Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 119 (2021)

Heft: 11-12

Artikel: In 100 Jahren vom Flüssigkeitskompensator zum Präzisionsneigungsmesser : eine Innovationsgeschichte von Heinrich Wild bis Hexagon

Autor: Ingensand, Hilmar

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-976787

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: 03.07.2025

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

In 100 Jahren vom Flüssigkeitskompensator zum Präzisionsneigungsmesser – eine Innovationsgeschichte von Heinrich Wild bis Hexagon

In modernen geodätischen Instrumenten finden wir zunehmend Flüssigkeitssensoren als Horizontbezug. Hervorzuheben ist, dass es gerade Schweizer Firmen waren, die die ersten in grösseren Stückzahlen gebauten Instrumente mit Flüssigkeitskompensatoren bzw. Neigungsmessern entwickelt haben, was mit diesem Artikel gewürdigt werden soll.

Dans des instruments géodésiques modernes se trouvent de plus en plus des capteurs de liquide pour la référence horizontale. Il convient de signaler que justement des firmes suisses étaient les premières à avoir développé des instruments à compensateurs de liquide respectivement à inclinomètres construits en grand nombre. Le présent article rend hommage à cette évolution.

Nei moderni strumenti geodetici si riscontrano sempre più sensori a liquido come riferimento dell'orizzonte. Va inoltre rilevato che sono proprio state le aziende svizzere a iniziare a produrre su larga scala gli strumenti con compensatori di fluidi e clinometri

H. Ingensand

Heinrich Wild baut 1908 das erste Kompensatornivellier

Als Vorläufer für die Entwicklung von Flüssigkeitskompensatoren sind die seit dem 18. Jahrhundert in der Astronomie verwendeten Quecksilberhorizonte anzusehen. Bereits 1908 patentierte Heinrich Wild auf dieser Basis ein Nivellier mit Quecksilberhorizont. Ein Meilenstein war 1940 die Entwicklung von Silikonöl, einer glasklaren und chemisch stabilen Flüssigkeit. Hervorzuheben ist auch ein 1940 von Bonechi patentiertes Nivellier mit Totalreflektion an der Unterseite der Flüssigkeit. In der Folgezeit gab es sehr viele Ideen für Flüssigkeitskompensatoren; jedoch gibt es bis heute kein mit dieser Technik gebautes Präzisionsnivellier.

WILD produziert ab 1957 den weltweit ersten Theodolit mit Flüssigkeitskompensator

1955 meldete WILD Heerbrugg ein Patent «Vorrichtung an einem Zielfernrohr zur Beeinflussung des Strahlengangs» an. Optisch ist dieser Kompensator als Ablenkung an einem Flüssigkeitskeil zu charakterisieren. Dabei wird das Bild des Vertikalkreises in Abhängigkeit von der Längs- und Querneigung verschoben. Der Querschnitt des WILD T1A Kompensators (Abb. 1) verdeutlicht eine verschraubte Metallkonstruktion mit Glasfenstern und trichterförmigen Kammern.
Diese kaskadenartigen Kammern fangen beim Transport das Öl auf. In der Vertikalstellung fliesst das Öl wieder zurück, ohne auf dem Deckglas Tropfen zu bilden. Ab 1957 wurden dann der neue WILD T1A und daneben ein Dachlot DL 001 mit

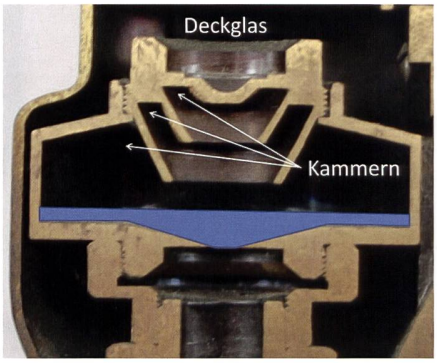

Abb. 1: WILD T1A Kompensator (@ Leica Geosystems).

Doppelkompensator in Serie gebaut. De Hilster würdigte den T1A: «*It was the first Wild theodolite – and perhaps the first theodolite at all – to feature an automatic compensator for the vertical circle.*»

KERN Aarau: vom Präzisionskompensator zum elektronischen Neigungssensor

Mit der Entwicklung eines neuen Sekundentheodolits wurde auch bei KERN über den Einbau eines Flüssigkeitskompensators nachgedacht. Matthias und Haller patentierten 1961 verschiedene Strahlengänge, um die bereits von Berchtold 1959 diskutierten Temperatureffekte konstruktiv zu reduzieren. Für den DKM2-A wurde ein Kompensator mit Totalreflektion an der Unterseite konstruiert. Die Kompensatordose bestand – bis auf den Deckel – aus gekitteten Glaselementen.
Mit der Entwicklung von elektronischen Tachymetern in den 1970er-Jahren vollzog

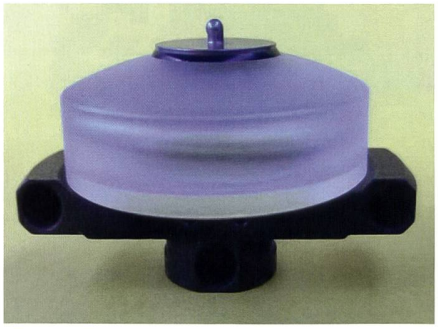

Abb. 2: Kompensatordose (@ Kern Aarau).

sich ein Wandel vom Kompensator zum autonomen elektronischen Neigungssensor. 1977 erschien der KERN E2 mit einem Neigungsmodul, bei dem der abgelenkte Laserstrahl mit einer 4-Quadrantendiode erfasst wurde [Aeschlimann et al., 1975]. Die Reststehachsneigung wurde, wie heute in allen modernen Tachymetern, als mathematische Korrektur berücksichtigt. Basierend auf dieser Konstruktion entstand auch der Neigungsmesser Kern Nivel20, der bis 2005 in Heerbrugg weitergebaut wurde [kern-aarau].

Die Entwicklungen von Flüssigkeitsneigungssensoren in Heerbrugg

1983 wurde in Heerbrugg der Präzisionstheodolit T2000 mit einem Flüssigkeitshorizont und einem neuartigen phasenmessenden Kreisabgriff entwickelt. Bei dieser Konstruktion achtete man ebenso auf die Spezifikation des verwendeten Silikonöls. Katowski und Salzmann schrieben 1983: «*Die hohe Integrationsfähigkeit der Opto-Elektronik des T2000 erlaubt jetzt aber, ein Silikonöl mit niedrigerer Viskosität zu verwenden, mit dem Vorteil, dass der Kompensator über einen grösseren Temperaturbereich als bei optischen Theodoliten einwandfrei arbeitet.*» Dieser Kompensator wies neben dem Ölhorizont eine zweite mit Öl gefüllte Kammer auf und entsprach damit im Querschnitt einem Flüssigkeitsprisma, bei dem der Strahl streng senkrecht in die Flüssigkeit eindrang. Konstruktiv setzte man wiederum auf eine verschraubte Metallkonstruktion mit Glasfenstern.

Eine geniale Idee: mit einem Abgriff gleichzeitig Längs- und Querneigung messen

Mit der Weiterentwicklung zum WILD T2002 (1988) wurden die Striche auf dem rotierenden Vertikalkreis durch Dreiecke ersetzt. Damit konnten mit nur einer Lichtschranke die Längs- und Querneigung als unterschiedliche Signalmodulationen separiert werden. Diese Idee wurde 1995 mit einem Neigungssensor für den WILD TC500 weiterentwickelt. Als Abgriff diente ein Zeilensensor, wie er auch beim digitalen Kreisabgriff und im Digitalnivellier verwendet wurde [Piske, 1992]. Die Längsneigung wird dabei als Verschiebung einer projizierten Strichfigur erfasst; die Querneigung stellt sich als Distanzänderung der äusseren Strichpaare dar (Abb. 4). Optisch entsprach dieser Neigungssensor dem des T1A. Basierend auf einem weiterentwickelten T2002-Flüssigkeitshorizont wurde diese Technik 1995 auch auf die nachfolgende TCA-Baureihe adaptiert.

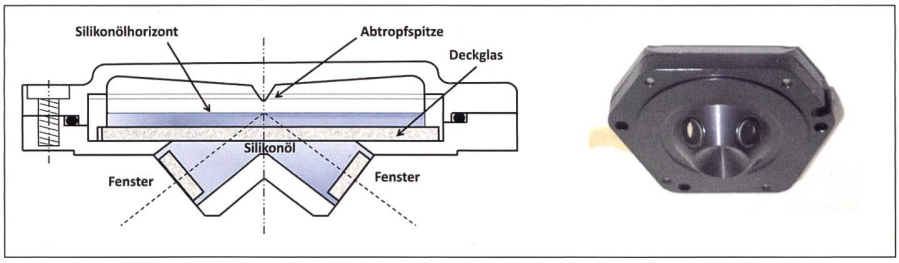

Abb. 3: Der T2000 Flüssigkeitshorizont (@ Leica Geosystems).

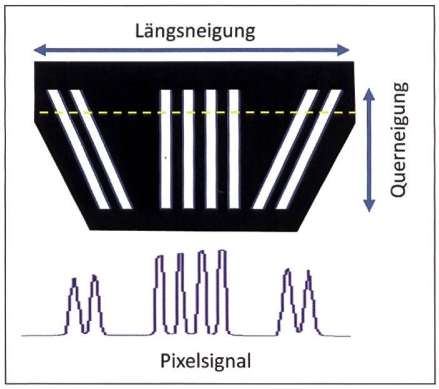

Abb. 4: Strichfigur und digitales Signal (@ Leica Geosystems).

Kinematische Messtechniken erfordern Neigungssensoren im Rotationszentrum

Bei den zunehmend motorisierten Tachymetern, wie auch den späteren Lasertrackern und Scannern musste der Neigungssensor in die Stehachse verlagert werden, um störende Fliehkrafteinflüsse zu minimieren. 1999 entstand in Heerbrugg ein kompakter Neigungssensor, bei dem sich mit der Mehrfachreflektion zusätzlich eine höhere Empfindlichkeit ergab (Abb. 5). Dieser Sensor wurde bei Leica Geosystems in nahezu allen nach-

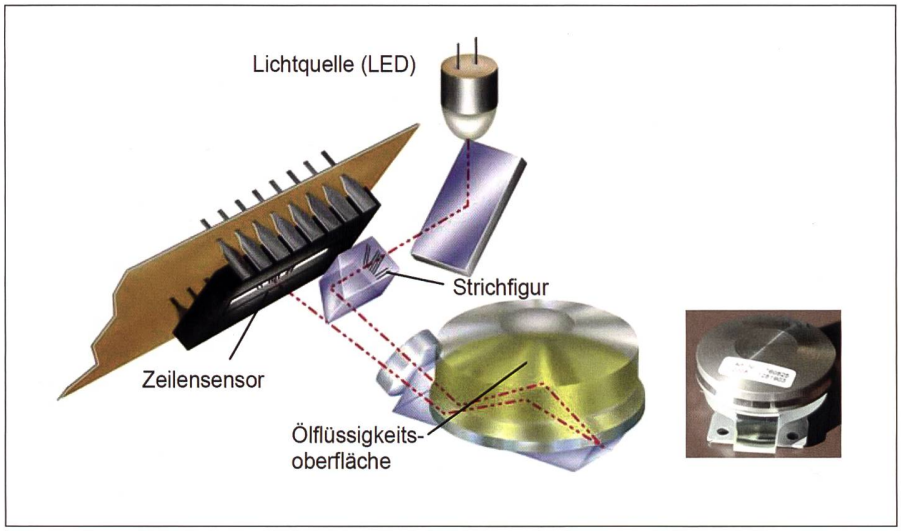

Abb. 5: Prinzip des digitalen Neigungssensors 99 (@ Leica Geosystems).

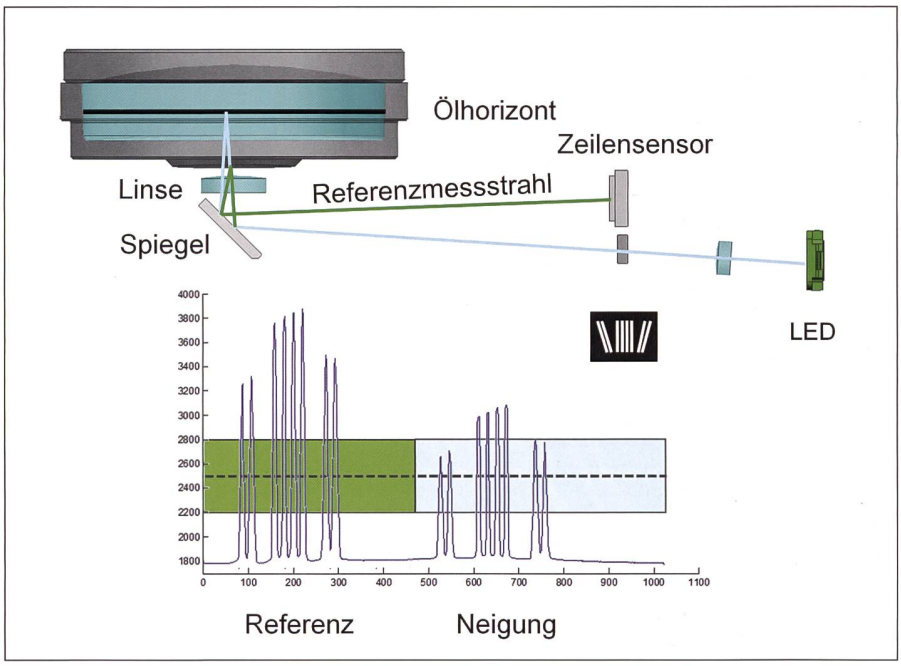

Abb. 6: Prinzip des «Belo Horizonte» Neigungssensors (@ Leica Geosystems).

folgenden Instrumenten mit Theodolitaufbau eingebaut und ab 2005 ebenfalls in der neuen Nivel200-Baureihe verwendet.

Da heute bei trackenden und scannenden Instrumenten vorwiegend in einer Lage gemessen wird, ist eine permanente Drifterüberwachung des Neigungsmessers durch Zwei-Lagenmessung ausgeschlossen. Mit der neuesten «Belo Horizonte» Entwicklung im Hexagon Konzern wurde der bisherige Neigungssensor (Abb. 5) um eine Referenzmessung ergänzt. Dabei wird das Strichmuster zusätzlich an der Unterseite des Ölbehälters reflektiert und mit dem vom Flüssigkeitshorizont abgelenkten Muster verglichen (Abb. 6). Durch permanente Differenzbildung können nun Driften direkt eliminiert werden.

Schlussbemerkung

Bei allen in diesem Artikel beschriebenen Flüssigkeitssystemen soll nicht vergessen werden, dass es oftmals ein langer Weg von der Idee bis zum serienreifen Neigungssensor war. So mussten u.a. Lösungen für Abdichtung, Temperaturverhalten, Tropfen- und Wellenbildung gefunden werden. Dahinter standen und stehen oft langjährige Optimierungsarbeiten der meist ungenannten Konstrukteure.

Literatur (Auswahl):

de Hilster, N.: www.dehilster.info/geodetic_instruments/1961_wild-t1a.php.

kern-aarau: www.kern-aarau.ch/kern/wissen/kompensatordose.html.

Bonechi, M. F. [1940]: Niveau topographique à ligne de mire automatiquement horizontale. Patente: I 563338; CH 384224.

Matthias, H., Haller, R. [1961]: Optisches Glied zur Beeinflussung der Richtung des Fernrohr- oder Kreisablesegangs in optischen Instrumenten. Patente: CH 392904, DE 1252910.

Berchthold, E. [1959]: Eine interessante Neuerung am WILD Repetitions-Theodolit T1A, in «Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik», 7/1959, S. 255 ff.

Piske, W. [1992]: Zweiachsiger Neigungsmesser. Patent: EP0507102.

Aeschlimann, H., Nünlist, R., Stocker, R. [1975]: Vermessungs-Gerät, insbesondere Theodolit. Patente: CH 532243, DE 2638621.

Wild, H. [1909]: Telescope Level. Patent: US 921773.

Katowski, O., Salzmann, W. [1983]: Das Kreisabgriffsystem im Theomat Wild T2000. White Paper, Heerbrugg.

Prof. Dr. (em) Hilmar Ingensand
hilmar.ingensand@geod.baug.ethz.ch