

<b>Zeitschrift:</b>	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
<b>Band:</b>	87 (1989)
<b>Heft:</b>	8
<b>Artikel:</b>	Hochpräzise kinematische Positionsbestimmung mit GPS : Erfahrung mit der Ausrüstung TI-4100 einschliesslich Software auf einem Landfahrzeug = Precise kinematic GPS positioning : experiences on a landvehicule using TI 4100 receivers and software
<b>Autor:</b>	Landau, H.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-234073">https://doi.org/10.5169/seals-234073</a>

#### **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:** 20.01.2026

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

## Hochpräzise kinematische Positionsbestimmung mit GPS – Erfahrung mit der Ausrüstung TI-4100 einschliesslich Software auf einem Landfahrzeug

Precise Kinematic GPS Positioning  
Experiences on a Landvehicle using TI 4100 Receivers and Software

H. Landau

GPS hat in den letzten Jahren die Geodäsie erobert. Relative statische Punktbestimmungen im Zentimeterbereich (und besser) sind möglich geworden. Dabei sind aber bei weitem nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft: Verschiedene Anwendungen in Vermessung, Photogrammetrie, Gravimetrie und Seismik verlangen nach präziser kinematischer Positionsbestimmung, für die eine reine Range-Lösung (wie sie für die Echtzeit-Navigation mit absoluten Genauigkeiten im 10-m-Bereich verwendet wird) nicht mehr ausreicht. Wie bei der relativen statischen Punktbestimmung greift man auch bei der relativen kinematischen Positionsbestimmung auf die Phasenmessung an der Trägerwelle zurück. Hauptproblem dabei ist das Auftreten von «Cycle Slips», d.h. kurzzeitige Unterbrüche des Signals.

*Dans les dernières années le système GPS a révolutionné la géodésie permettant une détermination statique de points distants de plusieurs dizaines voir même centaines de kilomètres avec une précision relative de 0,1 à 1 ppm. Mais le potentiel du système GPS n'est pas encore exploité à fond. De nombreuses applications dans les domaines de la géodésie, photogrammetrie, gravimetrie ou sismique demandent des positions cinématiques d'une haute précision qu'on n'obtient plus par la méthode classique du dépouillement des mesures de code. Celles-ci ne permettent qu'une précision absolue de quelques mètres. Pour accroître la précision d'un positionnement cinématique relatif il est indispensable d'introduire (comme pour le positionnement statique) les mesures de phase de l'onde porteuse. Le problème crucial de cette méthode est la détection des «cycle slips», c.à.d.: des interruptions momentanées du signal, qui provoque la perte ou une altération des nombres entiers de la phase. L'université de Munich a fait des expériences, utilisant un récepteur TI-4100, dont l'antenne a été montée sur le toit d'une voiture. Dans cet article les résultats et les difficultés sont présentés.*

Die Gruppe von Prof. Günter Hein am Institut für astronomische und physikalische Geodäsie der Universität der Bundeswehr in München führte im Herbst 1986 in ihrem Testnetz «Werdenselser Land» (ca. 100 km südlich von München) praktische Versuche mit einem Auto durch. Zwei TI-4100-Empfänger wurden für die Messungen eingesetzt. Das eigentliche Testfeld bestand aus einem von Osten nach Westen verlaufenden Polygonzug. Darauf waren sieben Stationen mit Abständen zwischen 400 m und 1000 m angeordnet, was auf eine Gesamtlänge von ungefähr drei Kilometern führte. Auf allen sieben Stationen wurden Stativen aufgestellt. Während nun der eine Empfänger mit dem Auto von Station zu Station fuhr (mit Anhalten und Montage der Antenne für 30 Sekunden auf den Sta-

tiven) wurde der zweite Empfänger stationär in etwa sechs Kilometer Abstand zum Polygonzug betrieben. Die ganze Messphase dauerte 72 Minuten. Davon verbrauchte der «bewegte» Empfänger 15 Minuten am ersten Polygonpunkt (zur Bestimmung einer Anfangsposition bzw. Auflösung der sog. Ambiguities). Anschliessend blieb ungefähr eine Stunde Zeit für eine Fahrt von Polygonpunkt 1 nach 7 und zurück mit den oben beschriebenen 30-Sekunden-Stops an den einzelnen Stationen. Die Stationen 1 bis 6 wurden folglich je zweimal besetzt, was später für Vergleiche ausgenutzt werden konnte.

TI-Empfänger erlauben das gleichzeitige Aufzeichnen von vier Satelliten. Da man den Versuch mit einer einzigen Satellitenkonstellation durchziehen wollte, musste

man sich mit einer nicht optimalen Geometrie der Satelliten (mässiger PDOP, Elevationen bis 15°) begnügen!

Während der Messung wurden Geschwindigkeiten von bis zu 20 m/sec und Beschleunigungen von gegen 1 m/sec<sup>2</sup> erreicht.

Cycle Slips traten praktisch vorwiegend während der Fahrt auf. Es scheint so, als ob Geschwindigkeitsänderungen und das Auftreten von Cycle Slips stark korreliert wären. Praktische Erfahrungen während den Messungen lassen aber die Vermutung zu, dass die meisten Cycle Slips auf natürliche Signalunterbrechungen (Bäume!) zurückzuführen sind.

Der Verlust der Phase ist ein ernsthaftes Problem bei der kinematischen Positionsbestimmung. Cycle Slips sollten daher nach Möglichkeit verhindert oder zumindest korrekt behoben werden, damit Genauigkeiten erreicht werden können, die unter der Wellenlänge der Trägerwelle (19 cm für L<sub>1</sub>) liegen.

Im Artikel von Herbert Landau wird daher ein Algorithmus beschrieben, mit dem Cycle Slips entdeckt und korrigiert werden können. Dabei werden zwei Beobachtungskombinationen verwendet: Eine Phase-Range-Kombination zur Ermittlung von Näherungswerten für den Cycle Slip und eine L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub>-Phasen-Kombination, welche das korrekte Verhältnis der Cycle Slips in L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> liefert. Es wurde schon vorgeschlagen, diese Grössen mit Hilfe der linearen Regression zu benutzen, um Cycle Slips zu korrigieren. Landau setzt in diesem Fall auf ein diskretes Kalman-Filter\*). Mit dieser Methode war es möglich, alle aufgetretenen Cycle Slips zu korrigieren.

Für die relative Positionsbestimmung (in bezug zum stationären Empfänger) kann sowohl auf die Pseudorange-, als auch auf die Phasenmessungen zurückgegriffen werden. Bei der Variante mit den Phasen müssen dabei die Ambiguities gelöst werden. Drei Möglichkeiten dazu werden erwähnt:

- 1) Herleitung aus bekannten Startpositionen beider Empfänger
- 2) Vertauschen der beiden Antennen
- 3) statische Beobachtung während einer gewissen Zeit vor dem Start

Sind die Ambiguities einmal bekannt, so können Pseudorange- und Phasenmessungen analog behandelt werden! Wiederum mit Hilfe eines Kalman-Filters können alsdann Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Uhrverhalten des Empfängers bestimmt werden.

\*) Ein Kalman-Filter ist ein Ausgleichsalgorithmus nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, welcher den Zustand eines dynamischen Systems aus verrauschten Messungen optimal schätzt.

Angewendet auf die Messungen im Werdenfelser Land ergaben sich folgende Resultate (Vergleiche der Positionsbestimmungen für die doppelt besetzten Stationen): Bei der Lösung mit den Phasenmessungen traten maximale Unterschiede von 5 cm ( $L_1$ ) bzw. 7 cm ( $L_2$ ) auf, die Pseudorangelösung zeigte Klapfen bis über 500 cm. Die Unterschiede zwischen  $L_1$ - und  $L_2$ -Lösungen der einzelnen Stationen betrugen maximal 6,8 cm mit mittleren Unterschieden von rund 2 cm.

Es muss noch einmal festgestellt werden, dass diese Genauigkeiten nur erreicht werden können, wenn alle Cycle Slips korrigiert werden. Zudem ist der angewandte Algorithmus nur für 2-Frequenz-Empfänger möglich.

Adresse des Verfassers:

Herbert Landau  
Institut für Astronomische und  
Physikalische Geodäsie  
Universität der Bundeswehr München  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
D-8014 Neubiberg

Der Artikel ist erschienen in Bulletin Géodésique no 63 1989, pp. 85–96.

Übersetzung und Zusammenfassung:  
Max V. Müller



HTL Brugg-Windisch  
(Ingenieurschule)

## Nachdiplomstudium Raumplanung 89/90

Praxisnahe Weiterbildung für Absolventen eines Grundstudiums (HTL ETH Uni), die an Raum- und Umweltfragen interessiert sind: Arch., Ing., Geogr. und andere

### Themen

Siedlung, Verkehr, Versorgung, Landschaft, Umwelt, Recht, Wirtschaft, Politik, Organisation, Arbeitstechnik, Spezialthemen

### Dauer

1 Jahr ab 13. November 89 (2 Semester) oder berufsbegleitendes Teilpensum

### Auskunft

HTL, 5200 Brugg-Windisch  
Telefon 056 / 41 63 63

... ein ernsthafter Wegweiser der Natur

## DERNOTON Abdichtungsvlies



DERNOTON – die natürliche Alternative  
zur künstlichen Bodenabdichtung ...

DERNOTON eignet sich besonders für: Feuchtbiotope, Teiche, Wasserrückhaltebecken, Bäche, Deponien, Kompostplätze usw.

BIOREG Universalbindemittel, BIO-Algium Bodenhilfssstoffe, BIO-Klaralgin für Kläranlagen

Verlangen Sie Unterlagen:



Oeko-Handels AG  
Kyburgerstrasse 2, 6210 Sursee  
Tel. 045 - 21 63 33, Fax 045 - 2140 28

Notre Bureau en Suisse romande:  
Z.I. Les Ducats, 1350 Orbe  
Tél. 024 - 42 12 13, Fax 024 - 41 29 42

**Probe-Exemplar!**  
Wenn Sie ein  
Probe-Exemplar der  
Fachzeitschrift VPK  
wünschen, erreichen  
Sie uns unter  
**Telefon**  
**056 / 83 45 50**