

Wild-Instrumente für das optische Ausrichten von Werkzeugen und Maschinen sowie für Präzisionsmessungen in Industrie und Labor, unter besonderer Berücksichtigung der Autokollimation

Peter Jackson, Heerbrugg, Schweiz

Inhalt

1. Einleitung
2. Autokollimation
 - 2.1 Beschreibung
 - 2.2 Anwendung
 - 2.3 Vorteile der Autokollimation
 - 2.4 Besondere Hinweise
3. Autokollimation mit Wild-Instrumenten
 - 3.1 Autokollimationsokular Wild GOA
 - 3.2 Wild T2 und T3 mit eingebautem Autokollimationsokular
 - 3.3 Autokollimation bei Steilvisuren
4. Autokollimationsspiegel und Autokollimationsprisma
 - 4.1 Autokollimationsspiegel Wild GAS1
 - 4.2 Autokollimationsprisma Wild GAP1
5. Typische Anwendungsbeispiele für Wild-Autokollimationsausrüstungen
 - 5.1 Autokollimationstheodolit mit Autokollimationsprisma GAP1
 - 5.1.1 Parallelitätskontrolle von Walzen
 - 5.1.2 Festlegen von Meßlinien um ein Objekt
 - 5.1.3 Richtungsübertragung in verschiedene Meßhorizonte
 - 5.2 Autokollimationstheodolit mit Autokollimationsspiegel GAS1
 - 5.2.1 Ebenheitskontrolle
 - 5.2.2 Messung des Taumelfehlers einer Achse oder Welle
 - 5.2.3 Eichung der Winkelteilung eines Rundtisches
6. Zentrieren von Wild-Theodoliten
 - 6.1 Optisches Lot des Theodolits
 - 6.2 First- und Bodenlot Wild ZBL
 - 6.3 Automatische Lotgeräte Wild ZL bzw. NL
7. Wild-Theodolite mit festem Höhenindex
8. Wild-Nivelliere und Meßplatten für Präzisionsmessungen
 - 8.1 Präzisions-Nivellier Wild N3
 - 8.2 Automatisches Universal-Nivellier Wild NA2
 - 8.3 Nivellierlatten für Industriemessungen
9. Weitere Zusatzausstattungen für Wild-Theodolite und -Nivelliere
 - 9.1 Planplattenmikrometer
 - 9.2 Nahbereichs-Vorsatzlinsen
 - 9.3 90°-Objektivprisma
 - 9.4 Laserokular Wild GLO2
 - 9.5 Okularlampe und Kollimatoren
10. Literaturverzeichnis
11. Wild-Prospekte

1. Einleitung

Wild Heerbrugg AG ist ein weltbekannter Hersteller optisch-feinmechanischer und elektronischer Präzisionsgeräte, vor allem Theodolite, Nivelliere und Lotgeräte. Dank ihrer hohen Meßgenauigkeit eignen sich diese Instrumente unter anderem auch für das optische Ausrichten von Werkzeugen und Maschinen sowie für Präzisionsmessungen in Industrie und Labor. Eine Vielzahl zusätzlicher Ausstattungen erweitert dabei deren Anwendungsgebiete noch beträchtlich.

Für den industriellen Einsatz eignen sich besonders folgende Wild-Instrumente:

Präzisions-Theodolit	Wild T3 (T3A)
Universal-Theodolit	Wild T2
Präzisions-Nivellier	Wild N3
Automatisches Universal-Nivellier mit Planplattenmikrometer	Wild NA2/GPM3
Automatisches Zenitlot	Wild ZL
Automatisches Nadirlot	Wild NL
Autokollimationsprisma	Wild GAP1
Autokollimationsspiegel	Wild GAS1

Diese Abhandlung beschreibt einige der Meßtechniken, die mit Wild-Instrumenten angewandt werden können. Der Autokollimation wird dabei besondere Beachtung geschenkt.

2. Autokollimation

2.1 Beschreibung

In der Optik bedeutet «Kollimation» die Herstellung paralleler Strahlen. Bei der Industriemessung und beim Justieren von Vermessungsinstrumenten hat das Wort zusätzlich die Bedeutung, zwei Fernrohre mit parallelem Strahlengang (Unendlich-Fokussierung) gegeneinander auszurichten.

«Autokollimation» tritt ein, wenn parallele Lichtstrahlen durch einen rechtwinklig im Strahlengang stehenden Spiegel in sich selbst reflektiert werden.

Die Technik der Autokollimation besteht somit darin, ein auf unendlich fokussiertes Fernrohr auf einen optisch planen Spiegel zu richten.

Die in der Brennebene des Fernrohres liegende Strichplatte muß dazu okularseitig beleuchtet werden.

Das von der beleuchteten Strichplatte projizierte Licht verläßt das Objektiv als paralleles Strahlenbündel. Steht der Spiegel exakt rechtwinklig zur Ziellinie, so werden die Strahlen in sich selbst reflektiert und erzeugen ein Bild des projizierten Fadenkreuzes in der Brennebene des Fernrohres. Beim Blick in das Okular sieht man dann das Fernrohrfadenkreuz (Strichplatte) in Koizidenz mit dem projizierten Strichkreuz (*Bild 1a*).

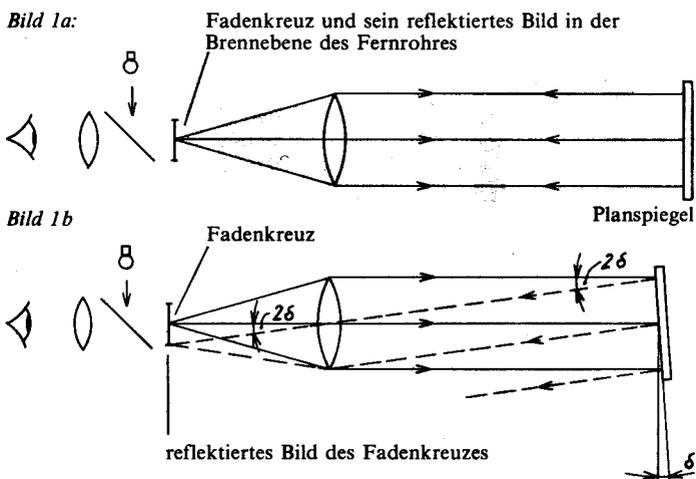


Bild 1 Autokollimation

- a) oben: Koizidenz von Fadenkreuz und seinem reflektierten Bild. Ziellinie (Parallelstrahlen) rechtwinklig zur Spiegelfläche
- b) unten: Spiegel um den Winkel δ geneigt. Die reflektierten Strahlen werden um 2δ abgelenkt. Fadenkreuz und reflektiertes Bild überdecken sich nicht mehr

Dreht man nun den Spiegel um einen kleinen Winkelwert δ , dann werden die reflektierten Strahlen um 2δ abgelenkt. Sofern mindestens ein Teil der reflektierten Strahlen noch in das Fernrohrobjektiv fallen, d.h. der Spiegel nicht zu weit abgedreht wird, entsteht in der Brennebene immer ein Bild des Fadenkreuzes. Dieses Bild ist jedoch zum Fernrohrfadenkreuz verschoben (*Bild 1b*).

Wild-Theodolite können mit Autokollimationsokularen ausgerüstet und damit in Autokollimationstheodolite umfunktioniert werden. Mit einem Autokollimationstheodolit kann der Winkel, um den ein Spiegel gedreht wurde, sehr einfach gemessen werden:

Spiegel anzielen. Feintrieb an Theodolit drehen, bis Fadenkreuz mit seinem reflektierten Bild koinzidiert. Kreiswerte H_{z1} und V_1 ablesen. Wird der Spiegel nun gedreht oder geneigt, so kann der Winkel der Drehung bzw. Neigung wie folgt bestimmt werden. Spiegel wieder anzielen, Fadenkreuz mit seinem reflektierten Bild wieder zur Koinzidenz bringen, und Kreiswerte H_{z2} und V_2 ablesen.

$$\Delta H_z = H_{z1} - H_{z2} \quad \Delta V = V_1 - V_2$$

ΔH_z und ΔV sind nun die Horizontal- und Höhenwinkel der Drehung und Neigung des Spiegels.

2.2 Anwendung

Viele Prüf- und Kontrollmessungen können mit Autokollimationstheodolit und Autokollimationspiegel durchgeführt werden. Das Autokollimationsverfahren ist besonders zur Erfassung kleiner Winkeländerungen und Abweichungen (Senkungen, Durchbiegungen usw.), zur Festlegung und Kontrolle rechter Winkel sowie zur Eichung von Winkelmeßeinrichtungen geeignet. Außerdem eignet sich der Autokollimationspiegel als Bezugsrichtung bei Winkelmessungen mit dem Theodolit, besonders wenn die kürzeste Zielweite unterschritten wird. Einige typische Beispiele werden im Abschnitt 5 erwähnt.

2.3 Vorteile der Autokollimation

Die Autokollimation bietet wesentliche Vorteile für Messungen in Industrie und Labor.

Ein Fernrohr wird durch Fokussieren auf unendlich und Beleuchtung des Fadenkreuzes in einen «Kollimator» umgewandelt (siehe 9.5). Wird damit ein Spiegel angezielt, so erhält man das reflektierte Bild des Kollimator-Fadenkreuzes im Fernrohr. Dieses Fadenkreuz bietet eine ideale Zielmarke für Präzisionsmessungen.

Da nun eine Drehung des Spiegels um den Winkel δ eine Ablenkung der reflektierten Strahlen um 2δ bewirkt (*Bild 1b*), ist die Zielgenauigkeit mit dem Autokollimationsfernrohr doppelt so groß als beim Anzielen eines herkömmlichen Kollimators.

Da also das Anzielen praktisch ideal ist, hängt die mit dem Autokollimationstheodolit erreichbare Winkelmeßgenauigkeit hauptsächlich von dessen Kreis- und Mikrometerteilung ab, aber auch von der Geschicklichkeit des Beobachters beim Einstellen des Mikrometers. Mit dem Wild T2 kann ein guter Beobachter ohne weiteres eine Genauigkeit von $\pm 1''$, mit dem Wild T3 sogar bis zu $\pm 0,5''$ erreichen.

Da ein auf unendlich fokussiertes Fernrohr parallele Strahlen erzeugt, braucht man bei der Autokollimation den Theodolit auf dem Meßpunkt nicht exakt zu zentrieren (*Bild 2*).

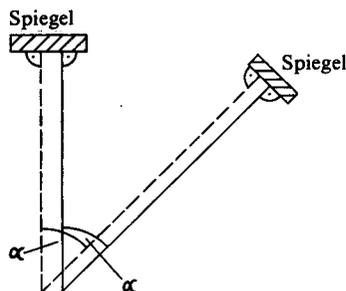


Bild 2
Die Zentrierung beeinflusst den Winkel nicht, wenn Messungen mit Autokollimation ausgeführt werden

Da es sich um Parallelstrahlen handelt, gibt es bei der Autokollimation keinen Mindestabstand. Der Spiegel kann sich unmittelbar vor dem Fernrohrobjektiv befinden (*Bild 3*).

Fadenkreuz und Spiegelbild

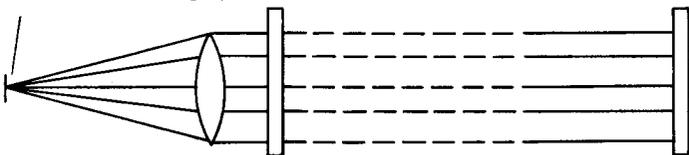


Bild 3

Da ein auf unendlich eingestelltes Fernrohr Parallelstrahlen erzeugt, besteht kein Mindestabstand für die Autokollimation

2.4 Besondere Hinweise

Fällt das ganze Strahlenbündel auf einen Spiegel und wird es wieder in das Fernrohr zurückgestrahlt, so wird das reflektierte Fadenkreuz klar sichtbar sein. Steht der Spiegel dagegen nur teilweise im Strahlenbündel oder ist er wesentlich kleiner als das Objektiv, dann erscheint das Fadenkreuz entsprechend abgeschwächt.

Einstellen des Fernrohres auf unendlich: Fernrohr und/oder Spiegel drehen, bis Spiegelbild des erleuchteten Objektivs im Gesichtsfeld sichtbar wird. Fokussierhülse über die Unendlich-Stellung bis zum Anschlag drehen, dann zurückdrehen, bis das reflektierte Fadenkreuz scharf erscheint.

Steht der Spiegel außerhalb der kürzesten Zielweite des Fernrohres, so wird beim Fokussieren auf die Spiegelfläche das Fadenkreuz ebenfalls abgebildet. Dieses Bild kann jedoch nicht zur Autokollimation verwendet werden. Man unterscheidet es leicht von der Autokollimationsabbildung, indem sich das projizierte Fadenkreuz zum Fernrohrfadenkreuz nicht bewegt, wenn der Theodolit bzw. Spiegel etwas hin- und hergedreht wird.

Ungeachtet des Abstandes zwischen Spiegel und Fernrohrobjektiv entspricht die Strichstärke des reflektierten Fadenkreuzes stets dem Fernrohrfadenkreuz. Ist der Spiegel sehr nahe am Objektiv, wird die ganze Strichplatte sichtbar (*Bilder 6 und 8*). Je größer der Abstand zwischen Spiegel und Objektiv wird, desto kleiner wird der Bildausschnitt des Fadenkreuzes (genauer: der das Bild erzeugende Teil der Strichplatte wird kleiner). Der Bilddurchmesser α in Bogensekunden ist ungefähr

$$\alpha'' = \frac{d}{2 \cdot D \cdot \sin 1''}$$

wobei d = Fernrohrobjektiv-Durchmesser
 D = Abstand zwischen Instrument und Spiegel

Steht ein T2 mit einem 40-mm-Objektiv 50 m vom Spiegel entfernt, so wird der Bilddurchmesser ca. 80". Angesichts der Tatsache, daß der senkrechte Doppelstrich des T2-Fadenkreuzes einen Winkel von ca. 40" einschließt, wird offensichtlich, daß das Bild bei dieser Distanz sehr klein ist, obwohl Autokollimationsmessungen trotzdem noch bequem ausgeführt werden können.

Wird ein Spiegel zur Richtungskontrolle fest montiert, so kann der Autokollimationstheodolit ohne weiteres 50 m und mehr davon entfernt sein. In Maschinenhallen können Zielweiten bis zu 100 m vorkommen.

3. Autokollimation mit Wild-Instrumenten

Die Theodolite Wild T2 und T3 eignen sich besonders für den Einsatz der Autokollimation. Dazu können sie entweder mit einem ansetzbaren Autokollimationsokular GOA oder mit einem fest eingebauten Autokollimationsstutzen (T2+GUFA, T3A) ausgerüstet werden.

3.1 Autokollimationsokular Wild GOA (Bild 4, 5, 6)

Dieses Okular ist gegen das normale Fernrohroktular über den Bajonettverschluß am Fernrohr der Wild-Theodolite jederzeit austauschbar (Bild 4).

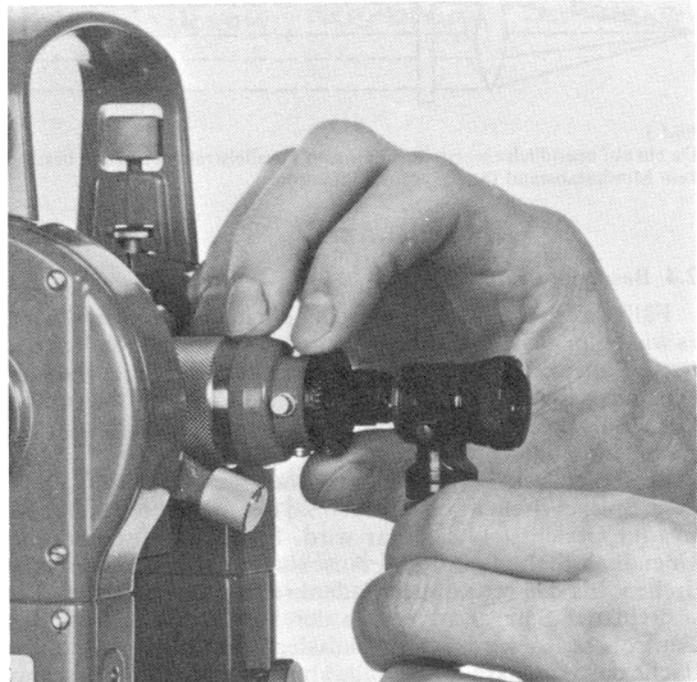


Bild 4
Das Autokollimationsokular Wild GOA ist einfach mit dem normalen Fernrohroktular austauschbar

Bei aufgesetztem GOA wird das von einer Glühbirne erzeugte Licht zur Beleuchtung des Fadenkreuzes durch einen Strahlenteiler um 90° umgelenkt. Das durch den Autokollimationspiegel reflektierte Bild des Fadenkreuzes erscheint umgekehrt und etwas lichtschwächer als das eigentliche Fadenkreuz (Bilder 5 und 6).

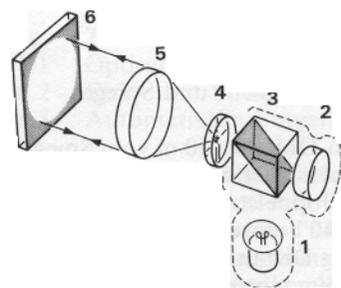


Bild 5
Autokollimationsokular Wild GOA

- 1 Einstecklampe
- 2 Okular
- 3 Strahlenteiler
- 4 Strichplatte (Fadenkreuz)
- 5 Fernrohrobjektiv
- 6 Planspiegel

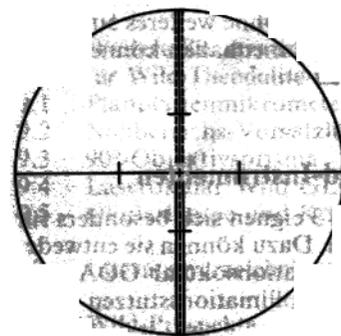


Bild 6
Autokollimationsokular Wild GOA auf T2. In der Zeichnung ist das reflektierte Fadenkreuz bei sehr nahe am Fernrohr stehendem Spiegel dargestellt (vgl. 2.4)

Wird ein Theodolit nur gelegentlich für die Autokollimation eingesetzt, so bietet sich das Autokollimationsokular GOA als ideale Lösung an, indem es jederzeit bei Bedarf angesetzt werden kann.

Das Autokollimationsokular GOA zum Wild T2 paßt auch zu den Theodoliten Wild T1 und T16, zu den Nivellieren Wild N3 und NA2 (siehe 8) sowie zu den automatischen Lotgeräten Wild ZL und NL (siehe 6.3).

Mit dem Präzisions-Nivellier N3 und dem Automatischen Universal-Nivellier NA2 kann mit aufgesetztem Autokollimationsokular ein Spiegel präzise vertikal ausgerichtet werden. Mit den automatischen Lotgeräten ZL und NL und aufgesetztem Autokollimationsokular kann der Spiegel genau horizontalisiert werden.

Da die Kippschraube des N3 genau geeicht ist (1 Schraubenintervall = 1:100 000) kann das N3 mit aufgesetztem Autokollimationsokular für Messungen kleiner Neigungsänderungen in der Vertikalebene verwendet werden (siehe 5.2.1).

3.2 Wild T2 und T3 mit eingebautem Autokollimationsokular (Bild 7, 8, 25)

Die Theodolite T2 und T3 sind auch mit fest eingebautem Autokollimationsokular lieferbar: das Modell T2 mit GUFA sowie das Modell T3A.

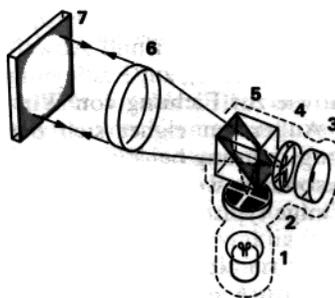


Bild 7
Eingebautes Autokollimationsokular: Wild T2+GUFA bzw. Wild T3A

- 1 Einstecklampe
- 2 Hellgrünes Kreuz
- 3 Okular
- 4 Fernrohr-Strichplatte
- 5 Strahlenteiler
- 6 Fernrohrobjektiv
- 7 Planspiegel

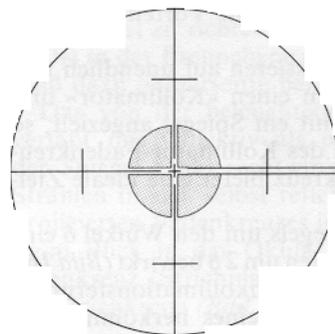


Bild 8
Eingebautes Autokollimationsokular: Wild T2+GUFA bzw. Wild T3A
Das Fernrohrfadenkreuz muß im hellgrünen Kreuz zentriert werden. Die Zeichnung zeigt das reflektierte Kreuz bei nahe vor dem Fernrohr des T2+GUFA aufgestellten Spiegel

Anstelle einer direkten Beleuchtung der Fernrohrstrichplatte, wie dies beim Autokollimationsokular GOA der Fall ist, wird hier eine zweite am Fernrohr angebrachte negative Strichplatte ausgeleuchtet. Es ist eine schwarze Scheibe mit hellgrünem Kreuz. Das Licht tritt durch das Kreuz und wird durch einen Strahlenteiler in den Strahlengang des Fernrohrs und auf den Spiegel abgelenkt. Die vom Spiegel reflektierten Strahlen erzeugen ein Bild in der Ebene der Fernrohr-Strichplatte. Bei Betrachtung durch das Fernrohroktular sieht man ein hellgrünes Kreuz, in das das Fernrohrfadenkreuz zentriert werden muß.

Der Vorteil des eingebauten Autokollimationsokulars besteht darin, daß das reflektierte grüne Kreuz viel heller erscheint als das mit dem GOA sichtbare Autokollimationsbild (3.1). Vor allem dort, wo es sich um größere Zielweiten handelt, ist es viel bequemer, das Fernrohrfadenkreuz innerhalb des hellen Kreuzes zu zentrieren, als die Koinzidenz des Fadenkreuzes mit seinem reflektierten Bild zu erreichen. Für den Einsatz in der Industrie, wo Autokollimationsmessungen zum Alltäglichen gehören, ist ein Theodolit mit eingebautem Autokollimationsokular zu empfehlen.

3.3 Autokollimation bei Steilvisuren (Bild 9, 10, 11)

Für gewisse Aufgaben ist es notwendig, Autokollimationsmessungen mit steilen Zielungen auszuführen.

Abwärts geneigte Visuren sind lediglich durch das Theodolitgehäuse beschränkt, beim T2 und T3 jedoch bis -60° ohne weiteres möglich. Mit dem T2+GOA (3.1) oder T2+GUFA (3.2) können Autokollimationsmessungen in Lage 2 bis etwa 45° nach oben bequem ausgeführt werden. In Lage 1 stößt jedoch die Beleuchtung des Autokollimationsokulars bereits bei einem Höhenwinkel von etwa 20° am Theodolitgehäuse an und beschränkt somit den Neigungsbereich.

Werden beim T2+GUFA (3.2) noch Zenitokulare montiert, so können Autokollimationsmessungen in Lage 2 bis etwa 80° nach oben durchgeführt werden.

Für Autokollimationsmessungen bis zum Zenit wurde das Autokollimations-Zenitokular GOAZ (Bild 11) entwickelt, passend für den Standard-T2 sowie die Theodolite T1 und T16.

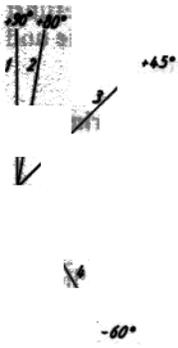


Bild 9
1 Standard-T2 mit Autokollimations-Zenitokular GOAZ
2 T2+GUFA mit Zenitokularen, Lage 2
3 T2+GOA und T2+GUFA, Lage 2
4 T2+GOA und T2+GUFA

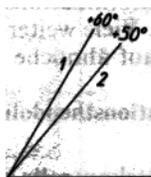


Bild 10
1 T3A und T3+GOA mit Okularprismen, Lage 2
2 T3A und T3+GOA, Lage 2
3 T3A und T3+GOA

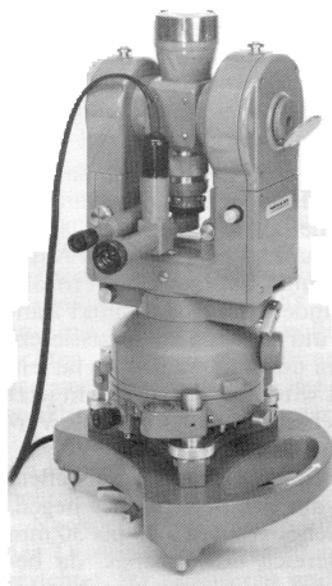


Bild 11
Standard-T2 mit Autokollimations-Zenitokular GOAZ für Autokollimationsmessungen bis zum Zenit. Dazu muß noch ein Zenitokular für das Ablesemikroskop aufgesetzt werden, um die Kreise ablesen zu können

Der T3A (3.2) oder T3+GOA (3.1) kann in Lage 2 für die Autokollimation bis zu einem Höhenwinkel von etwa 50° eingesetzt werden. In Lage 1 beschränkt die Einstecklampe die Zielung nach oben auf etwa 40° . In Lage 2 kann man mit dem Fernrohr mit Okularprismen bis höchstens 60° nach oben zielen.

4. Autokollimationsspiegel und Autokollimationsprismen

4.1 Autokollimationsspiegel Wild GAS1

Spiegel, die für die Autokollimation in Frage kommen, müssen optisch plan und oberflächenverspiegelt sein. Sie werden meist aus Glas hergestellt, doch können auch hochglanzpolierte Metallflächen benutzt werden, sofern sie absolut plan sind.

Normale Spiegel sind auf der Rückseite versilbert sowie optisch nicht plan. Sie dürfen daher für die Autokollimation nicht verwendet werden (Bilder 12 und 13).

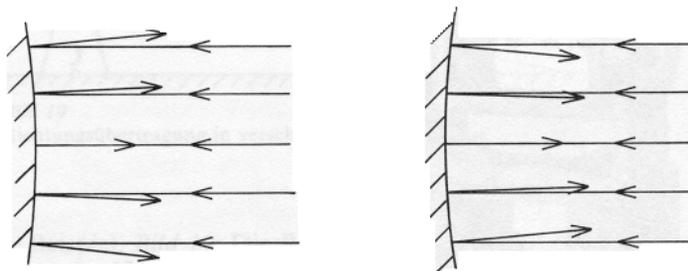


Bild 12
Ist der Spiegel nicht plan, werden die Lichtstrahlen nicht parallel zurückgeworfen. Das Autokollimationsbild wird dadurch unscharf

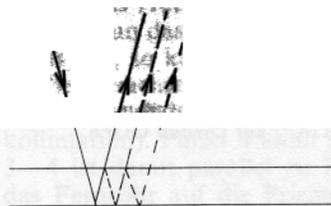


Bild 13
Ein auf der Rückseite versilberter Spiegel verursacht unerwünschte Reflexe, weshalb das Autokollimationsbild unscharf wird

Der Autokollimationsspiegel Wild GAS1 (Bild 14) erfüllt alle Anforderungen. Er ist ein runder, oberflächenverspiegelter Planspiegel mit einem Durchmesser von 50 mm, sicher befestigt in einem stabilen Gehäuse aus Titan. M4-Gewindelöcher an der Gehäuserückseite erlauben die Befestigung und Justierung des Spiegels an beliebigen Halterungen.

Eine große Vielfalt von Autokollimationsspiegeln in verschiedenen Größen ist im Handel erhältlich.

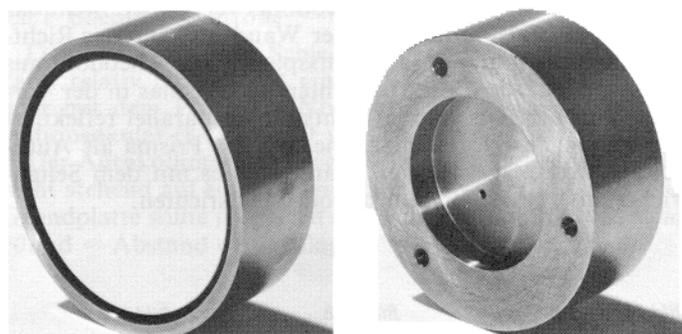


Bild 14
Autokollimationsspiegel Wild GAS1

Wenn rechte Winkel hergestellt oder kleine Winkeländerungen gemessen werden müssen, wird der Autokollimationsspiegel am Meßobjekt befestigt. Kleinere Spiegel von 10 mm bis 20 mm Durchmesser werden normalerweise auf ihre Unterlage gekittet.

Ein fest angebrachter Spiegel wird vor allem dann als Bezugsrichtung für Alignements oder Horizontalwinkelmessungen verwendet, wenn die Zielweiten begrenzt sind.

4.2 Autokollimationsprisma GAP1 (Bild 15)

Wenn der Autokollimationstheodolit versetzt werden muß und seine Höhe sich dadurch ändert, ist es oft unmöglich, einen Spiegel für die Bezugsrichtung zu verwenden. In solchen Fällen wird das Problem mit einem Autokollimationsprisma gelöst.

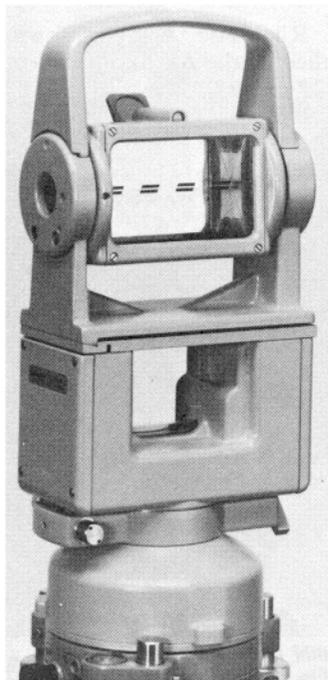


Bild 15
Autokollimationsprisma Wild
GAP1 auf Dreifuß GDF6

Das Autokollimationsprisma Wild GAP1 besteht aus einem 90° -Dachkantprisma, welches auf einer theodolitähnlichen Stütze kippbar gelagert ist. Die Dachkante des Prismas liegt parallel zur Kippachse. Die Alidade hat eine Stehachse, eine Seitenklemme und einen Seitentrieb. Der Unterteil paßt in alle Wild-Dreifuße. Das Gerät besitzt eine Alidadenlibelle ($10''/2\text{ mm}$) zur genauen Horizontierung der Prismenkante. In der Horizontalebene wirkt das 90° -Prisma wie ein Spiegel (Bild 16b). In der Vertikalebene funktioniert das Prisma als Rückstrahler; ein einfallender Lichtstrahl wird um 180° umgekehrt und parallel zu sich selbst reflektiert (Bild 16c).

Ein oben am GAP1 angebrachtes Richtglas wird zum ersten groben Anzielen des Theodolits verwendet. Steht das Prisma am Boden oder vor einer Wand, so kann das Richtglas über einen klappbaren Hilfsspiegel vom Theodolit aus beobachtet werden. Ein Ausrichten des Prismas in der Vertikalen ist unnötig, da die Lichtstrahlen parallel reflektiert werden. In der Horizontalebene, wo das Prisma als Autokollimationsspiegel fungiert, kann man es mit dem Seitentrieb zum Autokollimationstheodolit ausrichten.

Bild 16a

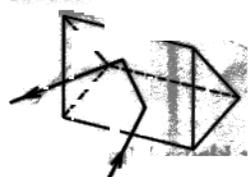


Bild 16b

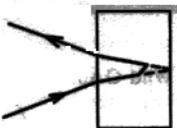


Bild 16c

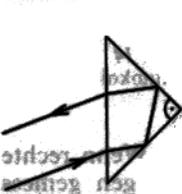


Bild 16

- 90° -Dachkantprisma, Prismakante horizontal
- In der Horizontalebene wirkt das Prisma als Spiegel. Die Lichtstrahlen werden wie bei einem Spiegel reflektiert
- In der Lotebene funktioniert das Prisma als Rückstrahler (Retroreflektor). Ein ankommender Strahl wird um 180° umgelenkt und zu sich selbst parallel zurückgeworfen

Auf der verspiegelten Rückseite des Prismas befindet sich eine Millimeterskala. Sie dient zur Messung einer exzentrischen Aufstellung von Prisma oder Autokollimationstheodolit zur Bezugsachse. Der Nullpunkt der Skalenteilung bezieht sich auf die Stehachse des Autokollimationsprismas.

Das GAP1 bietet eine ideale Bezugsrichtung für Horizontalwinkelmessungen, da die Autokollimation immer möglich ist, ungeachtet der Neigung des Fernrohrs. Sowohl zur Bestimmung von optischen Meßlinien als auch zur Richtungsübertragung in verschiedene Meßhorizonte bietet das Autokollimationsprisma eine Vielzahl eleganter Lösungen (siehe 5.2).

5. Typische Anwendungsbeispiele für Wild-Autokollimationsausrüstungen

Die folgenden Beispiele zeigen einige der Aufgaben, die mit Wild-Autokollimationsgeräten vorteilhaft ausgeführt werden können. Viele weitere Meßprobleme in Industrie und Labor können auf ähnliche Weise gelöst werden.

5.1 Autokollimationstheodolit mit Autokollimationsprisma GAP1

5.1.1 Parallelitätskontrolle von Walzen (Bild 17)

In Walzwerken und bei gewissen Maschinen der Papier-, Kunststoff- und Textilindustrie müssen die Walzen genau parallel zueinander und auf einer bestimmten Höhe liegen.

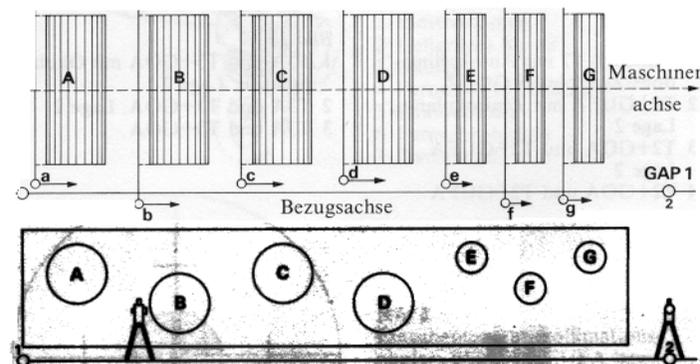


Bild 17
Parallelitätskontrolle von Walzen

Beispiel, Bild 17: Die Walzen A, B, C... G sollen parallel zueinander ausgerichtet werden. Eine Bezugsachse mit den Endpunkten 1 und 2 wird parallel zur Maschinenachse erstellt. Der Theodolit wird über Punkt 1 zentriert, das Autokollimationsprisma GAP1 über Punkt 2 aufgestellt. Fernrohr auf die Bezugsachse ausrichten, indem der Bodenpunkt 2 angezielt wird. Dann Fernrohr auf unendlich fokussieren, Autokollimationsprisma anzielen und Prisma drehen lassen, bis die Autokollimation erreicht wird. Das Prisma steht jetzt genau rechtwinklig zur Bezugsachse und hält somit alle Vertikalebenen parallel zur Bezugsachse fest.

Kontrolle der Walze A: Theodolit in Punkt a aufstellen. Dieser Punkt muß nicht genau auf der Bezugsachse liegen. Es genügt, innerhalb eines Bereiches von etwa 20 bis 30 mm davon aufzustellen, d.h. im Bereich des Prismas, da bekanntlich die Autokollimation auf Parallelstrahlen beruht. Zum Prisma zielen, bis Autokollimation erreicht ist. Eine allfällige Versetzung kann an der mm-Skala des Prismas abgelesen werden. Dann den Theodolit um 90° zur Walze drehen. Einen Maßstab waagrecht an beide Enden der Walze anhalten, Stichmaße ablesen und Walze evtl. justieren. Für Messungen zum Maßstab mit einer Genauigkeit bis zu 0,05 mm (0,002 Zoll) kann ein Planplattenmikrometer auf das Theodolitfernrohr aufgesetzt werden (siehe 9.1). Die weiteren Walzen werden auf gleiche Weise geprüft.

Diese Methode hat den Vorteil, daß Zentrierfehler auf die Messung keinen Einfluß haben und der Theodolit in der Höhe der jeweils zu prüfenden Walze aufgestellt werden kann. Die Höhe und die Horizontalität der Walzen wird normalerweise mit einem Präzisions-Nivellier geprüft, wie z. B. dem Wild N3 oder dem NA2 mit Planplattenmikrometer GPM3 (siehe 8.).

5.1.2 Festlegen von Meßlinien um ein Objekt (Bild 18)

Eine Erweiterung des obigen Beispiels besteht darin, Meßlinien um eine Konstruktion optisch festzulegen, um damit die Montage und Ausrichtung von Bauelementen zu kontrollieren.

Beispiel, Bild 18: Sensoren sollen genau rechtwinklig zueinander auf den vier Seiten eines Satelliten montiert werden. Der Satellit wird mittels Hebern horizontalisiert.

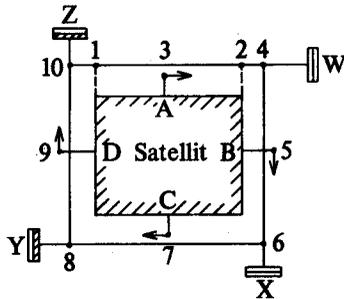


Bild 18
Festlegen von Meßlinien um ein Objekt

Parallel zur Seite A des Satelliten wird eine Bezugslinie erstellt. Autokollimationstheodolit im Punkt 1 zentrieren und horizontalisieren. Bodenpunkt 2 anzielen und scharfstellen. Damit ist das Fernrohr genau auf die Bezugslinie 1—2 ausgerichtet. Seitenklemme des Theodolits nicht lösen. Autokollimationsprisma in Verlängerung der Bezugslinie 1—2 aufstellen; Zentrierung des Prismas nur auf 2 bis 3 cm nötig. Fernrohr unendlich fokussieren, Prisma anzielen und drehen, bis Autokollimation erreicht ist.

Der Theodolit kann nun an jeder beliebigen Stelle zwischen 1 und 2 ohne genaue Zentrierung auf der zum Ausrichten der Sensoren gewünschten Höhe aufgestellt werden. Zum Beispiel auf dem Theodolitstandpunkt 3: Theodolit zum Prisma ausrichten (Autokollimation), 90° abdrehen und unter Berücksichtigung des Höhenindexfehlers die Ziellinie genau horizontalisieren. Mit einem am Sensor befestigten Autokollimationsspiegel wird der Sensor nun so justiert, bis Autokollimation erreicht ist. Der Spiegel bzw. Sensor ist damit in einer Vertikalebene parallel zur Bezugslinie 1—2 ausgerichtet.

Theodolit nun auf Punkt 4 stellen, zum Prisma ausrichten (Autokollimation) und 90° abdrehen. Prisma in X aufstellen und mit Hilfe der Autokollimation auf den Theodolit ausrichten. Die Sensoren können nun auf Seite B justiert werden und stehen damit in der Vertikalebene und genau rechtwinklig zu den Sensoren der Seite A.

In gleicher Weise können durch Umsetzen des Prismas auf die Punkte Y und Z die Sensoren der Seiten C und D ausgerichtet werden.

Nachdem die Sensoren auf der Seite D justiert sind, wird der Theodolit in Punkt 10 aufgestellt, zum Prisma in Z ausgerichtet, 90° abgedreht und das Prisma nochmals in Punkt W aufgestellt und ausgerichtet. Theodolit wieder in Punkt 3 aufstellen, zum Prisma in W ausrichten, 90° abdrehen, Fernrohr-Ziellinie horizontalisieren und ersten Sensor oder noch besser einen auf der Seite A befestigten Referenzspiegel nochmals kontrollieren.

5.1.3 Richtungsübertragung in verschiedene Meßhorizonte

Im Bauwesen, bei der Maschinenmontage sowie beim Ausrichten von Schienen kommt es häufig vor, eine Richtung von

einer Ebene in eine andere zu übertragen. Eine einfache und exakte Lösung dieses Problems bietet der Autokollimationstheodolit und das Autokollimationsprisma GAP1.

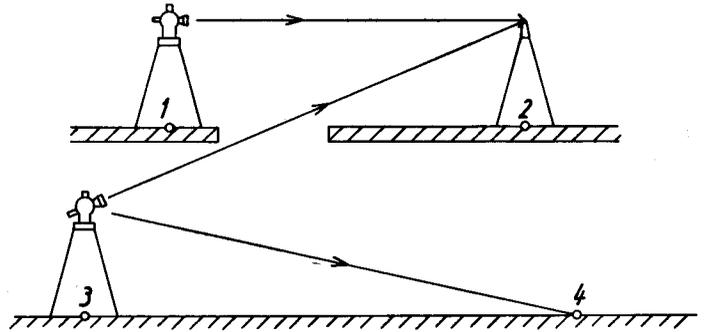


Bild 19
Richtungsübertragung in verschiedene Meßhorizonte

Beispiel, Bild 19: Die Richtung 1—2 soll auf einen tieferliegenden Horizont übertragen werden: Theodolit über Punkt 1 zentrieren und Autokollimationsprisma in Punkt 2 aufstellen. Mit Theodolit den Bodenpunkt 2 anzielen, um das Fernrohr auszurichten. Auf unendlich fokussieren und Autokollimationsprisma anzielen. Mit dem Seitentrieb das Prisma drehen, bis Autokollimation erreicht ist.

Wird nun das Fernrohr auf die Millimeterskala am Prisma fokussiert, so kann die exzentrische Aufstellung des Prismas zur Bezugsachse 1—2 abgelesen werden. Theodolit auf Punkt 3 umsetzen, Prisma anzielen und Fernrohr ausrichten (Autokollimation). Punkt 4 kann jetzt markiert werden. Richtung 3—4 ist damit parallel zur Richtung 1—2 festgelegt. Wird das Fernrohr auf die Prismenskala fokussiert, so kann die Versetzung der Linie 3—4 zum Skalen-Nullpunkt abgelesen werden. Damit ist die Exzentrizität der Linie 3—4 zur Linie 1—2 bekannt.

Die Prismenteilung kann bis etwa 30 m auf Millimeter abgelesen werden. Bei kürzeren Zielweiten ist es möglich, die Werte auf etwa 0,2 mm zu schätzen. Ueber 30 m kann der Millimeter innerhalb des cm-Intervalls noch geschätzt werden. Zur Messung exzentrischer Aufstellungen genauer als 0,2 mm kann ein Planplattenmikrometer vor das Fernrohrobjektiv aufgesteckt werden (siehe 9.1).

5.2 Autokollimationstheodolit mit Autokollimationsspiegel GAS1

5.2.1 Ebenheitskontrolle

Die Ebenheit einer Schiene oder eines Maschinenbetts kann relativ einfach mit einem Autokollimationstheodolit oder mit dem Präzisions-Nivellier Wild N3 mit Autokollimationsokular (8.1) geprüft werden.

Der Autokollimationsspiegel Wild GAS1 wird dazu senkrecht stehend auf einer Grundplatte befestigt (Bild 20a). Die Grundplatte sollte möglichst drei Auflagepunkte haben (Bild 20b, d = Abstand der Auflager).

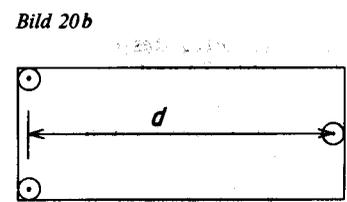
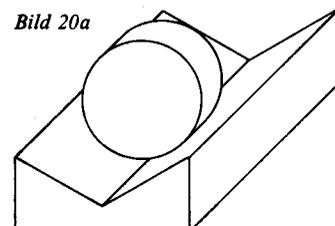


Bild 20
a) Ein Autokollimationsspiegel mit zylindrischer Fassung (z. B. Wild GAS1) wird auf eine Grundplatte mit V-förmiger Kerbe montiert
b) Unterseite der Grundplatte, mit drei Auflagepunkten. d = Abstand der Auflager

Die Grundplatte wird am Ausgangspunkt der Messung auf die Schiene gelegt, mit den Auflagepunkten in 0 und 1 (Bild 21). Autokollimationstheodolit in Lage 2 auf den Spiegel ausrichten (Autokollimation) und Vertikalkreis (V_1) ablesen (beim N3 Trommelteilung der Kippschraube).

Diese Einstellung dient als Bezugsrichtung für die Ebenheitskontrolle. V_1 ist damit die Bezugsrichtung für alle weiteren V-Winkelmessungen.

Die Grundplatte wird nun um die Basislänge d verschoben, so daß die Auflagepunkte in 1 und 2 liegen. Autokollimation herstellen und Vertikalkreis (V_2) ablesen.

Die Grundplatte wird wieder um die Basislänge d verschoben (Punkte 2 und 3) und V_3 gemessen. In gleicher Weise bis zum Ende der Schiene fortfahren.

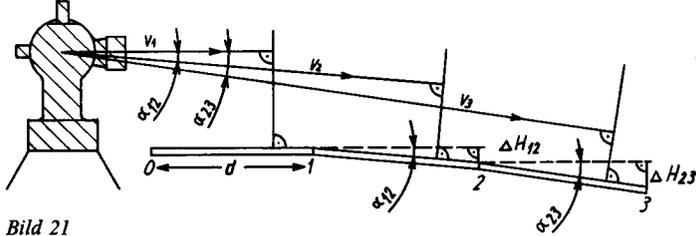


Bild 21
Ebenheitskontrolle, Planflächenprüfung

Die Punkte 0 und 1 werden als Bezugsrichtung angenommen. Also liegt Punkt 0 und 1 auf gleicher Höhe = Ausgangshöhe 0.

Der am Vertikalkreis abgelesene Wert V_1 gilt als Ausgangsrichtung. Da der Theodolit in Lage 2 eingesetzt wurde, werden alle V-Kreisablesungen von V_1 subtrahiert.

$$\alpha_{12} = V_1 - V_2 \quad \Delta H_{12} = d \cdot \sin \alpha_{12}$$

$$\alpha_{23} = V_2 - V_3 \quad \Delta H_{23} = d \cdot \sin \alpha_{23} \quad \text{usw.}$$

Die Höhe von Punkt 2 = Höhe von 1 + ΔH_{12}
Die Höhe von Punkt 3 = Höhe von 2 + ΔH_{23} usw.

Diese Höhen werden nun grafisch dargestellt. In Bild 22 stellt die ausgezogene Linie die Höhen der Punkte 0 bis 8 zur angenommenen Bezugsebene 0—1 dar. Wird die Ebenheit in bezug auf die Punkte 0 und 8 erwünscht, gelten die Höhenwerte der entsprechend gedrehten, strichliert gezeichneten Linie.

Die Messungen sind außerordentlich genau. Bei einer Basislänge d von 200 mm ergibt ein α von $1''$ einen Höhenunterschied von nur 0,001 mm (= 1 μm).

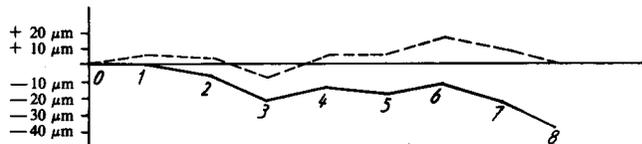


Bild 22
Grafische Darstellung der Meßwerte (Ebenheitskontrolle)

5.2.2 Messung des Taumelfehlers einer Achse oder Welle (Bild 23 und 24)

Theoretisch sollte eine Welle genau rund laufen und die Drehachse ihre Lage nicht verändern. In der Praxis wird sie sich jedoch immer leicht bewegen, was durch kleine und kleinste Fehler bei der Herstellung der Welle sowie der Lager als auch durch Einwirkungen des Schmierfettes und durch Abnutzung des Materials verursacht wird.

Dieses sogenannte Taumeln kann mittels Autokollimation gemessen werden.

Ein Spiegel wird am Ende der Welle montiert (Bild 23). Es empfiehlt sich, den Spiegel möglichst genau rechtwinklig

zur Wellenachse zu justieren. Um dies zu erreichen, wird der Spiegel mit dem Autokollimationstheodolit angezielt, bis man Autokollimation erreicht hat. Welle um 180° drehen. Den Spiegel so justieren, daß die Hälfte der Abweichung zwischen Fernrohr- und Autokollimationskreuz weggestellt ist. Wiederholen, bis die Abweichung der beiden Fadenkreuze bei einer 180° -Drehung auf ein Minimum reduziert ist. Der Spiegel steht nun annähernd rechtwinklig zur Welle.

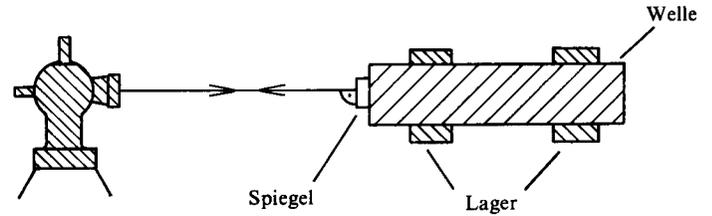


Bild 23
Messung des Taumelfehlers einer Welle

Der Taumelfehler der Welle kann nun wie folgt bestimmt werden: Theodolitfernrohr auf den Spiegel ausrichten (Autokollimation), dann ablesen. Welle um beliebigen, konstanten Winkelwert α drehen. Fernrohr ausrichten (Autokollimation), Kreise wieder ablesen. Jeweils Welle um α weiterdrehen, bis eine volle Umdrehung (360°) erreicht ist.

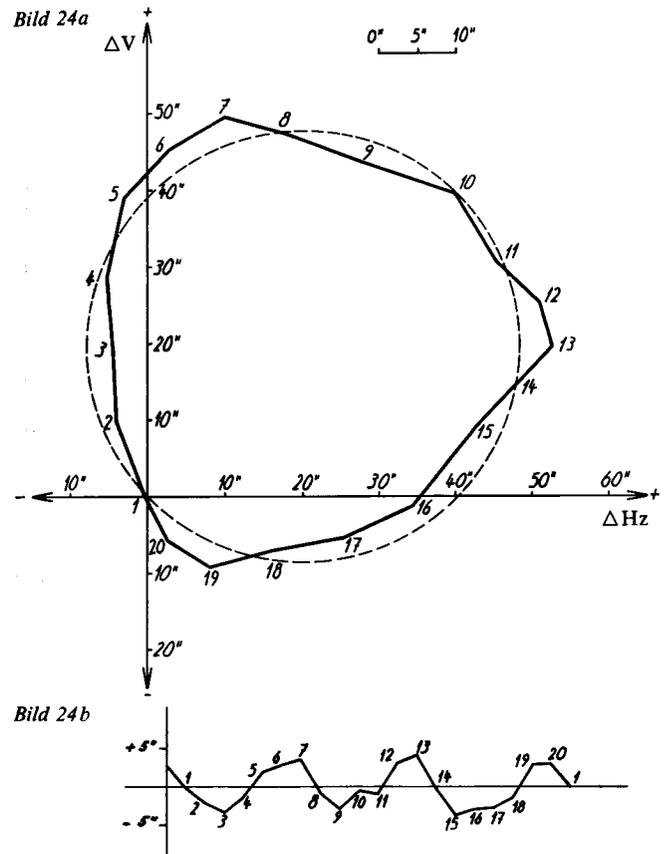


Bild 24
a) Messungen des Taumelfehlers einer Welle. Meßwerte in 20 Positionen bei einem Drehwinkel $\alpha = 18^\circ$
b) Grafische Darstellung der Abweichungen vom Mittelwert: max. Taumelfehler der Welle etwa $\pm 4''$

Die erste Zielung mit den Kreisablesungen H_{z1} und V_1 wird als Bezugswert angenommen. H_{z1} und V_1 werden jeweils von den anderen Meßwerten subtrahiert, um die Differenzen der Horizontal- und Vertikalkreisablesungen zu erhalten. Diese Differenzen ΔH_z und ΔV werden dann grafisch dargestellt.

Ließe die Welle genau rund, wäre die Grafik, Bild 24a, kreisrund und der Radius des Kreises entspräche der Neigung

des Spiegels. Bild 24b zeigt, daß ein Taumelfehler mit einem Höchstwert von etwa $\pm 4''$ festgestellt wurde.

5.2.3 Eichung der Winkelteilung eines Rundtisches

Eine elegante Lösung für die Eichung von Rundtischen bietet sich durch den Einsatz eines Autokollimationstheodolits. Der Theodolit wird auf dem Rundtisch mit seiner Stehachse parallel zur Rotationsachse des Tisches aufgestellt. Eine genaue Zentrierung des Theodolits ist dabei nicht erforderlich, da die Autokollimation mit parallelen Strahlen (2.3) arbeitet.

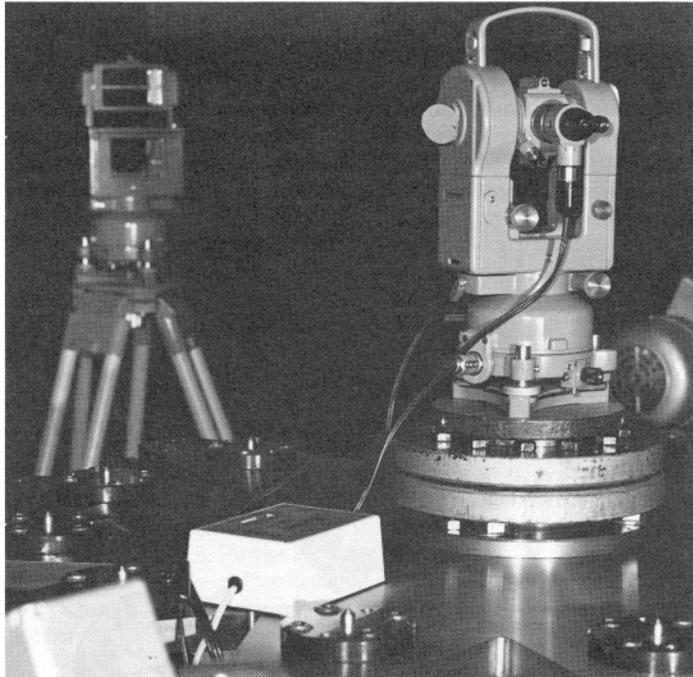


Bild 25
Eichung der Winkelteilung eines Rundtisches mit Hilfe des Wild T2 mit eingebautem Autokollimationsokular GUFA und des Autokollimationsprisma Wild GAP1

Um die Achsen des Theodolits und des nicht horizontalen Tisches parallel zu stellen, dürfte folgender Weg als einfachste Lösung gelten:

Man nimmt eine Platte mit planer Oberfläche und horizontaliert sie mit einer Libelle. Der Theodolit wird auf die Platte gestellt und ebenfalls horizontaliert. Die Dreifuß-Grundplatte steht damit rechtwinklig zur Stehachse des Theodolits. Der Theodolit wird dann auf den Rundtisch gestellt. Die Achsen von Theodolit und Tisch stehen jetzt parallel zueinander, abgesehen von einem restlichen Fehler in der Rechtwinkligkeit zwischen Tischachse und Oberfläche.

Ist der Tisch annähernd waagrecht, so bietet sich ein anderes Verfahren: Der Theodolit wird auf den Tisch gestellt und horizontaliert. Mit gelöster Seitenklemme wird die Alhidade so gehalten, daß das Fernrohr immer in die gleiche Richtung zielt, während der Tisch gedreht wird. Sind die Achsen von Tisch und Theodolit parallel, bleibt die Alhadenlibelle stets in der gleichen Lage, wenn nicht, wird die Abweichung mit den Fußschrauben des Dreifußes weggestellt.

Die Bezugsrichtung bei der Winkelmessung wird entweder mit dem Autokollimationsspiegel Wild GAS1 oder dem Autokollimationsprisma Wild GAP1 festgelegt. Um den Einfluß einer restlichen Abweichung der beiden Achsen auf ein Minimum zu beschränken, empfiehlt es sich, den Spiegel oder das Prisma so aufzustellen, daß die Ziellinie annähernd einen rechten Winkel zu den Achsen bildet, d. h. bei einem waagrechten Tisch sollte die Ziellinie ungefähr horizontal sein.

Die Winkelteilung des Tisches wird nun folgendermaßen geeicht: Spiegel oder Prisma anzielen, Autokollimation her-

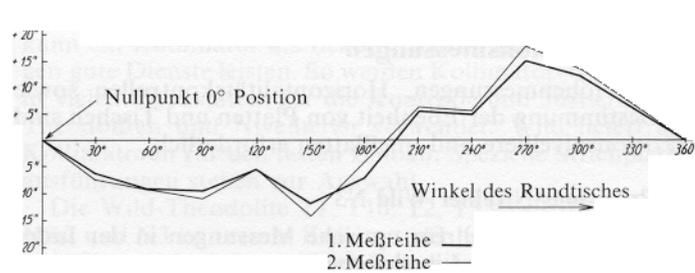


Bild 26
Eichung eines Rundtisches. Die Grafik stellt die Winkelfehler des Tisches dar, d. h. Tischwinkel minus Theodolitwinkel

stellen und am Horizontalkreis H_{z1} ablesen. Tisch an seiner Teilung um einen Winkel α drehen. Theodolit wieder auf Spiegel oder Prisma richten (Autokollimation), Horizontalkreis H_{z2} ablesen und von H_{z1} subtrahieren. Die Differenz zwischen den beiden Werten entspricht dem wahren Winkel α , um den der Tisch gedreht wurde. Dieses Vorgehen wird wiederholt, bis der Tisch um 360° gedreht worden ist.

Bild 26 stellt eine typische Eichung der Winkelteilung eines Rundtisches dar.

6. Zentrieren von Wild-Theodoliten

Während eine genaue Zentrierung bei Autokollimationsmessungen nicht notwendig ist (2.3), muß das Instrument für viele Aufgaben im industriellen Einsatz sehr genau zentriert werden.

6.1 Optisches Lot des Theodolits

Ist das optische Lot genau justiert, so kann der Theodolit bei normaler Stativhöhe auf ca. $\pm 0,5$ mm bis ± 1 mm genau zentriert werden.

6.2 First- und Bodenlot Wild ZBL

Muß die Zentrierung genauer als 1 mm sein, so empfiehlt es sich, ein optisches Lotgerät einzusetzen. Das ZBL paßt in jeden Wild-Dreifuß und erlaubt Zentrierungen mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 1:10\,000$, d. h. auf etwa $\pm 0,1$ mm bis 0,2 mm bei normaler Stativhöhe. Sobald der Dreifuß zentriert ist, nimmt man das ZBL heraus und setzt den Theodolit an seine Stelle.

6.3 Automatische Lotgeräte Wild ZL und NL

Für Präzisionslotungen über größere Zielweiten empfiehlt sich der Einsatz des Automatischen Zenitlots ZL bzw. Automatischen Nadirlots NL. Mit diesen Instrumenten kann eine Lotungsgenauigkeit von $\pm 1:200\,000$ erreicht werden. Diese Instrumente passen ebenfalls in jeden Wild-Dreifuß.

7. Wild-Theodolite mit festem Höhenindex

Die Normalausführung der Theodolite T1, T16 und T2 hat einen automatischen Höhenindex.

Manchmal braucht man aber für Sonderaufgaben einen Theodolit, bei dem sich der Horizontal- und Vertikalkreis auf die Ebenen des Meßobjektes beziehen soll. Die Stehachse ist dann unter Umständen nicht mehr lotrecht. Für solche Aufgaben kann der T1 und T16 mit einem festen Höhenindex geliefert werden. Der T2 läßt sich auf Wunsch mit einem Pendelkompensator ausstatten, der wahlweise blockiert oder entarretiert werden kann.

Der Theodolit T3 hat eine Höhenindexlibelle mit Feintrieb, der blockiert werden kann. Der Einsatz dieses Instrumentes mit schrägliegender Stehachse ist somit ohne Schwierigkeiten möglich.

8. Wild Nivelliere und Meßblatten für Präzisionsmessungen

Für Höhenmessungen, Horizontalitätskontrollen sowie zur Bestimmung der Ebenheit von Platten und Tischen sind Präzisionsnivelliere und -meßblatten erforderlich.

8.1 Präzisions-Nivellier Wild N3

Das N3 ist speziell für optische Messungen in der Industrie konzipiert. Als Libellenivellier reagiert es verhältnismäßig träge auf Vibrationen und ist unempfindlich gegenüber magnetischen Feldern, wie sie in der Industrie öfter vorkommen. Folgende technische Merkmale sind erwähnenswert:

- Das eingebaute Planplattenmikrometer erlaubt digitale Ablesungen bis 0,1 mm (0,001 Zoll bzw. 0,0001 Fuß) mit Schätzungen auf 0,01 mm (0,0005 Zoll oder 0,00005 Fuß).
- Das Fernrohr kann auf Ziele bis 30 cm vor dem Abschlußglas fokussiert werden.
- Das Fernrohr hat Fluchtfernrohreigenschaften: die Ziellinie bleibt außerordentlich genau über den gesamten Fokussierbereich zentriert.
- Die Kippschraube hat eine Trommelteilung für die genaue Messung kleiner Vertikalwinkel und Neigungsunterschiede.

Wird das Autokollimationsokular Wild GOA (3.1) eingesetzt, so kann das N3 als Autokollimationsgerät verwendet werden (siehe 5.2.1). Für nähere Einzelheiten des N3 wird auf den Wild-Sonderdruck von O. Katowski «Wild N3: ein neues Libellen-Präzisionsnivellier für Geodäsie und Industrievermessung» hingewiesen.

8.2 Automatisches Universal-Nivellier Wild NA2

Sind keine Bodenvibrationen oder magnetischen Einflüsse vorhanden, so kann das Automatische Universal-Nivellier mit Vorteil eingesetzt werden. Das aufsetzbare Planplattenmikrometer GPM3 zum NA2 erlaubt digitale Ablesungen bis 0,1 mm (bzw. 0,001 Zoll oder 0,0001 Fuß) und Schätzungen auf 0,01 mm (0,0005 Zoll oder 0,00005 Fuß).

8.3 Nivellierlatten für Industriemessungen

Wild stellt für Präzisionsnivellements in der Industrie spezielle Meßblatten mit Invarband als Maßstabträger her. Diese Industrielatten sind in zwei verschiedenen Längen, mit cm- oder 0,5-Zoll-Teilung, für den Einsatz mit dem N3 und NA2 lieferbar.

Eine Auswahl verschiedener Lattenschuhe steht für die Industrielatten zur Verfügung, um das Aufstellen auf Maschinenteilen und beliebig geformten Unterlagen zu erleichtern. Die Latten können aber auch im Wild-Dreifuß auf Wild-Stativen aufgestellt werden. Eine nur 10 cm lange Invar-Latte mit Zentrierflansch, die in den Wild-Dreifuß paßt, ist ebenfalls erhältlich.

9. Weitere Zusatzausstattungen für Wild-Theodolite und -Nivelliere

9.1 Planplattenmikrometer (Bild 27)

Das Planplattenmikrometer verschiebt optisch die Ziellinie parallel zu sich selbst. Die Verschiebung wird entweder an einem Glas-Maßstab oder an einer Trommelteilung abgelesen.

Planplattenmikrometer werden auf das Fernrohrobjektiv gesteckt (Bild 27) und dienen zur Messung von Verschiebungen, Versetzungen, Exzentrizitäten usw. in horizontaler, vertikaler oder beliebiger Richtung. Ein Beispiel für den Einsatz des Planplattenmikrometers wurde in 5.1.1 erwähnt.

Für die Wild-Theodolite gibt es Planplattenmikrometer mit drei verschiedenen Meßbereichen: 10 mm, 0,5 Zoll bzw. 0,02 Fuß. Das kleinste Intervall der Trommelteilung beträgt 0,2 mm, 0,01 Zoll bzw. 0,001 Fuß. Schätzungen sind bis zu 0,05 mm, 0,002 Zoll bzw. 0,0001 Fuß möglich.

Das Präzisions-Nivellier Wild N3 besitzt ein eingebautes (8.1), das Automatische Universal-Nivellier Wild NA2 ein aufsteckbares Planplattenmikrometer (8.2).

9.2 Nahbereichs-Vorsatzlinsen (Bild 27)

In der Industrie und im Labor sind oft Zielungen und Messungen unterhalb der kürzesten Zielweite des Fernrohrs notwendig. Der Fokussierbereich kann verringert werden, indem eine Vorsatzlinse vor das Objektiv gesetzt wird. Für die Wild-Theodolite T1, T16 und T2 gibt es vier Vorsatzlinsen mit verschiedenen Naheinstellbereichen. Damit werden Messungen bis zu 50 cm ab Stehachse möglich.

Beim Aufsetzen einer Vorsatzlinse kann sich die Ziellinie des Fernrohrs eventuell ändern. Beobachtungen sollten deshalb sowohl zum Nahziel als auch — ohne Vorsatzlinse — zum Fernziel bzw. mit Autokollimation stets nacheinander in der Lage 1 und 2 durchgeführt werden. Für das Nivellier NA2 gibt es eine Vorsatzlinse mit einer kürzesten Zielweite von 0,90 m (36 Zoll). Das N3 kann direkt bis 0,30 m ab Abschlußglas fokussiert werden und bedarf daher keiner Vorsatzlinse.

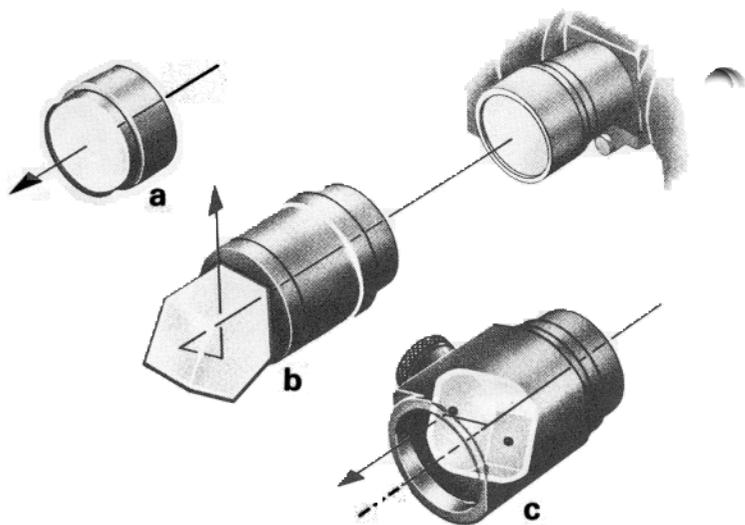


Bild 27
a Vorsatzlinse
b Objektivprisma
c Planplattenmikrometer

9.3 Objektivprisma (Bild 27)

90°-Prismen sind zu allen Wild-Theodoliten sowie zum NA2 lieferbar. Vor das Objektiv gesetzt, lenkt das Prisma die Ziellinie rechtwinklig ab. Wird es gedreht, so überstreicht die Ziellinie eine rechtwinklig zur Fernrohrachse liegende Ebene.

Das Objektivprisma wird daher zum Bestimmen und Kontrollieren von rechtwinklig zu Bezugslinien liegenden Ebenen eingesetzt. Es findet im Schiffs- und Flugzeugbau sowie zur Bestimmung geneigter Ebenen in Bauwerken Anwendung. Auf den Theodolit aufgesetzt ermöglicht es die Lotungen nach unten und oben sowie Richtungsübertragungen in verschiedenen Ebenen.

Das Objektivprisma bietet besonders mit dem Laserokular Wild GLO2 (9.4) interessante Anwendungsmöglichkeiten. Mit dem sichtbaren Laserpunkt können Punkte und Ebenen abgesteckt und markiert werden.

9.4 Laserokular Wild GLO2 (Bild 28)

Das Laserokular GLO2 ist eine Zusatzausstattung zu den Wild-Theodoliten T1, T16, T2, T3, den Nivellieren N3 und NA2 sowie zu den automatischen Lotgeräten ZL und NL. Das GLO2 wird einfach gegen das Fernrohrokular ausgetauscht und verwandelt das Instrument sofort in einen La-

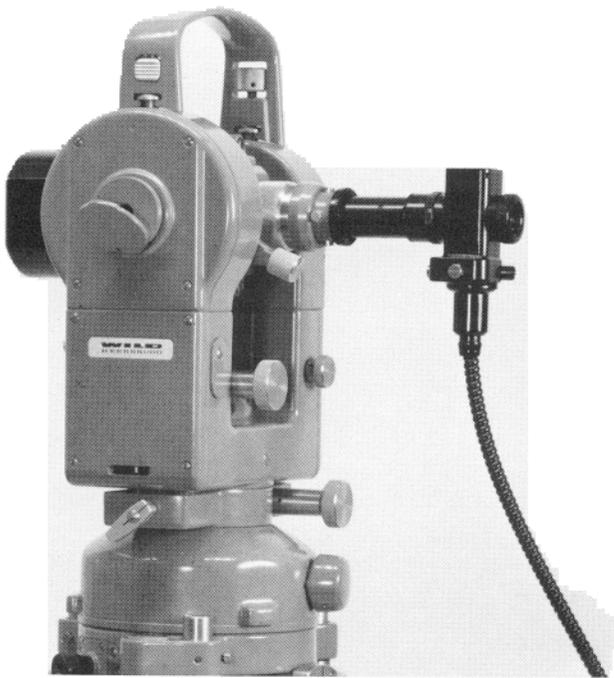


Bild 28
Wild T2 mit aufgesetztem Laserokular Wild GLO2

sertheodolit, ein Lasernivellier bzw. Laserlot für Alignments in der Industrie und auf dem Bau.

Der Laserstrahl, der das Fernrohr verläßt, ist mit der Ziellinie identisch und kann in jeder beliebigen Entfernung zu einem kleinen Punkt fokussiert werden. Der Laser eignet sich besonders zur Punktmarkierung, Achsenfestlegung sowie zum Herstellen einer Bezugsebene mit einem auf das Fernrohr aufgesetzten Objektivprisma (9.3).

Das Laserokular kann auch bei der Autokollimation wertvolle Dienste leisten. Ist der Autokollimationsspiegel sehr klein oder weit entfernt vom Autokollimationstheodolit, kann das Ausrichten des Spiegels auf den Theodolit zum Auffinden des Autokollimationsbildes viel Zeit beanspruchen. Wird jedoch das Laserokular verwendet, kann der vom Spiegel reflektierte Strahl gut erkannt werden. Damit läßt sich durch Verdrehen von Spiegel und Theodolit der Laserstrahl im Fernrohr schnell erkennen. Wird nun das Laserokular abgenommen und das Autokollimationssystem verwendet, erscheint das Autokollimationsbild sofort im Sehfeld.

9.5 Okularlampe und Kollimatoren

Ein Kollimator ist ein auf unendlich fokussiertes Fernrohr, dessen Fadenkreuz vom Okular her beleuchtet wird. Die von der Fadenkreuzebene ausgehenden Strahlen sind bei ihrem Austritt aus dem Objektiv parallel. Wird ein zweites, auf unendlich fokussiertes Fernrohr auf den Kollimator gerichtet, so wird das Fadenkreuz des Kollimators als perfektes, «im Unendlichen» liegendes Ziel sichtbar.

Ist die Fernrohrziellinie parallel zur Kollimatorachse, wird das Fadenkreuz des Fernrohrs mit dem des Kollimators zusammenfallen, selbst wenn sich die beiden Objektive nicht genau gegenüber stehen. Da es sich um Parallelstrahlen handelt, spielt die Entfernung der Objektive voneinander keine Rolle; das Fernrohr kann z. B. unmittelbar vor dem Kollimator aufgestellt werden (Bild 29).

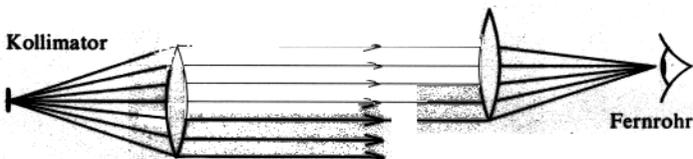


Bild 29
Anzielen des Kollimators mit dem Fernrohr

Wenn Zielweiten begrenzt sind, z. B. in engen Räumen, kann ein Kollimator als Bezugsrichtung für Winkelmessungen gute Dienste leisten. So werden Kollimatoren erfolgreich in vielen Werkstätten für die Kontrolle und Justierung von Theodoliten und Nivellieren verwendet. Wild liefert auch Kollimatoren für den festen Einbau. Spezielle Strichplattenausführungen stehen zur Auswahl.

Die Wild-Theodolite T1, T16, T2, T3 sowie die Nivelliere NA2 und N3 können in Kollimatoren umgewandelt werden, indem man sie auf unendlich fokussiert und die Wild-Okularlampe ansetzt.

Besonders interessant für Firmen, die viele Vermessungsinstrumente besitzen, ist das NA2 mit Okularlampe: Ist das Instrument genau justiert, kann es als Horizontal-Kollimator zur problemlosen Kontrolle und Justierung anderer Nivelliere und Theodolite verwendet werden (Bild 30).



Bild 30
Automatisches Universal-Nivellier Wild NA2 mit Okularlampe als Kollimator zur Prüfung und Justierung anderer Nivelliere und Theodolite

10. Literaturverzeichnis

- P. Kissam, «Optical Tooling for Precise Manufacture and Alignment»
- J. D. McGrae, «Optical Tooling in Industry»
- K. J. Hume, «Metrology with Autocollimators»
- O. Katowski, «Wild N3 — ein neues Libellen-Präzisionsnivellier für Geodäsie und Industrievermessung», Wild-Sonderdruck

11. Wild-Prospekte

	Wild-Prospekt
Mikrometertheodolit Wild T1	G1 261 d
Skalentheodolit Wild T16	G1 243 d
Universal-Theodolit Wild T2, Standardmodell und mit Autokollimationsokular GUFA	G1 265 d
Zusätzliche Ausstattungen zu Wild T1	G1 261 d
zu T16	G1 243 d
zu T2	G1 265 d
Präzisions-Theodolit Wild T3, Standardmodell	G1 219 d
Präzisions-Theodolit Wild T3A, mit eingebautem Autokollimationsokular	G1 219 d
Zusätzliche Ausstattungen für Wild T3	G1 219 d
Autokollimationsprisma Wild GAP1	G1 428 d
Präzisions-Nivellier Wild N3	G1 158 d
Automatisches Universal-Nivellier Wild NA2	G1 108 d
Wild-Meßplatten	G1 905 d
First- und Bodenlot Wild ZBL	G1 417 d
Automatisches Zenitlot Wild ZL	G1 417 d
Automatisches Nadirlot Wild NL	G1 417 d
Laserokular Wild GLO2	G1 406 d