ist damit aufgeteilt in die unabhängige Bestimmung der in den beiden hintersten Dekaden stehenden Ziffern. Die zu bestimmenden Ziffern werden mit Z für die ganzen Vielfachen von zehn Halbwellenlängen und mit E für die Anzahl im Bereich unter 10 Halbwellenlängen bezeichnet; Formel (9) auf nächster Seite.

Die ganze Distanz L setzt sich zusammen aus dem Vielfachen Z von 10 Halbwellenlängen, der Anzahl E im Bereich von 10 Halbwellen und dem Bruchteil $B = \delta_1$.

$$L = \frac{\lambda_1}{2}(Z + E + B).$$

Weitere Hilfsfrequenzen f_4 und f_5 gestatten Bestimmung der ganzen Vielfachen von 100 und 1000 Halbwellenlängen, sie sind mit H und T bezeichnet.
Bei der Aufstellung der Gleichung für H ist zu beachten, dass die Messung mit der Hilfsfrequenz f_4 die Einheiten von E und Z liefert, die wiederum zu subtrahieren sind. Dazu wird (8) von der neuen aufgestellten Gleichung abgezogen.

Die δ_i sind in Bruchteilen der Halbwellenlängen $\frac{\lambda_i}{2}$ einzusetzen. Im Mekometer werden wegen den verschiedenen Halbwellenlängen $\frac{\lambda_i}{2}$ nicht die δ_i gemessen, sondern die in Einheiten der halben Hauptwellenlänge gemeinsamen Bruchteile d_i. In den Beispielen 1 und 2 konnten die Messwerte δ_2 und $\bar{\delta}_2$ zwar durch Abzählen als Bruchteile der Hilfswelle angegeben werden, beim Mekometer hingegen müssen die d_i nach folgender Beziehung in die Bruchteile δ_i umgewandelt werden:

$$\delta_i = \frac{d_i}{k_i}. \tag{10}$$

Nach Ersatz der δ_i durch die d_i und Umordnen der Summanden erhält man die Bestimmungsgleichungen (11), vgl. Formel (11) auf nächster Seite.

Mit den Werten
$k_2 = {}^{10}/_{9}$, $k_3 = {}^{100}/_{99}$, $k_4 = {}^{1000}/_{999}$, $k_5 = {}^{10\,000}/_{9999}$
ergeben sich die Rechenformeln (12).

Die Grössen M_i fallen bis auf M_5 weg.
Die Festlegung von M_5 entsprechend den Regeln (6) wird im Zählwerk des Mekometers durch geeignete Bezifferung der km-Zahlenrolle berücksichtigt. Die Faktoren in Potenzen von 10 in den Rechenformeln können weggelassen werden, da sie einer Verschiebung des Stellenwertes gleichkommen.

3. Rechenformeln für das mechanische Zählwerk

Die Formeln (12) sind als Grundlage eines Zählwerkes ungeeignet, da sie als Argument die Grössen d_i enthalten, die alle vom Instrumentennullpunkt aus zu messen sind. Die Folge davon ist, dass vor der Messung mit jeder Hilfsfrequenz der optische Phasenschieber in seine Ausgangslage zu bringen wäre. Dies erübrigt sich, sobald als Argumente die Differenzen $(d_2 - d_1)$, $(d_3 - d_2)$ usw. verwendet werden. Damit ergibt sich das gleichwertige, um den Bruchteil B ergänzte Schema (13).
Die Endlage des optisch-mechanischen Phasenschiebers nach der Messung mit einer bestimmten Hilfsfrequenz ist somit gleich seiner Ausgangslage für die Messung mit

$$\underbrace{Z = \frac{k_3}{k_3-1}\cdot M_3 - \frac{k_3}{k_3-1}\cdot \delta_3 + \frac{1}{k_3-1}\cdot \delta_1 - \left\{\frac{k_2}{k_2-1}\cdot M_2 - \frac{k_2}{k_2-1}\cdot \delta_2 + \frac{1}{k_2-1}\cdot \delta_1\right\}}_{Z+E \qquad\qquad E} \tag{9}$$

(11)

$$E = + \frac{k_2}{k_2-1}\cdot M_2 + \frac{1}{k_2-1}\cdot d_1 - \frac{1}{k_2-1}\cdot d_2$$

$$Z = + \frac{k_3}{k_3-1}\cdot M_3 - \frac{k_2}{k_2-1}\cdot M_2 + \frac{k_2-k_3}{(k_3-1)(k_2-1)}\cdot d_1 + \frac{1}{k_2-1}\cdot d_2 - \frac{1}{k_3-1}\cdot d_3$$

$$H = + \frac{k_4}{k_4-1}\cdot M_4 - \frac{k_3}{k_3-1}\cdot M_3 + \frac{k_3-k_4}{(k_4-1)(k_3-1)}\cdot d_1 + \frac{1}{k_3-1}\cdot d_3 - \frac{1}{k_4-1}\cdot d_4$$

$$T = + \frac{k_5}{k_5-1}\cdot M_5 - \frac{k_4}{k_4-1}\cdot M_4 + \frac{k_4-k_5}{(k_5-1)(k_4-1)}\cdot d_1 + \frac{1}{k_4-1}\cdot d_4 - \frac{1}{k_5-1}\cdot d_5$$

(12)

E	=				+10 M_2	+ 9 d_1		− 9 d_2		
Z	=			+100 M_3	−10 M_2	+ 90 d_1	+ 9 d_2	− 99 d_3		
H	=		+1000 M_4	−100 M_3		+ 900 d_1	+ 99 d_3	− 999 d_4		
T	=	+10 000 M_5	−1000 M_4			+9000 d_1	+999 d_4	−9999 d_5		

(13)

B	d_1							
E		− 9	(d_2-d_1)					
Z		− 90	(d_2-d_1)	− 99	(d_3-d_2)			
H		− 900	(d_2-d_1)	− 900	(d_3-d_2)	− 999	(d_4-d_3)	
T		−9000	(d_2-d_1)	−9000	(d_3-d_2)	−9000	(d_4-d_3)	−9999 (d_5-d_4)

(14)

B	0,3 d_1							
E		− 2,7	(d_2-d_1)					
Z		− 27	(d_2-d_1)	− 29,7	(d_3-d_2)			
H		− 270	(d_2-d_1)	− 270	(d_3-d_2)	− 299,7	(d_4-d_3)	
T		−2700	(d_2-d_1)	−2700	(d_3-d_2)	−2700	(d_4-d_3)	−2999,7 (d_5-d_4)

(15)

	d_1	(d_2-d_1)	(d_3-d_2)	(d_4-d_3)	(d_5-d_4)
B	0,3				
E		− 2,7			
Z		− 2,7	− 2,97		
H		− 2,7	− 2,7	− 2,997	
T		− 2,7	− 2,7	− 2,7	− 2,9997

der nächsten. Die Schaltoperation zwischen den Messungen betreffen nur die Frequenzen und das Zählwerk.

Die halbe Modulationswellenlänge $\frac{\lambda_1}{2}$ des Mekometers beträgt 0,3 m. Nach Bewegen des optisch-mechanischen Phasenschiebers um $\frac{\lambda_1}{2}$ darf das Zählwerk nicht den Wert 1 anzeigen, sondern nur 0,3. Die Koeffizienten der Gleichungen (13) sind daher mit 0,3 zu multiplizieren. Damit ergibt sich das dem Zählwerk zugrunde liegende Rechenschema (14).

Da die Vielfachen von 10 $(d_i - d_{i-1})$ im Zählwerk durch Übergang auf die nächsthöhere Zahlenrolle mit dem zehnfachen Stellenwert berücksichtigt werden, lassen sich die Koeffizienten nach Schema (15) darstellen:

Mit diesen Koeffizienten sind die in Bruchteilen der Hauptwellenlänge gemessenen Differenzen der d_i zu multiplizieren, um nach vorzeichenrichtiger Addition die Werte der einzelnen Dekaden zu erhalten.

In den Rechenformeln (14) ist je ein Koeffizient in den zur Bestimmung einer Dekade notwendigen Gliedern nicht ganzzahlig. Daher wird beispielweise bei der Bestimmung von E nicht nur die Zahlenrolle der Einer mitgenommen, sondern ebenfalls noch die Zahlenrolle der nächstunteren Dezimalen.

Das Zählwerk setzt die linearen Bewegungen des Prismenwagens in Rotationen der Ziffernrollen um. Die Positionsänderungen der Ziffernrollen müssen schrittweise erfolgen, damit bei nicht ganzzahligem Verhältnis von Streckenlänge zu Halbwellenlänge das Reststück δ_1 sich nicht in ungenauer Positionierung der Zahlenrollen äussert.

4. Das mechanische Zählwerk

Es setzt sich im wesentlichen aus vier Bauelementen zusammen, nämlich aus Kupplungen, Differentialen, Schrittgetrieben und Zahnradübersetzungen.

Die Kupplungen werden durch einen Funktionsschalter gesteuert, mit dem gleichzeitig auch die entsprechenden Frequenzen gewählt werden.

Differentiale sind mechanische Bauelemente, die je nach Verwendungsart gestatten, Drehbewegungen von Drehachsen zu addieren oder zu subtrahieren sowie verschiedene feste Übersetzungsverhältnisse zwischen zwei Drehachsen zu ermöglichen. Im Falle von festen Übersetzungsverhältnissen wird eine von den drei in das Differential hineinführenden Drehachsen festgehalten. Es wirkt in diesem Falle als Planetengetriebe.

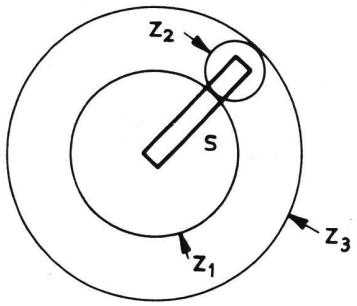


Abb. 4

$$n_1 \cdot z_1 + n_3 \cdot z_3 = n_s (z_1 + z_3)$$

n_i Drehzahl des i-ten Zahnrades
z_i Zahnzahl des i-ten Zahnrades
s Steg zur Führung des Planetenrades

Im Zählwerk des Mekometers werden zwei verschieden dimensionierte Differentiale D_1 und D_2 verwendet.

D_1 :		D_2 :	
z_1 =	8	z_1 =	48
z_2 =	32	z_2 =	12
z_3 =	72	z_3 =	72

Über die Differentiale D_1 werden die Differentiale D_2 angetrieben. Die Differentiale D_2 treiben die Ziffernrollen an und besorgen zusammen mit den Schrittgetrieben S_2 die Zehnerübertragung. Werden die Differentiale als Planetengetriebe verwendet, so wird Zahnrad 1 festgehalten und Zahnrad 3 angetrieben. Die gewünschte Drehung wird am Steg s abgenommen. Werden sie als Differentiale verwendet, so sind die Zahnräder 3 und 1 angetrieben.

Schrittgetriebe dienen zum Antreiben einer Drehachse bloss während eines bestimmten Bruchteils einer vollen Drehung der Antriebsachse. Dazu werden die Zähne auf dem Umfang des Antriebszahnrades bis auf ein dem gewünschten Bruchteil entsprechendes Segment entfernt. Das Übersetzungsverhältnis zwischen den Drehwinkeln beider Achsen bleibt wie gewohnt umgekehrt proportional zur vorhandenen Zähnezahl, nur wird der einer vollen Umdrehung der Antriebsachse entsprechende Drehwinkel bereits nach einem Bruchteil einer vollen Drehung erreicht. Die angetriebene Achse bleibt nachher stehen. Das Schrittgetriebe S_2 dient zur Zehnerübertragung, S_1 zum schrittweisen Antrieb der Ziffernrollen bei Messung mit den Hilfsfrequenzen. S_1 hat ein Übersetzungsverhältnis von 8:6, das auf $^1/_4$ Umdrehung der Antriebsachse erreicht wird. S_2 hat ein Übersetzungsverhältnis von 1:1 auf $^1/_{10}$ Umdrehung der Antriebsachse.

5. Die Messung mit dem Zählwerk

In den folgenden Schemata sind die Wirkungsweisen des Zählwerkes für die einzelnen Frequenzen dargestellt. Die Ziffern neben den Drehachsen bedeuten die Anzahl Umdrehungen.

5.1 Messung mit der Hauptfrequenz f_1
f_1 = 499,5103 MHz

5.2 Messung mit der Hilfsfrequenz f_2

$$f_2 = 459{,}5594 \text{ MHz} \triangleq \frac{\lambda_2}{2} = 0{,}333333 \text{ m}$$

$$k_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = {}^{10}/_9 = 1{,}111111$$

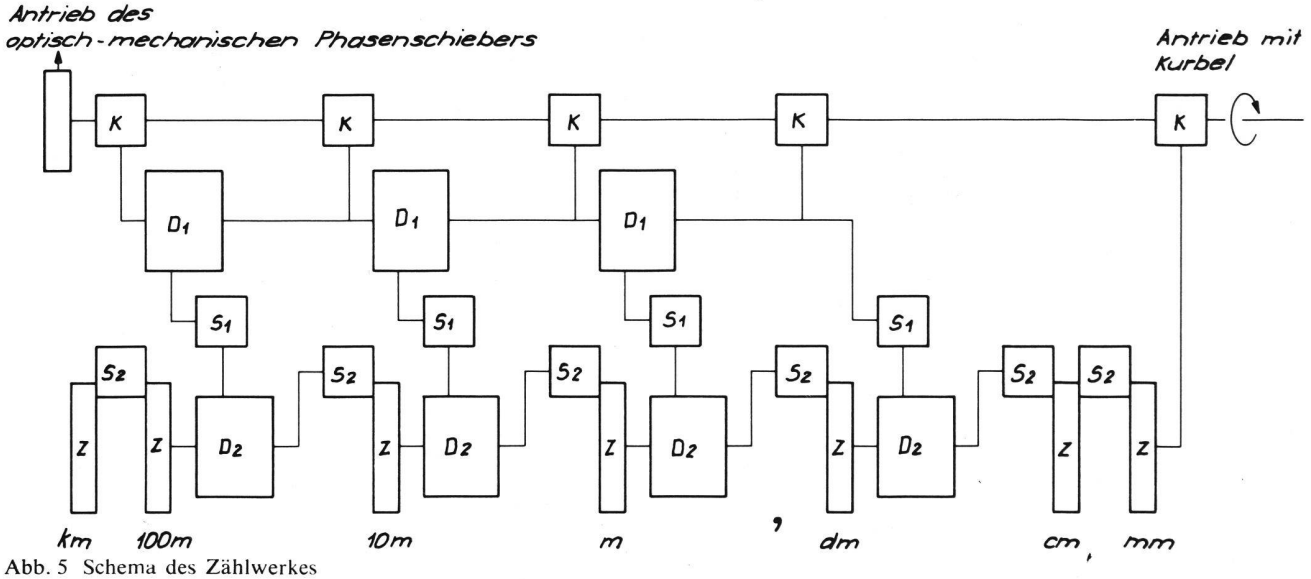


Abb. 5 Schema des Zählwerkes

Horizontale Verbindungslinien stellen Drehachsen dar, vertikale Zahnräder. Die mm-Rolle trägt eine Teilung in Zehntelmillimeter.

K Kupplung
D_1, D_2 Differentiale
S_1, S_2 Schrittgetriebe
Z Ziffernrollen

5.3 Messung mit der Hilfsfrequenz f_3

$f_3 = 494{,}5153\ \text{MHz} \triangleq \frac{\lambda_3}{2} = 0{,}303030\ \text{m}$

$k_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} = {}^{100}/_{99} = 1{,}010101$

5.4 Messung mit der Hilfsfrequenz f_4

$f_4 = 499{,}0109\ \text{MHz} \triangleq \frac{\lambda_4}{2} = 0{,}300300\ \text{m}$

$k_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_1} = {}^{1000}/_{999} = 1{,}001001$

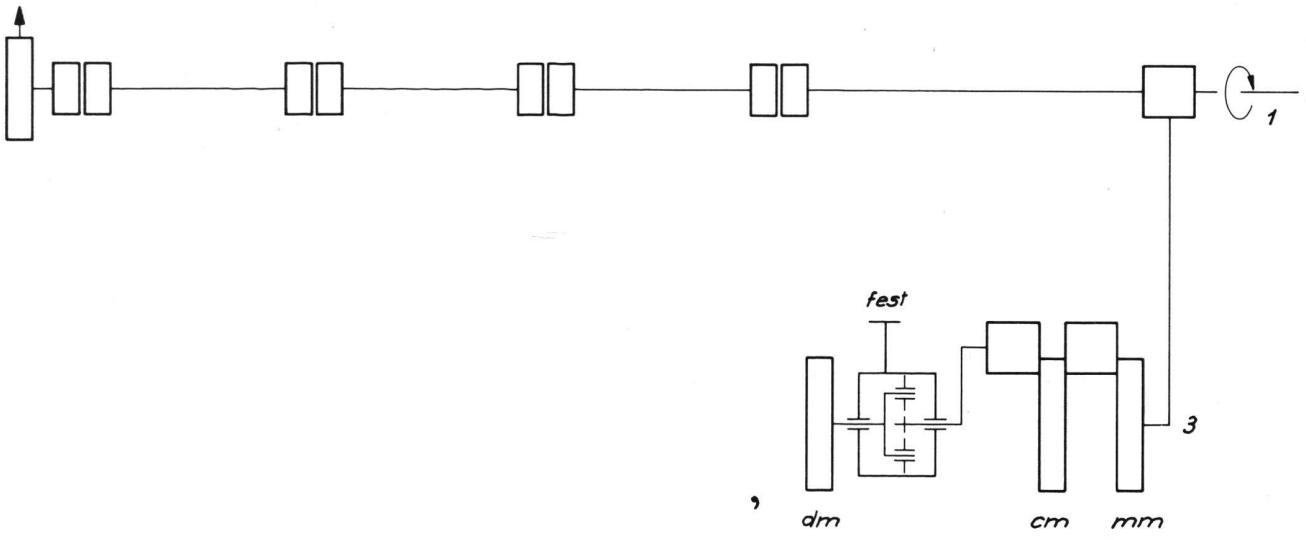


Abb. 6

Bei einer Kurbeldrehung macht die mm-Rolle 3 Umdrehungen Sie zeigt somit einen Verschiebungsweg von 3mal die auf der Rolle bezifferten 10 Millimeter an. Die Anzahl ganzer Umdrehungen wird über ein Schrittgetriebe S_2 auf die cm-Rolle übertragen. Für die Verschiebung des optisch-mechanischen Phasenschiebers um 0,3 m sind 10 Kurbeldrehungen notwendig.

Die Übertragung der cm auf die dm muss über ein Differential D_2 erfolgen, da bei der Messung mit der Hilfsfrequenz f_2 keine Rückübertragung erfolgen darf. Das Differential D_2 arbeitet bei der Zehnerübertragung als Planetengetriebe mit feststehendem äusserem Rad.

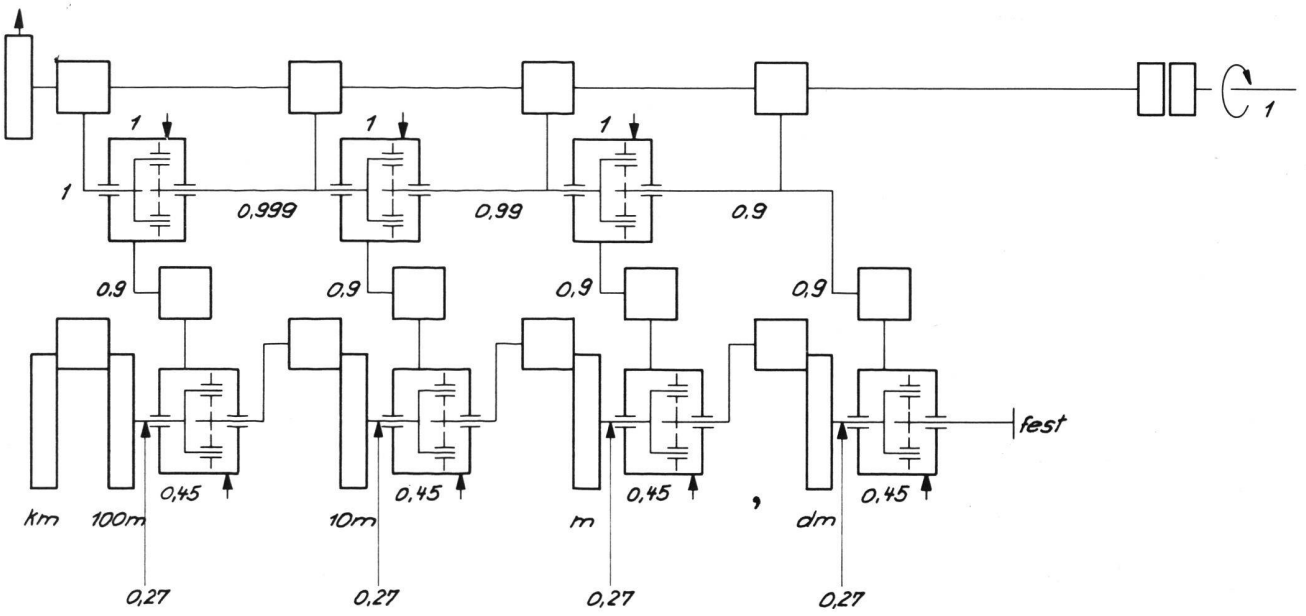


Abb. 7

Die dm-Rolle dreht sich bei einer Umdrehung der Kurbel um 0,27. Nach 10 Kurbelumdrehungen, entsprechend einer Verschiebung der optisch-mechanischen Phasenschiebers um $\frac{\lambda_1}{2}$, hat sich die dm-Rolle 2,7mal gedreht, das heisst um soviel, wie im Koeffizientenschema (15) vorgeschrieben ist. Der gleiche Betrag muss entsprechend dem Schema auch von den andern Ziffernrollen angezeigt werden. Dies erfolgt durch Festhalten der zentralen Achse jedes Differentials D_2 analog zum Differential D_2 im Schema rechts von der dm-Rolle. Die zentrale Achse wird nur während einer Zehnerübertragung durch das zugehörige Schrittgetriebe S_2 angetrieben. Aus den Dimensionen des Differentials ergibt sich dadurch der doppelte Drehwinkel der Ziffernrolle der nächsthöheren Dekade.

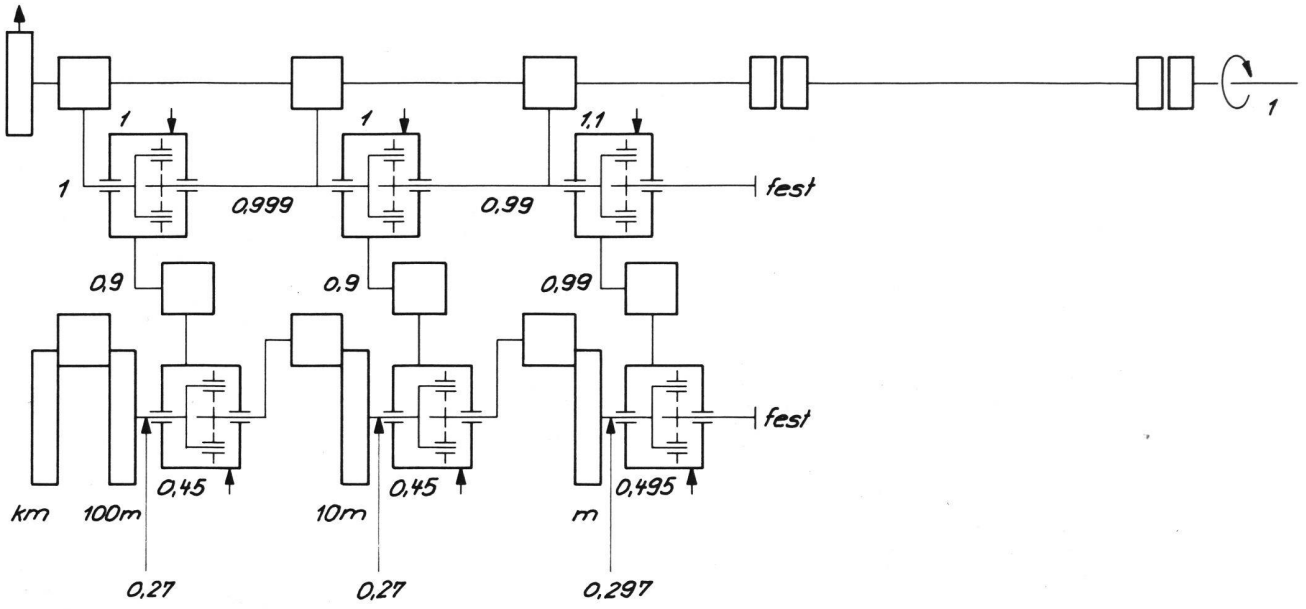


Abb. 8

Die m-Rolle dreht sich bei einer Umdrehung der Kurbel um 0,297. Nach 10 Kurbelumdrehungen, entsprechend einer Verschiebung des optisch-mechanischen Phasenschiebers um $\frac{\lambda_1}{2}$ hat sich die m-Rolle 2,97mal gedreht, das heisst um soviel, wie im Koeffizientenschema (15) vorgeschrieben ist. Solange keine Zehnerübertragung von der m-Rolle auf die 10-m-Rolle stattfindet, ist im Differential D_2 im Schema rechts von der 10-m-Rolle die zentrale Achse fest. Die 10-m-Rolle wird somit gleich angetrieben wie die dm-Rolle bei Messungen mit der Hilfsfrequenz f_2, welche die im Koeffizientenschema (15) vorgeschriebene Übersetzung von 2,7 bei 10 Kurbeldrehungen liefert.

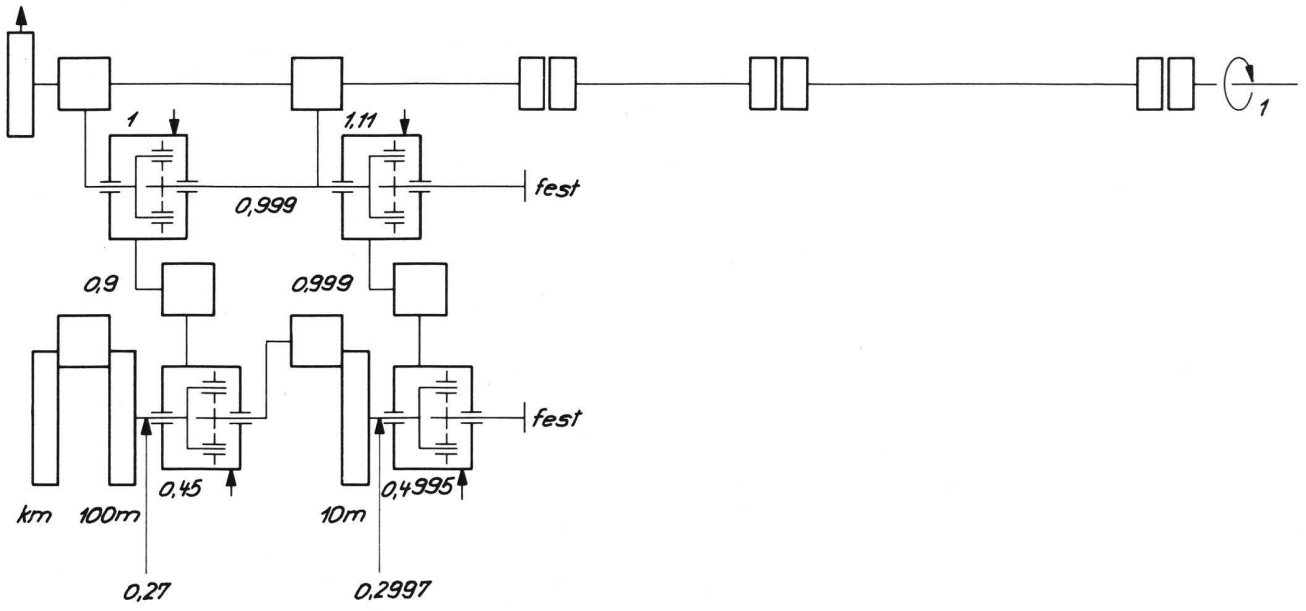


Abb. 9

Die Verhältnisse bei der Messung mit der Hilfsfrequenz f_4 sind analog zu den Verhältnissen bei der Messung mit der Hilfsfrequenz f_3, nur führt die im Schema am weitesten rechts stehende Rolle, die 10-m-Rolle, bei 10 Kurbeldrehungen 2,997 Drehungen aus. Die 100-m-Rolle wird genau gleich wie bei Messung mit der Hilfsfrequenz f_3 mit feststehender zentraler Achse angetrieben.

Die Messung mit der Hilfsfrequenz f_5 bietet nichts besonderes, ausser dass im Zählwerk der Antrieb des Steges im Differential D_1 links aussen im Schema nicht mit dem theoretisch richtigen Verhältnis von 0,9999 Umdrehungen auf 1 Kurbeldrehung, sondern im Verhältnis 1:1 angetrieben wird. Daraus ergibt sich für die Dreh-

achse zum Antrieb des Schrittgetriebes S_1 ebenfalls eine Umdrehung, die bei feststehender zentraler Achse des Differentials D_2 noch 0,3 Umdrehungen der 100-Rolle zur Folge hat. Der Unterschied zu den theoretischen 0,29997 Umdrehungen für 1 Kurbelumdrehung ist bedeutungslos.

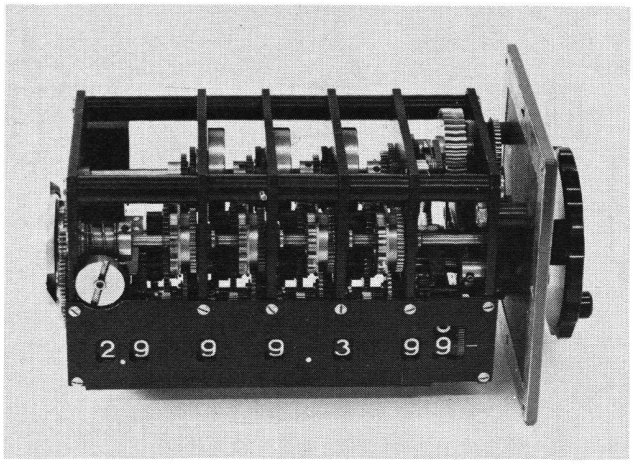


Abb. 10 Zählwerk des Mekometers

Literatur

[1] *Münch, K. H.:* Der Infrarot-Entfernungsmesser Kern DM 1000, in: Allgemeine Vermessungsnachrichten, Karlsruhe, 1973, Heft 6, S. 201.

[2] *Strasser, G.:* Ein moderner Distanzmesser für kurze Strecken, in: Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart, 1968, Heft 9, S. 377.

[3] *Zetsche, H.:* Elektro-optische Nahbereichsentfernungsmesser, in: Vermessung-Mensuration, Turbenthal, 1972, Heft 9 sowie 1973, Heft 1.

[4] *Kerner, M., Jaquet, M.:* Analog-digitales Rechen- und Anzeigewerk, Schweizer Patent Nr. 507 559, Eidgenössisches Amt für geistiges Eigentum, 30. Juni 1971.

[5] *Froome, K. D., Bradsell, R. H.:* Distance Measuring Apparatus, Englisches Patent Nr. 1,104,021. The Patent Office, London, Crown Copyright 1968.

[6] *Froome, K. D., Bradsell, R. H.:* Elektrooptische Einrichtung in einer Distanzanlage, Schweizer Patent Nr. 483 025, Eidgenössisches Amt für geistiges Eigentum, 30. Januar 1970.

[7] *Dubbel, H.:* Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Berlin.

Adresse des Verfassers:
Dr. H. Aeschlimann, c/o Kern & Co. AG, 5001 Aarau

Die Stellung des Geometers in Australien und Kanada

M. Leupin

Résumé

L'auteur donne quelques impressions personnelles sur la formation et la position de l'ingénieur-géomètre officiel en Australie et en Province du Québec, Canada.

Bemerkung

Anlässlich eines mehrmonatigen Aufenthaltes als «Visiting Fellow» an der School of Surveying der University of New South Wales, Sydney, sowie während seiner jetzigen Tätigkeit an der Université Laval in Québec hatte der Verfasser Gelegenheit, Einblicke in die Ausbildung und Berufsausübung des «Chartred Surveyors» beziehungsweise des «Arpenteur-Géomètre» zu gewinnen. Der Vergleich mit den schweizerischen Verhältnissen drängt sich um so mehr auf, als viele Probleme ähnlich gelagert sind und nach wie vor ihrer Lösung harren.

I. Die Ausbildung

In Australien wie in Kanada (Provinz Québec) wird die theoretische Ausbildung den Universitäten anvertraut. Der Geometerberuf wird als ein akademischer betrachtet, eine Tatsache, die auf die Stellung des Geometers innerhalb der Gesellschaft in beiden Ländern von grosser Bedeutung ist und in starkem Gegensatz etwa zu den Verhältnissen in den Vereinigten Staaten steht, wo der «Surveyor» fast ausschliesslich Nichtakademiker ist. Nun entspricht aber weder in Australien noch in Kanada die Universität den schweizerischen technischen Hochschulen. Beide Länder haben das angelsächsische System mit den drei verschiedenen Stufen Bachelor, Master und Ph. D (Doktorgrad) übernommen. Der weitaus grösste Teil der Studenten verlässt allerdings die Universität mit dem «Bachelor degree» aus Gründen, die hier später noch untersucht werden sollen. Praktisch heisst das, dass der «étudiant de base» mit 18 Jahren in die Universität eintritt und sie nach vierjähriger Ausbildung als Bachelor wieder verlässt.

Die alte Streitfrage, ob nun dieser Bachelor degree dem schweizerischen Hochschuldiplom entspricht oder nicht, glaubt der Verfasser anhand seiner persönlichen Erfahrungen für den Fall der Geometerausbildung verneinen zu dürfen. Wohl entspricht das Vorlesungs- und Übungsprogramm in wesentlichen Zügen demjenigen der schweizerischen technischen Hochschulen, doch muss in Rechnung gestellt werden, dass die Studenten im Durchschnitt ein bis zwei Jahre jünger sind und an den Universitäten sich noch zum Teil mit demjenigen Stoff abgeben müssen, welcher in Mitteleuropa mit dem Hochschuleintritt als vorhanden angenommen wird. Als Folge ihres relativ jungen Eintrittsalters müssen die Studenten in den ersten Jahren viel schulmässiger angeleitet werden, und es kann meistens in den Vorlesungen kein zu schroffes Tempo durchgehalten werden.

Ein Problem besonderer Art stellen in den letzten Jahren an beiden Universitäten die grossen Studentenzahlen dar. Die Selektion für den Eintritt in die Universität ist wesentlich weniger scharf als in der Schweiz. Als Folge davon werden die Universitäten geradezu überflutet. So studieren beispielsweise pro Jahrgang je 100 Studenten in Surveying sowohl an der Universität of New South Wales wie an der Laval-Universität. Bei dieser Anzahl ist es natürlich ausserordentlich schwierig, mit dem einzelnen Studenten in Kontakt zu treten, ganz zu schweigen von den Schwierigkeiten, etwa im Fach Photogrammetrie Übungen durchzuführen.

Diese grossen Studentenzahlen sind durch das Schulsystem bedingt. Es fehlt ein Äquivalent zu den schweizerischen technischen Lehranstalten, so dass praktisch die einzige Ausbildung via Universität führt. Nach Meinung des Verfassers ist dieses System wesentlich schwerfälliger, denn den Universitäten werden damit viele Studen-