

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	83 (1985)
Heft:	11
Artikel:	Erfahrungen mit einem Trägheitsvermessungssystem
Autor:	Rüeger, J.M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-232630

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Erfahrungen mit einem Trägheitsvermessungssystem

J. M. Rüeger

Ein in einem Toyota Landcruiser montiertes LITTON Auto-Surveyor System II (LASS II) wurde während einer Woche auf drei Testlinien in den Vororten von Sydney, Australien, getestet. Eine typische Mission dauerte etwa 45 Minuten. Bei Verwendung eines, auf dem Trägheitssystem montierten, elektronischen Tachymeters konnten Genauigkeiten von ± 12 cm in Lage und ± 4 cm in Höhe auf Linien von 5,6 bis 7,6 km Länge und im Mittel einer Hin- und Rückmessung erzielt werden. Bei Missionen von 750 m Länge wurden sogar Genauigkeiten von ± 4 cm in Lage und $\pm 0,8$ cm in Höhe erreicht.

Un LITTON Auto-Surveyor System II (LASS II), monté dans un Toyota Landcruiser, a été testé, pendant une semaine, sur trois lignes de référence dans la banlieue de Sydney, en Australie. La durée d'une mission typique était à peu près 45 minutes. Utilisant un système d'arpentage par inertie équipé d'un tachéomètre électronique, des précisions des moyennes de deux mesures (aller-retour), sur des trajets de 5,6 à 7,6 km de longueur, ont égalé ± 12 cm en position et ± 4 cm en altitude. Lors de missions d'une longueur de 750 m, des précisions de ± 4 cm en position et $\pm 0,8$ cm en altitude ont été atteintes.

1. Einleitung

Trägheitsvermessungssysteme (Inertial Surveying Systems, ISS) werden seit ihrer Einführung in 1975 ins Vermessungswesen vorwiegend für Punktverdichtungen im Zusammenhang mit gross- oder kleinmassstäblichen photogrammetrischen Kartierungen eingesetzt (Rüeger 1976, 1983). Daher wurde im Juli 1983, als ein LITTON Auto-Surveyor System II der International Technology Limited (ITECH), Anchorage, Alaska, für eine Woche zur Verfügung stand, einmal die Leistung eines

solchen Systems auf relativ kurzen Missionen über 1,5 km, 5,6 km und 7,6 km Länge (zwischen zwei koordinatenmäßig bekannten Punkten) überprüft. Über die dabei gewonnenen Erfahrungen sei hier kurz berichtet. Für ausführlichere Angaben sei auf Rüeger (1984) verwiesen.

Um beim Einmessen der Vermessungspunkte von einem, in einem Toyota Landcruiser montierten System aus minimale Genauigkeitsverluste in Kauf nehmen zu müssen, wurde vom üblichen Einmesserfahren mit Transporteur und Messband (!) abgegangen. Ein elektronischer Tachymeter wurde direkt auf dem Rahmen des Systems montiert. Die Abbildung 1 zeigt das im

Fahrzeug montierte Trägheitsvermessungssystem und den elektronischen Tachymeter beim Einmessen eines Reflektors. Die Kreise des Theodoliten wurden vorgängig auf die Gehäuseachsen des Trägheitssystems ausgerichtet.

2. Messungen

Über den Messablauf bei Trägheitsvermessungssystemen wurde schon mehrmals berichtet. Der Leser sei daher auf das Literaturverzeichnis am Schluss verwiesen. Als neues Element kommen nur die Messungen mit dem elektronischen Tachymeter dazu. Die mit diesem gemessenen Horizontalwinkel, Zenitdistanz und Schrägdistanz mussten für die Eingabe in den ISS-Rechner mit einem Taschenrechner in eine Horizontaldistanz, eine Höhendifferenz und einen, in der Horizontalebene liegenden Horizontalwinkel transformiert werden. (Ideal wäre ein direktes Einlesen der Tachymettermessungen durch den ISS-Rechner.) Die Distanzen zwischen Fahrzeug und Vermessungspunkten erreichten maximal 50 m beim Messen über sechsspurige Expressstrassen. Der Toyota Landcruiser war dabei für das Einmessen der Punkte mit dem Tachymeter wenig geeignet, was man schon aus der Abbildung 1 entnehmen kann. Wegen eingeschränkten Platzverhältnissen konnten Messungen nur durch die offenen Hintertüren des Fahrzeugs erfolgen. Ideal wäre ein



Abb. 1 LITTON Auto-Surveyor System II in Toyota Landcruiser. Ein elektronischer Tachymeter Hewlett-Packard HP 3820A ist auf dem Rahmen des Trägheitsvermessungssystems befestigt und dient der Einmessung der Vermessungspunkte. Die rückseitigen Türen des Fahrzeugs werden zu diesem Zweck offen gehalten.

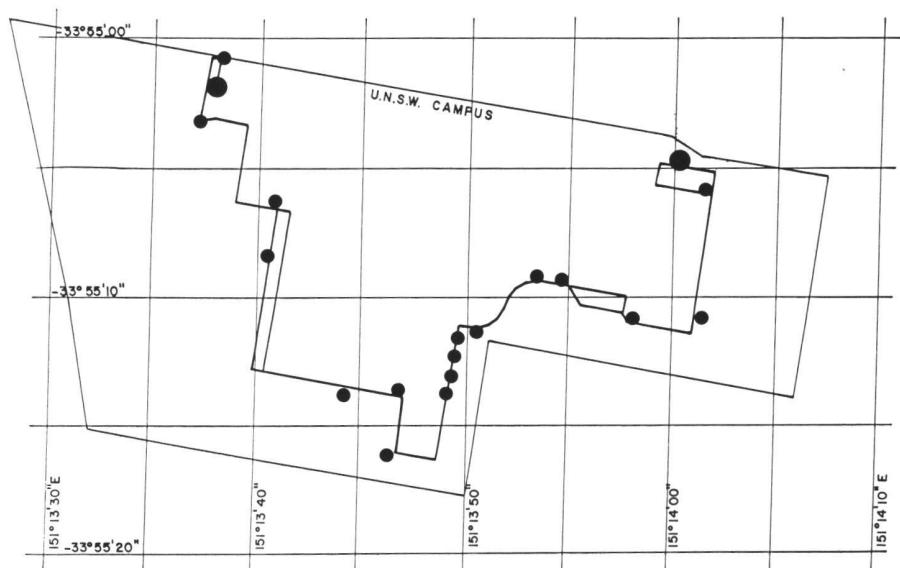


Abb. 2 Testlinie im Areal der University of New South Wales in Sydney, Australien. Die Endpunkte der Missionen sind mit fetteten Punkten dargestellt. In einer separaten Ausgleichung wurde auch noch der südlichste Punkt festgehalten (s. Tab. 2). Zehn Sekunden in geographischer Länge entsprechen etwa 260 m; zehn Sekunden in geographischer Breite entsprechen etwa 310 m.

Fahrzeug mit offener und erhöhter Ladebrücke, so dass Punkte in einem 300-Grad-Sektor und damit auch quer zur Strassenachse eingemessen werden können.

Die genauen Angaben über die drei Testlinien und den Ablauf der Messungen findet der Leser in Rüeger (1984). Die Abbildungen 2 und 3 vermitteln jedoch einen Überblick über die Teststrecken.

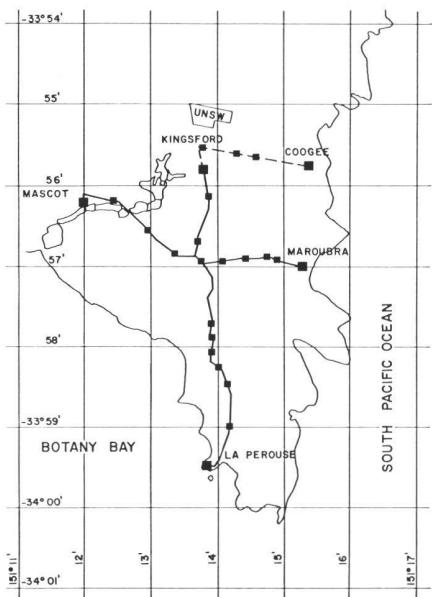


Abb. 3 Zwei Testlinien in den südöstlichen Vororten von Sydney, Australien. Eine Prüfstrecke verläuft in N-S-Richtung, eine zweite in O-W-Richtung. Die N-S-Strecke kann zu einer L-förmigen Strecke erweitert werden. Die fetten Quadrate geben die Lage der Fixpunkte wieder. Einer Bogenminute entsprechen 1,85 km in N-S-Richtung und 1,55 km im O-W-Richtung.

3. Resultate

Die Resultate von fünf Doppelmissionen (hin und zurück) sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Standardabweichungen der mittleren Koordinaten aus Hin- und Rückmessung wurden aus den Differenzen zwischen publizierten und vom ISS-Rechner ausgeglichenen Werten ermittelt.

Bei der Beurteilung der Resultate in Tabelle 1 ist zu berücksichtigen, dass die Relativgenauigkeiten der Vergleichskoordinaten und Höhen etwa ± 5 mm betragen. Die vom Hersteller publizierten Genauigkeitsangaben sind wie folgt:

Lage: $\pm (0,15 \text{ m} + 100 \text{ ppm})$,

Höhe: $\pm (0,12 \text{ m} + 50 \text{ ppm})$.

Der proportionale Anteil ist dabei mit der Distanz eines Neupunktes vom nächsten Fixpunkt zu multiplizieren. Für die längste Testlinie erhält man publizierte Genauigkeiten von 0,53 m für die Lage und 0,31 für die Höhe. Für die kürzeste Teststrecke sind die entsprechenden Werte 0,20 m und 0,15 m. Die vom Hersteller genannten Genauigkei-

Datum	Testlinie	Anzahl Punkte	Genauigkeit einer Doppelmission			Länge der Mission Min. (min)	km	Maximale Exzentrizität der Punkte (m)
			Breite (m)	Länge (m)	Höhe (m)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			(m)	(m)	(m)	(min)	(km)	(m)
2.7.83	Campus	17/18	0,05	0,10	0,012	43/63	1,5	40,0
2.7.83	Ost-West	10/10	0,02	0,10	0,019	45/40	5,6	41,7
4.7.83	Nord-Süd	10/12	0,11	0,12	0,040	47/56	7,6	20,3
4.7.83	Ost-West	10/10	0,11	0,24	0,067	39/36	5,6	49,5
4.7.83	Campus	18/18	0,04	0,06	0,022	45/48	1,5	14,1

Tab.1 Genauigkeit eines LITTON Auto-Surveyor System II auf drei Testlinien in Sydney, Australien.

ten gelten dabei nur für Neupunkte, die nicht mehr als $L/3$ von der Geraden durch die Endpunkte der Mission abweichen (L = Abstand der Endpunkte). Obwohl diese Bedingung streng nur für die Ost-West-Strecke erfüllt ist, fallen die ermittelten Werte wesentlich besser aus als die Herstellerangaben.

Der Grund für das schlechtere Resultat der längeren Teststrecken liegt wohl in den längeren Distanzen zwischen Tachymeter und Reflektor. Die Transformation der Tachymeterdaten benutzt die vom Trägheitssystem gemessenen Drehwinkel zwischen dem schiefen Theodolitkoordinatensystem und der Horizontalebene. Die Genauigkeit der Transformation hängt damit von jener der Drehwinkel ab und damit von der Genauigkeit der Justierung des Tachymeters (auf das ISS-Koordinatensystem) und von der Stabilität des Fahrzeugs während der Einmessung der Vermessungspunkte.

Da die kurze 1,5 km lange Teststrecke auf dem Gelände der University of New South Wales mehr L-förmig als geradlinig verläuft, wurden die in Tabelle 1 erwähnten Doppelmissionen vom 2.7. und 4.7.83 erneut ausgeglichen, diesmal mit einem dritten Fixpunkt im Knickpunkt der Teststrecke. Die neuen Resultate sind in Tabelle 2 dargestellt. Die in Tabelle 2 zusammengestellten Genauigkeiten gehören zu den besten, die jemals mit einem Trägheitssystem erzielt wurden. Der grosse Unterschied zwischen Lage- und Höhengenauigkeit ist konstruktionsbedingt: Der vertikale Beschleunigungsmesser hat eine zehnfach bessere Auflösung als die horizont-

talen. Im Zusammenhang mit Tabelle 2 ist nicht zu vergessen, dass 16 Neupunkte auf einer Linie von 1,5 km Länge in 100 Minuten mit dieser hohen Genauigkeit bestimmt werden konnten. Die Standzeit des Fahrzeuges betrug 1,6 Minuten pro Neupunkt und Mission.

4. Schlussbetrachtungen

Trägheitsvermessungssysteme eignen sich vorzüglich für Vermessungsarbeiten in städtischen Gebieten, vor allem in Verbindung mit elektronischen Tachymetern. System und Tachymeter sollten dabei auf der Ladefläche eines Fahrzeuges aufgebaut werden, damit Rundumsicht besteht und meist über andere Fahrzeuge hinweg gemessen werden kann.

Mit dem LITTON Auto-Surveyor System II wurden in Sydney auf Teststrecken von 5 bis 8 km Länge Lagegenauigkeiten von 12 cm und Höhengenauigkeiten von 4 cm (im Sinne mittlerer Fehler) erreicht. Auf 750 m langen Teststrecken verbesserte sich die Lagegenauigkeit auf 4 cm und die Höhegenauigkeit sogar auf 0,8 cm!

Der Autor ist überzeugt, dass die Genauigkeiten auf den längeren Testlinien durch verbesserte Justierung der Theodolitachsen auf das ISS-Achsensystem, durch Verbesserung der Stabilität des Fahrzeugs während der Anmessung der Vermessungspunkte (z.B. ähnlich wie beim motorisierten Nivellier) und durch direkte Datenübertragung zwischen Tachymeter und ISS-Rechner noch verbessert werden können, möglicherweise bis auf die Werte

Datum	Teststrecke	Anzahl Punkte	Genauigkeit einer Doppelmission		
			Breite (cm)	Länge (cm)	Höhe (cm)
1	2	3	4	5	6
2.7.83	Campus	16/16	2,1	3,9	0,8
4.7.83	Campus	18/18	3,6	4,8	0,9

Tab.2 Genauigkeit eines LITTON Auto-Surveyor System II auf einer 1,5 km langen und L-förmigen Teststrecke, bei Ausgleichung mit drei Fixpunkten an den Enden und im Knick (Brooks, 1983).

in Tabelle 2. Dabei könnte der Hersteller des geprüften ISS durch genaues Markieren des Zentrums des Systems (auf allen Seiten der Trägheitsmesseinheit), durch Anbringen von Autokollimationsspiegeln auf zwei Seiten der Trägheitsmesseinheit und durch ein Interface zwischen ISS-Rechner und Tachymeter einen wesentlichen Beitrag leisten. Sogar eine Verbesserung der Lagegenauigkeit des LITTON Auto-Surveyor System II von 4 cm ist denkbar, durch Ersatz der horizontalen Beschleunigungsmesser mit dem Typ, der auch als vertikaler Beschleunigungsmesser benutzt wird, und durch Erweiterung der

Eingabe, Berechnung und Ausgabe der Länge und Breite auf die vierte Kommasstelle einer Bogensekunde (3 mm). Gleichzeitig wäre auch eine dritte Kommasstelle (mm) bei der Ein- und Ausgabe der Höhen angebracht, nachdem das LITTON Auto-Surveyor System II bereits heute (und trotz einer Anzeigegenauigkeit von 10 mm) mittlere Fehler von 8 mm liefert.

Literatur

Brooks, D. A. 1983: Adjustment of Inertial Surveying System Traverses. Unpublished project report. School of Surveying, University of New South Wales, Sydney, Australia.

Rüeger, J. M. 1976: Trägheitsmesssystem für die Vermessung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 5/76, S. 125–128.

Rüeger J. M. 1983: Potential and Limitations of Inertial Surveying Systems. Proceedings, 25th Australian Survey Congress, 19–25 März 1983, Melbourne, p. 29–45 (vom Verfasser erhältlich).

Rüeger, J. M. 1984: Evaluation of an Inertial Surveying System. The Australian Surveyor, Vol. 32, No. 2, June 1984, p. 78–98 (vom Verfasser erhältlich).

Adresse des Verfassers:
Jean M. Rüeger
School of Surveying, UNSW
P. O. Box 1
Kensington NSW 2033, Australien

Holzwollefilter in torfigen Böden

P. Hutzli

Der Beitrag enthält eine kurze Zusammenfassung der Wirkungsweise des Drainfilters sowie die wesentlichsten Ergebnisse einer Untersuchung über die Eignung von Holzwolle als Drainfilter in torfigen Böden.

Die untersuchten Holzwollefilter sind in gutem unverfaultem Zustand. Im Thuner Westamt baut sich der Holzwollefilter durch Verrotten (nicht Faulen) langsam biologisch ab. Dieser Abbau ist notwendig, damit der organische Filter seine Wirkung aufrecht erhalten kann. Im Lüscherzmoos findet kein Abbau der Holzwolle statt, da der Filter wegen dem Kultureinstau und mangelnder Vorflut dauernd im mehr oder weniger gesättigten Bereich des Bodens liegt.

Vergleicht man die Infiltrationsraten in den verschiedenen Tiefen der Draingrabenprofile, so weisen die Holzwollefilter sowohl im Thuner Westamt wie auch im Lüscherzmoos die kleinsten Messwerte auf.

Die Durchlässigkeit der Holzwolle darf nicht isoliert betrachtet werden. Dort, wo das Füllmaterial des Draingrabens ein genügendes und stabiles Porenvolumen aufweist und zudem die Holzwolle nicht dauernd «im Wasser liegt», funktioniert das System trotz dem in der Holzwolle eingelagerten Feinmaterial.

trat sogar die Meinung auf, die Holzwolle behindere den Wassereintritt in das Drainrohr. Das Kantonale Meliorationsamt Bern liess deshalb eine kleine Untersuchung zum Problem Holzwollefilter in Torfböden durchführen. Um möglichst aussagekräftige Resultate zu erhalten, wurden funktionierende Drainagen im Thuner Westamt (Gurzelen- und Delimoos, ausgeführt 1968) und «nicht» oder «schlecht» funktionierende Drainagen im Gebiet von Brütten-Hagneck (Lüscherzmoos, ausgeführt 1972) untersucht und miteinander verglichen. Es handelt sich um gefräste Drainagen mit Holzwollefiltern.

2. Versuchsmethoden

Bodenphysikalische Feldmessungen am gewachsenen Erdboden und am Draingrabenfüllmaterial lassen genügend aussagekräftige Ergebnisse erwarten, um die gestellten Grundsatzfragen für den Praktiker zu beantworten.

2.1 Infiltrations- und Durchlässigkeitsmessungen

Doppelringinfiltrometer

Die DIN-Norm 19 682 beschreibt den Messwert wie folgt:

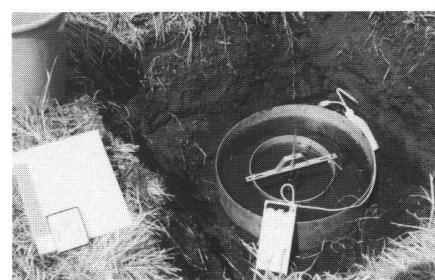


Abb. 1 Doppelringinfiltrometer und pH-Messgerät.

1. Einleitung

Die fortschreitende Mechanisierung hat auch die Arbeit der Draineure grundlegend verändert. Bedingt durch die neuen Rohrverlegetechniken, sollte der

Wahl des Drainfilters vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die Wirkung von Holzwollefiltern bei Drainagen in Torfböden wurde verschiedentlich angezweifelt. Teilweise