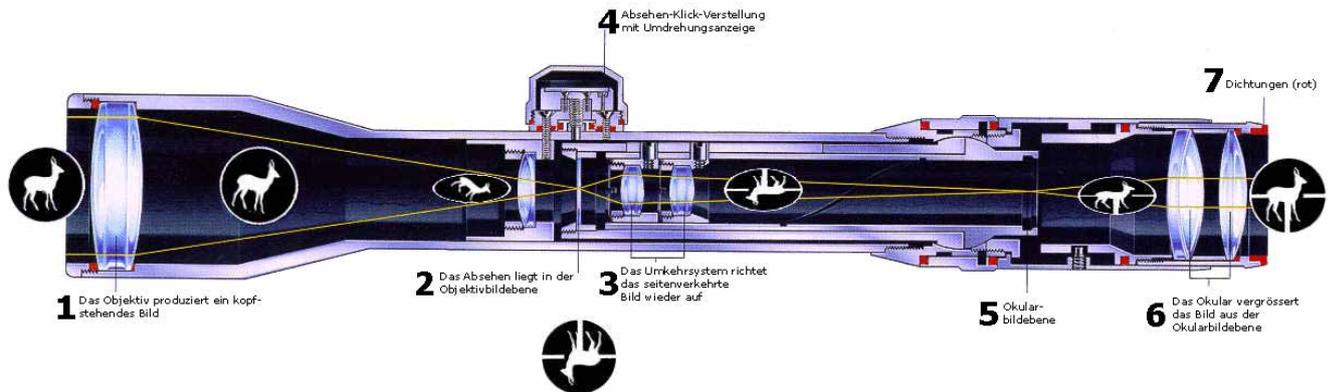


Teil3: Zielfernrohr



Optische Zieleinrichtungen

sind Visierhilfen die das Zielen vereinfachen, das Ziel vergrößern und das Sehen in der Dämmerung verbessern. Weiterhin wird Hilfe beim Entfernungsschätzen geboten. Mit der exakten Zieldistanz hat der Schütze alles, was er als Voraussetzung für einen sicheren Treffer benötigt. Alle diese Vorteile werden in einem speziellen, fernoptischen System, dem Zielfernrohr (ZF) vereint. ZFe sind mit einer äußerst präzisen Mechanik versehen. Das optische System ist sehr empfindlich. Es darf daher kein Staub oder Regentropfen in das Innere gelangen. Wenn das optische System nicht dicht ist, besteht die Gefahr des Beschlagens. Da man die Linsen - im Gegensatz zu Brillen - nicht von innen reinigen kann, sind sie ruiniert, wenn sie beschlagen. Durch die Gasfüllung mit sauberen und trockenen Stickstoff (Nitrogengas) wird ein "Innenklima" geschaffen, die das Beschlagen verhindert, vorausgesetzt das Glas ist dicht. Bei der Schussabgabe wirken unterschiedliche Kräfte auf das Zielfernrohr ein (Rückstoss und viele unterschiedliche Schwingungen). Diese führen zu einer starken Belastung. Zielfernrohre sind schussfest, wenn sie diese Kräfte aushalten, ohne dass sich am Gehäuse, der Mechanik oder am Absehen irgendwelche Veränderungen ergeben, die sich negativ auf das Schießergebnis auswirken können. Bei dem optischen System eines ZF wird in der Bildebene eine Zielmarke eingebracht, die mit dem Bild gleichscharf erscheint. Billiger und verbreiteter sind die auf kleine Glasscheibchen aufgetragenen Zielmarken, auch **Absehen** genannt. Teurer – dafür aber beleuchtbar – sind die vertieft ausgefertigten Marken, wie wir das von den **Strichplatten** kennen. Das ZF bildet sowohl den betrachteten Gegenstand als auch das Absehen ab. Genau in einer Ebene liegen beide nur bei gewissen Entfernungen. Jagdgläser meist bei 70- 90 m, Sportgläser bei 300 m. Blickt der Schütze nun bei einer anderen Entfernung nicht mittig

Warum vereinfacht nun ein ZF das Zielen?

Das menschliche Auge kann sich immer nur auf einen Punkt scharf einstellen. Während des Zielvorganges fokussiert das Auge immer schnell zwischen Kimme, Korn und Ziel hin und her. Man nennt diese Fähigkeit des Auges, sich auf Punkte in unterschiedlicher Entfernung rasch scharf einstellen zu können: **Akkommodation**. Ab einem Alter von etwa 35 Jahren kann sich das Auge nicht mehr so schnell hintereinander auf unterschiedliche Entfernungen einstellen. Die Akkomodationsgeschwindigkeit lässt nach. Dadurch wird das Zielen über Kimme und Korn problematisch. Da ZF das Ziel und das Absehen auf eine Ebene bringen, kann sich das Auge ohne Probleme darauf einstellen, der Schütze kann sich voll auf das Ziel konzentrieren.

Ein großer Vorteil des Zielfernrohres ist, dass man das Ziel damit vergrößert betrachten kann und damit das Einrichten des Absehens sehr genau ermöglicht wird. Damit korrespondiert aber der Nachteil, dass das Sehfeld beschränkt wird.

Technische Daten	Werte	Technische Daten	Werte
Vergößerung	4 - fach	Unbeleuchtetes Absehen	Absehen 1
Okular - Ø	36 mm	Verstellung um $\pm 90^\circ$ bzw. $\pm 180^\circ$	67 cm / 134 cm
Sehfeld auf 100m	11,25 m	Abstand zwischen den waag. Balken	70 cm auf 100 m
Objektiv- Ø	32 mm	Deckungsbreite Querbalken u. Zielstachel	20 cm auf 100 m
Austrittspupille	8 mm	Gewicht	345 g
Lichtstärke	64	Randschärfe-Abfall	unbedeutend
Dämmerungszahl	11,3	Parallaxenfrei auf	90 ... 100 m
Mittelrohr Ø	28 mm		

Für weitere Betrachtungen dient das ZF „Ziel 4/S“ (S = Sonderfertigung) - vom VEB Carl-Zeiss-Jena mit oben angegebenen Werten. Diese werden im Rahmen der weiteren Darlegungen modellhaft berechnet.

Wichtige Begriffe

→ Die Vergrößerung

wird bei der Modellbezeichnung immer **zuerst** angegeben, z.B. 4 x 32. Bei einer 4-fachen Vergrößerung sieht man das Objekt a mal näher, als es in Wirklichkeit ist. Bei variabler Vergrößerung kann die Vergrößerung eingestellt werden, z.B. 3-12 x 56. Hier kann die Optik von 3-facher bis 12-facher Vergrößerung wählen. Die Vergrößerung beeinflusst aber auch das Verwackeln des Zielbildes. Je stärker die Vergrößerung, umso unruhiger wird das Zielbild. Diese „Unruhe“ entsteht, weil sich jede Körperbewegung mit der Vergrößerung multipliziert. Die gleichen Gesetze gelten auch bei der Auswahl von Ferngläsern. Für das „stehend freihändig“ Schiessen oder das freihändige Beobachten, sind Zielfernrohre – als auch Ferngläser – mit einer Vergrößerung über 10 fach, ungeeignet.

Merke: Kleine Vergrößerung = großes Sehfeld, um ein Ziel schnell zu erfassen.
Große Vergrößerung = kleines Sehfeld, um Details zu erfassen.

Beispiel (1) Scheinbare Entfernung (bezogen auf 100 m) bei einer Vergrößerung von:

Vergrößerung	Berechnung	Erscheint herangerückt auf
4 fach	100 : 4	25,0 m
6 fach	100 : 6	16,6 m

Beispiel (2) Sehfelder – bezogen auf 100 m

Vergrößerung	Sehfeld	Berechnung der Sehfeldgröße S
Als Beispiel dient das ZF 4 x 32		$S = (100 * D) / (V * A)$ Beispiel
4 fach	11,2 m	V = Vergrößerung 4-fach A = Augenabstand 8 cm D = OkularØ 36 mm

→ Das Objektiv

Die vordersten Linsen des Zielfernrohres bezeichnet man als Objektiv. Sie sind dem „Objekt“ zugewandt und erzeugen das Bild. Hierbei wirken sie als Lichttrichter. Die Zahl nach dem Multiplikationssymbol x, zum Beispiel 4 x 32 oder 2,5-10 x 48 bezeichnet immer den Objektivdurchmesser in Millimeter (mm). Diese Zahl ist ein Maß für die Lichtmenge, die in das ZF treten kann. Für das Schießen am Tag ist ein Objektiv-Ø von 20 mm ausreichend. In der Dämmerung sollte das Objektiv von dem noch vorhandenen Licht soviel als möglich aufnehmen, das erreicht man nur mit einem großen Objektiv-Ø.

Merke: Je größer der Objektivdurchmesser, umso mehr Licht kann eindringen, umso heller wird das Bild.

→ Das Okular

Das Okular ist die dem Auge zugewandte Seite des ZF, vergrößert das Bild aus der Okularebene und besteht meistens aus mehreren Einzellinsen. Die optische Qualität (Farbkorrektur, Bildverzerrung, Bildschärfe) wird durch die Güte des Okulars mitbestimmt. Meistens befindet sich noch am Ende des Okulars ein Verstellring (+ / -) zum Dioptrien-Ausgleich.

→ Austrittspupille

Ist der Ø des Lichtbündels, das aus dem Okular austritt und die Pupille des Auges erreicht. Sie errechnet sich aus:

$$\text{Objektiv-Ø} / \text{Vergrößerung} \quad \text{z. B. } 32 / 4 = 8$$

Bei guten Optiken ist die Austrittspupille exakt rund.

→ Dämmerungszahl

ist ein errechneter Wert. Er ist stets gleich, wenn die Vergrößerung und der Objektiv-Ø gleich sind. Er wird berechnet nach:

$$\sqrt{\text{Vergrößerung} * \text{Objektiv-Ø}} \quad \text{z. B. } \sqrt{4 * 32} = 11,3$$

→ Die Vergütung

bewirkt zusätzlich, dass das Bild kontrastreicher und schärfer erscheint. Normale optische Linsen haben die Eigenschaft, einen Teil des einfallenden Lichtes zu reflektieren. Es entstehen ein Lichtverlust und eine Verminderung des Kontrastes durch Streulicht. Um diesen Effekt zu verhindern, müssen alle Glas- / Luftflächen vergütet sein. Zu diesem Zweck werden Metallfluoride von einer bestimmten Dicke auf die Glasflächen aufgedampft; dadurch werden die Lichtverluste um etwa 50% vermindert. Die auf optischen Systemen sichtbare bläuliche oder rötliche Färbung bezeichnet man als T- oder V-Belag (T = Transparent; V = Vergütung).

- **Lichtdurchlässigkeit** nennt man die Fähigkeit von optischen Systemen, möglichst viele Lichtstrahlen „durchzulassen“. Bei einem guten ZF oder Fernglas sollte die Lichtdurchlässigkeit 90 Prozent betragen. Ein unvergütetes Glas lässt nur ca. 40% des einfallenden Lichts durch. Die auf dem Markt verbreiteten vollvergüteten Gläser lassen ca. 60% Licht durch, Qualitätsoptiken ca. 80%. Nur Spitzenqualitäts-Produkte garantieren einen Lichtdurchlass von ca. 90%
- **geom. Lichtstärke** ist der rechnerische Helligkeitswert. Modelle mit hoher Lichtstärke sind besonders für die Dämmerung geeignet.

$$(\text{Objektiv-}\varnothing / \text{Vergrößerung})^2 \quad \text{z. B. } (32 / 4)^2 = 64$$
Um die Lichtstärke eines ZF oder Fernglases ausnutzen zu können, ist es jedoch Voraussetzung, dass sich die Pupille des Benutzers auf die Größe der Austrittspupille des ZF oder Fernglases vergrößert. Bei älteren Menschen (über 50 Jahre) öffnet sich die Pupille oft nicht mehr auf die maximale Größe und in diesem Fall kann die hohe Lichtstärke eines ZF oder Fernglases (z.B. 7 x 50) nicht ausgenutzt werden.
- **Randschärfe** Technisch bedingt liegt in der Bildmitte die größte Bildschärfe. Zum Rand hin nimmt bei jeder Optik die Bildschärfe ab. Diese Abnahme ist abhängig von der eingesetzten Material- und Fertigungstechnik. So ist bei preiswerten Optiken normalerweise ein höherer Randschärfe-Abfall als bei teuren Optiken zu verzeichnen.
- **Parallaxe** Parallaxe ist die scheinbare Verschiebung des Absehens in der Bildebene, wenn man beim Blick durch ein ZF das **Auge** hin- und herbewegt. Sieht man immer in der Mitte der Austrittspupille durch das ZF, vermeidet man Parallaxenfehler und damit Fehlschüsse. Parallaxefrei kann man ein ZF immer nur auf eine bestimmte Entfernung justieren. Ohne weitere Angaben sind die meisten ZF auf die Entfernung von 100 m Parallaxefrei eingestellt. Bei extremem Schiefeinblick würde bei Parallaxen-Freiheit auf 100 Meter die Treffpunkt-Verlagerung bei 300 Meter 4,6 Zentimeter betragen. Doch ein Parallaxen-Ausgleich hat noch einen entscheidenden Vorteil. Bei Einstellung der korrekten Entfernung erreicht man auch bei hoher Vergrößerung eine außergewöhnlich hohe Schärfe, wie sie ohne den Parallaxen-Ausgleich nicht möglich wäre. Das letzte Quäntchen an Schärfe kann man über den Parallaxen-Ausgleich bequem einjustieren.
- **Zentriertes Absehen** Wenn der Haltepunkt vom Treffpunkt abweicht, kann man kleine Korrekturen selbst vornehmen, indem man das Absehen verstellt. Bei fast allen ZF geschieht dies in den "Türmchen" am Mittelrohr mit der so genannten Klickverstellung. Wie viele mm ein "Klick" auf 100 m ausmacht, kann man der entsprechenden Bedienungsanleitung entnehmen. Bei einem ZF mit zentriertem Absehen bleibt das Absehen optisch in der Bildmitte, auch wenn man es tatsächlich nach Höhe und Seite verstellt hat.
- **Mittelrohr-Ø** Der Mittelrohrdurchmesser hat keine Auswirkung auf die Qualität eines ZF. Bei Gläsern mit fester Vergrößerung hat sich in Europa ein Mittelrohrdurchmesser von 26mm etabliert, während er in Amerika 1 Zoll (= 25,4 mm) beträgt. Variable ZF benötigen durch die konstruktiven Unterschiede etwas mehr Platz. Daher ist ihr Mittelrohrdurchmesser meist 30 mm stark. Es gibt jedoch auch Benchrest ZF mit noch höheren Durchmessern wie z.B. 34 mm, um einen größeren Verstellbereich in der Höhe zu erreichen.

In der Technik unterscheiden sich ZF durch die Vergrößerung:

Feste Vergrößerung: z. B. 4 x 32, 8 x 56 Vergrößerung kann nicht verändert werden

Vorteil: leichter und preisgünstiger

Nachteil: Vergrößerung und Sehfeld können nicht unterschiedlichen Situationen angepasst werden.

Variable Vergrößerung z. B. 1,5 -6 x 42; 2,5 -10 x 48; 3 -12 x 56; Vergrößerung kann verändert werden

hohe Vergrößerung für weite Entfernungen oder in der Dämmerung

kleine Vergrößerung für kurze Entfernungen oder für ein großes Sehfeld

Vorteil: Vergrößerung und Sehfeld können unterschiedlichen Situationen angepasst werden.

Nachteil: etwas höheres Gewicht, höherer Preis

ZF mit **variabler** Vergrößerung unterscheiden sich durch ihre **Bauart:**

Absehen in der Objektiv-Bildebene (Standard bei europäischen ZF)

Das Absehen verändert sich mit, wenn man eine andere Vergrößerung einstellt.

Vorteil: Das Absehen kann zum einfachen Schätzen der Entfernung verwendet werden, da die Relation zwischen Absehen und Ziel immer konstant bleibt. Kein Risiko der Treffpunktverlagerung durch das Wechseln der Vergrößerung.

Nachteil: Da sich das Absehen mit vergrößert, werden die Balken mit zunehmender Vergrößerung immer dicker.

Absehen in der Okular-Bildebene

wird auch als **2.Bildebene** bezeichnet. Das Absehen verändert sich nicht, wenn man eine andere Vergrößerung einstellt.

Vorteil: Mit zunehmender Vergrößerung wird das Deckungsmaß im Ziel kleiner, d.h. feine Fäden bleiben fein. Dies ist besonders für Scheibenschützen, die nur bei hellem Tageslicht schießen, empfehlenswert.

Nachteil: Das Absehen kann nicht mehr zum einfachen Schätzen der Entfernung verwendet werden.

Montage und Einschießen

Als Faustregel kann man sich merken: so niedrig wie möglich. Die Kombination von Waffe mit Zielfernrohr wird hauptsächlich durch eine präzise Montage bestimmt. Der Büchsenmacher passt diese individuell dem Schützen an. Der richtige Augenabstand sollte wegen des Rückstoßes beim Schuss je nach Hersteller etwa 80 mm betragen. Beim Einschießen justiert der Büchsenmacher das Zielfernrohr zur Waffe. Dabei werden der Mittelpunkt des Absehens und die Treffpunktlage der verwendeten Patrone aufeinander abgestimmt. Kleinere Korrekturen erfolgen durch die Absehenverstellung. Größere Korrekturen werden direkt an der Montage vorgenommen. Wird die Munition oder die Charge (gleiche Munition, jedoch aus einem anderen Produktionsprozess) gewechselt, kann es zu Änderungen der Treffpunktlage kommen.

Entfernungen schätzen mit dem Zielfernrohr

Feste Vergrößerung und variable Vergrößerung mit Absehen in der **1. Bildebene** (Objektivbildebene). Der Abstand der Querbalken bleibt immer gleich. z. B. beim Absehen 1 ist der Abstand 70 cm auf 100 m. Also füllt ein querstehender Rehbock diesen Abstand vollständig aus. Wenn der Bock auf 200 m steht, füllt er nur noch die Hälfte des Abstandes aus. Für die anderen Absehen gilt Entsprechendes.

Variable Vergrößerung mit Absehen in der **2. Bildebene** (Okularbildebene) Das Absehen vergrößert sich nicht mit. Die Abstände zwischen den Querbalken werden bei zunehmender Vergrößerung immer kleiner.

Wichtige Bezeichnungen für die Absehen - Verstellung

Was ist ein MOA (engl. Minute of Arc)?

Wir erinnern uns: Der Kreis wird in 360 [°] Grad oder 21600 ['] Minuten (ein [°] = 60 ['] Winkelminuten) eingeteilt.)

Wir rechnen

Gegeben ist ein Kreis mit 1000 m Radius = 2000 m $\varnothing \approx 6280$ m Umfang ($\varnothing * \pi$)

Ein Grad beträgt also: $6280 / 360 \approx 17,45$ m des Kreises (Bogenmaß)

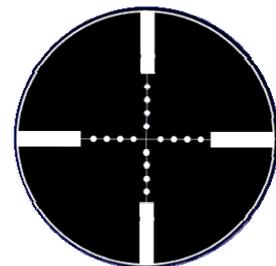
Eine Winkelminute: $6280 / 21600 \approx 0,29$ m des Kreises (Bogenmaß)

Umgerechnet auf einen Kreis mit 100 m \varnothing beträgt die Winkelminute ≈ 29 mm – Bogenmaß. Da mathematisch gesehen, der Fehler zwischen Bogen und Sehne bei einer Winkelminute vernachlässigbar klein ist, beträgt.

Ein MOA ≈ 29 mm (auf 100 m bezogen)

Bemerkungen zu Mil-dot-Absehen

Scharfschießen ist keine Wissenschaft, sondern eine Kunstfertigkeit, denn von dem Augenblick an, in welchem das Geschöß den Lauf verlässt, hat der Schützen keine Kontrolle mehr über die weiteren Geschehnisse. Demnach besteht die Kunst des Scharf- und Präzisionsschützen darin, vorherzusehen, was sich zwischen Laufmündung und Ziel möglicher Weise ereignen könnte. Er muss sich darauf einrichten, bevor er schießt.



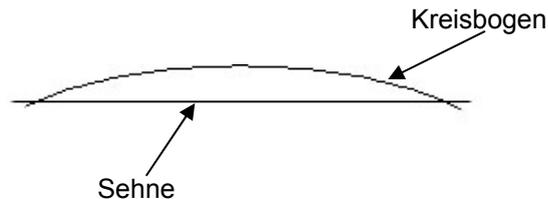
Eine der größten Hürden ist die exakte Bestimmung der Entfernung. Hiefür haben in der heutigen Zeit zwar Laser-Entfernungsmesser Einzug gehalten, diese ersetzen aber keinesfalls die optischen Geräte.

Der Name „Mil-dot“ entstand aus den Begriffen „Millirad“ und dem englischen Wort „dot“ für Punkt.

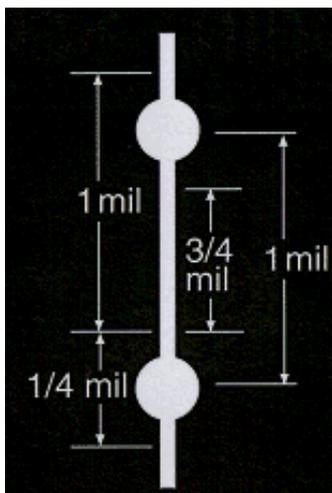
Winkel im Bogenmaß „rad“, setzen Umfang und Radius eines Kreises ins Verhältnis. Der Vollwinkel jedes Kreises beträgt also $\text{rad} = 2 \cdot \pi \cdot \text{Radius}$.

Ein millirad (mrad oder mil) ist 1/1000stel rad. Bei einem Kreis mit einem Radius von 1000mm ist der zugehörige Kreisbogen 1 mm lang. Bei diesem kleinen Winkel wird der Einfachheit halber die Sehne dem Bogen gleichgesetzt.

Zur Erinnerung:



Das Mildot-Absehen ist folgendermaßen aufgebaut.



Der nebenstehend vergrößerte Ausschnitt des Mil-dot-Absehens zeigt die Maße der Punkte und der Abstände. Die Mil-dots auf dem vertikalen Faden können für das „Höherhalten“ zum Zwecke der Geschosbahnkompensation, die auf dem horizontalen Faden als „Vorhaltmaß“ für bewegliche Ziele benutzt werden.

Für eine Umrechnung der MilWerte in Winkelminuten (MOA) wird der Faktor 3,438 verwendet.

Zum Beispiel: 5 Mils = $5 \times 3,438 = 17,19$ MOA.

Umrechnungstabellen sind dem Zielfernrohr beigelegt.

Die Punkte sind 1/4 mrad groß, decken also auf 100 m 2,5 cm ab.

Der Abstand zwischen den Fleckchen beträgt 3/4 mrad, also 7,5 cm.

Für feste Absehen in der Objektivebene gilt, die Punkte sind 1 mrad auseinander, also auf 100 m 0,1 m oder 10 cm.

Nach dem Strahlensatz kann man also die Entfernung bei größenmäßig bekannten Objekten schätzen.

Passt ein Mann mit sein Schultern, die etwa knapp 0,5m breit sind, von vorn gerade zwischen zwei Punkte mit 3/4 mrad ist er $50 / 7,5 = 6,66 \cdot 100\text{m}$ entfernt, also $\approx 666\text{m}$.

Füllt er nur 2/3 des Abstandes aus, ist er $1 / 2/3 = 1,5$ -mal so weit weg, nämlich $666 \cdot 1,5 \approx 1000\text{m}$.

Füllt er den halben Abstand aus, dann ist er $1 / 1/2 = 2$ -mal so weit weg, nämlich $666 \cdot 2 \approx 1.332 \text{ m}$.

Bemerkungen zu Strichplatten (Für Besitzer eines PSO 4x24 bzw. Modifikationen)

Strichplatten sind Glasplatten mit der Abbildung eines Maßstabes, die in der Bildebene eines optischen Systems angeordnet sind. Die Bezeichnung "Strich" bezieht sich dabei auf das militärische Winkelmaß Strich.

Man unterscheidet beleuchtbare und nicht-beleuchtbare Strichplatten, die sich grundsätzlich in ihrem konstruktiven Aufbau unterscheiden:

Während bei ersteren die Bilder als feine Metallschichten phototechnisch auf die Glasplatte aufgebracht sind, werden die Abbildungen bei den beleuchtbaren Strichplatten als Profil in die Oberfläche eingebracht. Dabei ist die Glasplatte mit einer reflektierenden Metallschicht umgeben, die an einer Stelle eine kleine Öffnung für den Lichteintritt aufweist. Die Strichplattenbeleuchtungen sind meist kleine Zubehörteile, die in der Regel in unmittelbarer Nähe der Strichplatte am Instrumentengehäuse befestigt werden können.

Strich als Winkelmaß

Da die Rechnerei mit Altgrad, Minuten und Sekunden oder Neugrad und Centigon für den militärischen Gebrauch oft zu genau und viel zu schwierig zu handhaben ist, bedient man sich dort eines "eigenen" Winkelmaßes: "Strich" oder "Mil-Strich". Einer Einheit soll etwa die Länge 1 m in 1000 m Entfernung entsprechen.

Während in den Ländern des Warschauer Pakts traditionell der artilleristische Vollkreis in 6000 Strich aufgeteilt war, verwendete man bei der NATO genauso traditionell den artilleristischen Vollkreis mit 6400 Strichen.

Was ist nun ein Strich?

Ein Kreis mit einem Radius von 1000 m hat einen Umfang von ≈ 6280 m. Mit dieser Zahl im rechtwinkligen Koordinatensystem und im Gefechtswirrwarr zu rechnen, wäre nicht zumutbar. Deshalb wurde die nächste runde Zahl, die durch 4 teilbar ist, gesucht. Das wären 6000 oder 6400.

Geht man nun vereinfacht davon aus, dass der Umfang des Kreises der Summe der Sehnen der 6000stel oder 6400stel entspricht (jedenfalls in für artilleristische Zwecke hinreichender Form), kann man mit dieser Konvention schon etwas anfangen: $6280 / 6000 = 1,047$; $6280 / 6400 = 0,982$ - heißt: 1 Strich und entspricht etwa einem Meter auf 1000m. Damit hat man einen gut rechenbaren Anhaltswert für allerlei geometrische Berechnungen.

Die Berechnungen, die für uns hier sehr interessant sind, sind die mit den so genannten Strichplatten, deren Vorhandensein in einem optischen Instrument regelmäßig auf dessen militärische Verwendung hindeutet. Man nutzt die Strichplatte zum Ermitteln von Entfernungen. Dazu bedient man sich der Tausender-Formel:

$$\text{(Bekannte Größe * 1000) / abgelesene Strichzahl.}$$

Beispiel: Ein LKW ist 2,5 m breit.

Er erscheint auf der Strichplatte so groß, dass man ihn genau mit zwei großen Teilstrichen einfängt.

Berechne nach obiger Formel: $2,5 * 1000 / 10 = 250$ m.

Der LKW ist 250 m entfernt.

Eine Person ist 0,5m breit

Sie erscheint auf der Strichplatte so groß, dass man sie genau mit zwei kleinen Teilstrichen einfängt

Berechne nach obiger Formel: $0,5 * 1000 / 2 = 250$ m.

Der Person ist 250 m entfernt.

