

DIN 58174**DIN**

ICS 37.020

Einsprüche bis 2011-12-08

Entwurf**Optik und Photonik –
Spezifikation von Freiformflächen;
Text in Deutsch und Englisch**

Optics and photonics –
Specification of freeform surfaces;
Text in German and English

Optique et photonique –
Spécification de surfaces quelconques;
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-07-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nafuo@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN (Hausanschrift: Alexander-Wellendorff-Str. 2, 75172 Pforzheim).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Mathematische Beschreibung	8
4.1 Koordinatensystem	8
4.2 Vorzeichenkonvention	10
4.3 Darstellungsformen	10
4.3.1 Allgemeines	10
4.3.2 Punktwolken	10
4.3.3 Polygonnetze	12
4.3.4 Analytisch definierte Oberflächen (Polynome)	12
4.3.5 Non-Uniform-Rational-Basis-Spline-Flächen (NURBS-Flächen)	14
5 Referenzierung	16
6 Zeichnungsangaben	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Angabe von Oberflächenformtoleranzen	22
6.2.1 Allgemeines	22
6.2.2 Oberflächenformtoleranz nach DIN ISO 10110-5 (Codezahl 3/)	24
6.3 Angabe von Zentriertoleranzen	32
6.4 Toleranzangaben für Oberflächenunvollkommenheiten, Oberflächengüte und Oberflächenbeschaffenheit	34
7 Datenaustausch	36
7.1 Allgemeines	36
7.2 TXT	36
7.3 STL	38
7.4 STEP	38
7.5 IGES	38
7.6 XML-Format	38
8 Datenreduktion	38
8.1 Allgemeines	38
8.2 Punktwolken	38
8.3 Polygonnetze	40
8.4 Polynomflächen	40
8.5 NURBS-Flächen	40
Literaturhinweise	42

Contents

	Page
Foreword	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	9
4 Mathematical description	9
4.1 Coordinate system	9
4.2 Sign convention	11
4.3 Forms of representation	11
4.3.1 General	11
4.3.2 Point clouds	11
4.3.3 Polygon meshes	13
4.3.4 Analytically defined surfaces (polynomials)	13
4.3.5 Non-uniform rational basis spline surfaces (NURBS surfaces)	15
5 Referencing	17
6 Drawing specifications	19
6.1 General	19
6.2 Specification of surface form tolerances	23
6.2.1 General	23
6.2.2 Surface form tolerance according to DIN ISO 10110-5 (code number 3/)	25
6.3 Specification of centring tolerances	33
6.4 Tolerance specifications for surface imperfections and surface texture	35
7 Data exchange	37
7.1 General	37
7.2 TXT	37
7.3 STL	39
7.4 STEP	39
7.5 IGES	39
7.6 XML format	39
8 Data reduction	39
8.1 General	39
8.2 Point clouds	39
8.3 Polygon meshes	41
8.4 Polynomial surfaces	41
8.5 NURBS surfaces	41
Bibliography	43

Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde vom Arbeitsausschuss NA 027-01-02 AA „Grundnormen der Optik“ im Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) erstellt.

Dieser Norm-Entwurf steht in engem Zusammenhang mit den Normen der Reihe DIN ISO 10110, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme* (siehe Abschnitt 2 und Literaturhinweise). Er zielt auf eine künftige Erweiterung von DIN ISO 10110 um die für die Spezifikation von Freiformflächen für die Optik erforderlichen Angaben in technischen Zeichnungen und trifft die einhergehend damit erforderlichen Festlegungen. Eine künftige Einbringung in die internationale Normung zur entsprechenden Änderung bzw. Erweiterung der internationalen Normenreihe ISO 10110 befindet sich in Vorbereitung. Die Veröffentlichung des nationalen Entwurfs erfolgt mit dem Ziel, den (künftigen) internationalen Normvorschlag der deutschen Fachöffentlichkeit vorab und in deutscher Sprache zur Kenntnis zu bringen, und auch um eventuelle im Rahmen der Einspruchsfrist an den Normenausschuss eingereichten Anregungen, Fragen und/oder Einwände im Vorfeld der Einbringung in die internationale Normungsarbeit aufgreifen zu können.

Foreword

This draft standard has been prepared by technical committee NA 027-01-02 AA “Fundamental standards for optics” of the Precision Mechanics and Optics Standards Committee (NAFuO).

This draft standard is closely related to the standards series DIN ISO 10110, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems* (see Clause 2 and Bibliography). It is targeted at a future expansion of DIN ISO 10110 to cover the stipulations required for the specification of optical freeform surfaces in technical drawings, and of the definitions that are needed in this context. Work is under way towards its submission to the international standardization system for amending and/or expanding the International Standards series ISO 10110 accordingly. The objective of publication of the present national draft standard is to inform interested parties at the national level in German language and ahead of the (planned) submission to the international scale. The present draft standard is submitted for comment, so that the responsible Standards Committee could consider any suggestions, questions and/or objections received from the commenting stage prior to the submission to the international level.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Darstellung der konstruktiven und der funktionellen Anforderungen an optische Elemente und Systeme in technischen Zeichnungen für die Fertigung, Prüfung und Datenübertragung fest.

Sie legt weiterhin die Regeln für die Darstellung, Dimensionierung und Tolerierung von optisch wirksamen Freiformflächen fest.

Diese Norm gilt für stetige und unstetige Oberflächen; sie gilt nicht für diffraktive, Fresnel- und mikrooptische Oberflächen.

Diese Norm legt nicht das Verfahren fest, mit dem die Übereinstimmung mit den Spezifikationen zu überprüfen ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf*

DIN EN ISO 1302, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in der technischen Produktdokumentation*

DIN ISO 10110-1, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 1: Allgemeines*

DIN ISO 10110-5, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 5: Oberflächenformtoleranzen*

DIN ISO 10110-6, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 6: Zentriertoleranzen*

DIN ISO 10110-7, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 7: Oberflächenunvollkommenheiten*

DIN ISO 10110-8, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 8: Oberflächengüte*

DIN ISO 10110-12, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 12: Asphärische Oberflächen*

DIN ISO 10110-14, *Optik und Photonik — Erstellung von Zeichnungen für optische Elemente und Systeme — Teil 14: Toleranzen für Wellenfrontdeformationen*

ISO 5459, *Technical drawings — Geometrical tolerancing — Datums and datum-systems for geometrical tolerances*

ISO 13584-42, *Industrial automation systems and integration — Parts library — Part 42: Description methodology: Methodology for structuring part families*

ISO/TR 14999-2:2005, *Optics and photonics — Interferometric measurement of optical elements and optical systems — Part 2: Measurement and evaluation techniques*

1 Scope

This standard specifies the presentation of the design and functional requirements for optical elements and systems in technical drawings used for their manufacture, inspection and data transfer.

It also specifies the rules for representing, dimensioning and tolerancing optically effective freeform surfaces.

This standard applies to continuous and discontinuous surfaces. It does not apply to diffractive surfaces, Fresnel surfaces and micro-optical surfaces.

This standard does not specify the method by which compliance with the specifications is to be tested.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

DIN EN ISO 1101, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

DIN EN ISO 1302, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Indication of surface texture in technical product documentation*

DIN ISO 10110-1, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 1: General*

DIN ISO 10110-5, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 5: Surface form tolerances*

DIN ISO 10110-6, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 6: Centring tolerances*

DIN ISO 10110-7, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 7: Surface imperfection tolerances*

DIN ISO 10110-8, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 8: Surface texture*

DIN ISO 10110-12, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 12: Aspheric surfaces*

DIN ISO 10110-14, *Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 14: Wavefront deformation tolerance*

ISO 5459, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Datums and datum systems*

ISO 13584-42, *Industrial automation systems and integration — Parts library — Part 42: Description methodology: Methodology for structuring part families*

ISO/TR 14999-2:2005, *Optics and photonics — Interferometric measurement of optical elements and optical systems — Part 2: Measurement and evaluation techniques*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Freiformfläche

beliebig komplexe Fläche

ANMERKUNG Freiformflächen sind gekennzeichnet durch ihre Unsymmetrie. Gleichwohl können Freiformflächen lokal Bestandteile von Regelgeometrien beinhalten. Freiformflächen können sowohl stetige als auch unstetige Flächen sein. Prinzipiell kann jede Fläche (z. B. Off-Axis-Segmente) als Freiformfläche beschrieben werden.

3.2

optische Freiformfläche

Freiformfläche mit einer optischen Wirkung in Form von Transmission und/oder Reflektion

ANMERKUNG Bei Symmetrien kann die Normenreihe DIN ISO 10110 angewandt werden.

3.3

optische Achse

Achse, die im Raum so angeordnet ist, dass sie die optische Hauptwirkung repräsentiert

ANMERKUNG Die optische Achse ist die Referenzachse der optischen Freiformfläche. Die optische Achse ist unveränderlich und wird einmalig festgelegt. Definiert wird die optische Achse in ihrer Lage und Orientierung über definierte (messbare) Referenzen auf und/oder an der optischen Freiformfläche oder durch einen Annäherung an die Sollfläche.

3.4

Transportformate

Dateiformate zur Datenübertragung zwischen Software-Systemen sowie Bearbeitungs- und Messmaschinen

BEISPIEL Typische Transportformate sind XML und STEP.

3.5

symmetrieminvariante Unregelmäßigkeit

peak-to-valley-Wert der bestangepassten Asphärizität entlang der Symmetrie

ANMERKUNG Die symmetrieminvariante Unregelmäßigkeit ist eine Verallgemeinerung der rotationsinvarianten Unregelmäßigkeit nach DIN ISO 10110-5 und soll entsprechend einer Symmetrie im Design bzw. symmetrisch entlang einer Orientierung verstanden werden.

4 Mathematische Beschreibung

4.1 Koordinatensystem

Das Koordinatensystem ist in drei Achsen (X, Y, Z) orthogonal zueinander und folgt der „Rechte-Hand-Regel“ (Rechtssystem). Der Koordinatenursprung sollte auf der optischen Achse sowie auf der optischen Freiformfläche liegen. Hierbei sollte die Z-Achse des Koordinatensystems die optische Achse repräsentieren. Die Lage und Orientierung des Koordinatensystems ist unveränderlich und wird einmalig festgelegt.

Eine optische Achse muss nicht in direkten Zusammenhang mit dem Koordinatensystem stehen, z. B. wenn sie durch eine mathematische Annäherung bestimmt wird.

Wenn nicht anders festgelegt, liegt die Z-Achse in der Zeichenebene und verläuft von links nach rechts. Wenn nur ein Schnitt dargestellt ist, liegt die Y-Achse in der Zeichenebene und ist nach oben orientiert.

Wenn zwei Schnitte gezeichnet sind, muss der XZ-Schnitt unterhalb des YZ-Schnittes erscheinen. Zur Verdeutlichung können die X- und die Y-Achse auf der Zeichnung dargestellt werden.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document the following terms and definitions apply.

3.1

freeform surface

any complex surface

NOTE Freeform surfaces are distinguished by their asymmetry. Nevertheless, freeform surfaces may contain local regular geometrical properties. Freeform surfaces can be both continuous as well as discontinuous surfaces. In principle, any surface (e.g. off-axis segments) can be described as a freeform surface.

3.2

optical freeform surface

freeform surface with an optical effect in the form of transmission and/or reflection

NOTE DIN ISO 10110 standards series can be applied for symmetries.

3.3

optical axis

axis that is arranged in space so that it represents the main optical effect

NOTE The optical axis is the reference axis of the optical freeform surface. The optical axis cannot be changed and is defined once. The position and orientation of the optical axis are defined by defined (measurable) references at and/or on the optical freeform surface or by an approximation of the nominal surface.

3.4

transport formats

file formats for transfer of data between software systems and processing and measuring machines

EXAMPLE Typical transport formats include XML and STEP.

3.5

symmetry-invariant irregularity

peak-to-valley value of the best-fit asphericity along the symmetry

NOTE The symmetry-invariant irregularity is a generalization of the rotationally invariant irregularity according to DIN ISO 10110-5 and should be understood to correspond to a symmetry in the design or be regarded as an symmetry along an orientation.

4 Mathematical description

4.1 Coordinate system

The coordinate system is in three axes (X, Y, Z) orthogonal to each other and follows the right hand rule (right-handed system). The coordinate origin should be on the optical axis and the optical freeform surface. In this case, the Z-axis of the coordinate system should represent the optical axis. The position and orientation of the coordinate system cannot be changed and is defined once.

An optical axis need not be in direct correlation to the coordinate system, e.g. if it is determined by a mathematical approximation.

Unless otherwise defined, the Z axis lies in the plane of drawing and travels from left to right. If only one section is represented, the axis lies in the plane of drawing and is oriented upward.

If two sections are drawn, the XZ section shall appear below the YZ section. To illustrate this, the X and Y axes can be represented on the drawing.

4.2 Vorzeichenkonvention

ANMERKUNG Wie weiter unten in dieser Norm ausgeführt, werden die verschiedenartigen optischen Freiformflächen durch mathematische Gleichungen oder Vektoren angegeben. Um eindeutige Angaben der Oberflächen zu erhalten, müssen Vorzeichenkonventionen für die Konstanten, Vektoren und Koeffizienten eingeführt werden.

Ein Krümmungsradius hat positives Vorzeichen, wenn der Krümmungsmittelpunkt in positiver Z-Richtung (im Allgemeinen rechts) liegt, und negatives Vorzeichen, wenn der Krümmungsmittelpunkt in negativer Z-Richtung (im Allgemeinen links) liegt.

Die Pfeilhöhe eines Punktes auf der optischen Freiformfläche ist positiv, wenn er in positiver Z-Richtung von der XY-Ebene liegt, und negativ, wenn er in negativer Z-Richtung von der XY-Ebene liegt.

4.3 Darstellungsformen

4.3.1 Allgemeines

Optische Freiformflächen können durch verschiedene mathematische Darstellungsformen beschrieben werden. Dabei wird zwischen diskreten (z. B. Punktwolken, Polygonnetze usw.) und analytischen (z. B. Polynome, NURBS usw.) Beschreibungsformen unterschieden. Es ist darauf zu achten, dass die Darstellungsform innerhalb der freien Öffnung eine hinreichend genaue Beschreibung der optischen Freiformfläche liefert.

Es ist sicherzustellen, dass das Schneiden, Ergänzen oder Begrenzen von Freiformflächen nicht zu Veränderungen der Flächengeometrie innerhalb der freien Öffnung führt.

Es gibt weitere Darstellungsformen für optische Freiformflächen, die nicht Gegenstand dieser Norm sind.

4.3.2 Punktwolken

Punktwolken sind eine allgemeine Darstellungsform für optische Freiformflächen und häufig in der Messtechnik anzutreffen. Die optische Freiformfläche kann dabei mittels einzelner Punkte $\{P_i\}$ dargestellt werden. Diese Punktbeschreibung erfolgt über (X,Y,Z)- oder (R, ϕ ,Z)-Zahlentripel. Die Genauigkeit der Fläche wird durch die Anzahl der Punkte und das verwendete Raster bestimmt.

Siehe Bild 1.

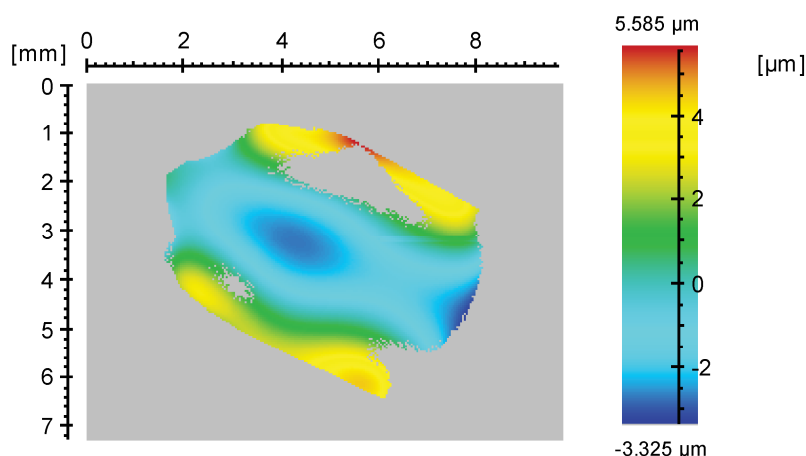


Bild 1 — Darstellung einer optischen Freiformfläche durch eine Punktwolke

4.2 Sign convention

NOTE As laid down in later sections of this standard, the various optical freeform surfaces are specified by mathematical equations or vectors. To achieve clear surface specifications, sign conventions for the constants, vectors and coefficients must be introduced.

A radius of curvature has a positive sign if the centre of curvature is in the positive Z direction (generally on the right) and a negative sign if the centre of curvature is in the negative Z direction (generally on the left).

The sagitta of a point on the optical freeform surface is positive if it lies in the positive Z direction from the XY plane and negative if it lies in the negative Z direction from the XY plane.

4.3 Forms of representation

4.3.1 General

Optical freeform surfaces can be described by various forms of mathematical representation. Here, a distinction is made between discrete (e.g. point clouds, polygon meshes etc.) and analytical (e.g. polynomials, NURBS etc.) forms of description. It shall be ensured that the form of representation within the free aperture provides a sufficiently accurate description of the optical freeform surface.

In addition, it shall be ensured that cropping, supplementing or limiting the freeform surfaces does not change the surface geometry within the free aperture.

There are other forms of representation for optical freeform surfaces that are not included in this standard.

4.3.2 Point clouds

Point clouds are a general form of representing optical freeform surfaces and are frequently used in metrology. The optical freeform surface can be represented using individual points $\{P_i\}$. The points are described using a (X,Y,Z) or (R, ϕ ,Z) number triplet. The accuracy of the surface is determined using the number of points and the used raster.

See Figure 1.

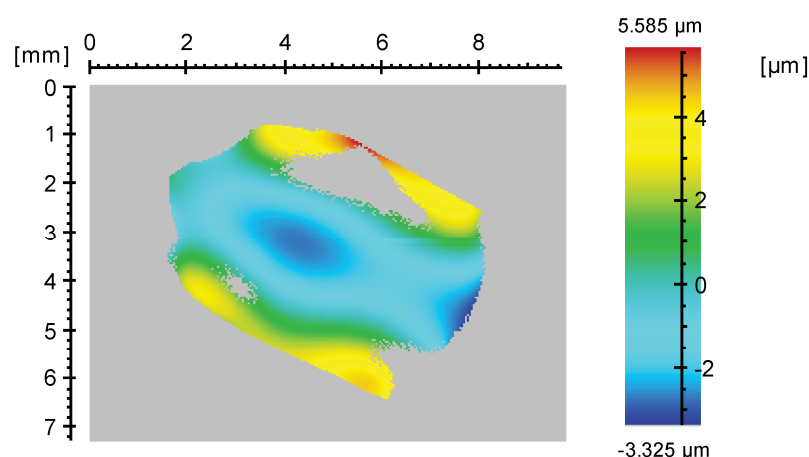


Figure 1 — Representation of an optical freeform surface by a point cloud

4.3.3 Polygonnetze

Die Werte werden als eine Menge von Punktetripeln $\{(P_1, P_2, P_3)_i\}$ aufgefasst, d. h. drei diskrete Werte werden jeweils zu einem Dreieck verbunden und erlauben so die Überführung der Werte in eine flächige Darstellung. Siehe Bild 2.

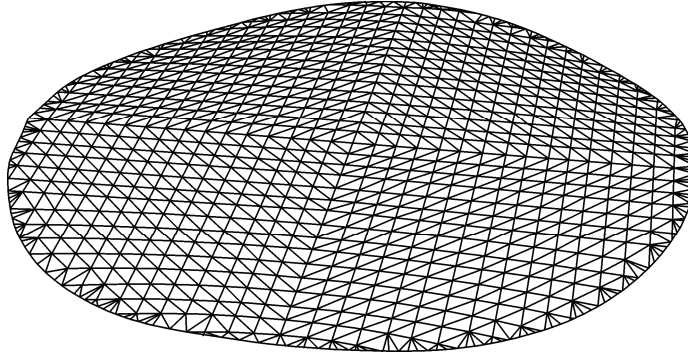


Bild 2 — Polygondarstellung einer optischen Freiformfläche

4.3.4 Analytisch definierte Oberflächen (Polynome)

4.3.4.1 Allgemeines

Als analytische Beschreibungsform dienen zweidimensionale Funktionen $z = f(x, y)$ oder $z = f(\rho, \varphi)$, z. B. XY-Polynome und Zernike-Polynome.

4.3.4.2 XY-Polynome

$$z = \frac{\rho_x x^2 + \rho_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x) \rho_x^2 x^2 - (1 + k_y) \rho_y^2 y^2}} + \sum_{m,n=0}^{\infty} c_{m,n} x^m y^n$$

Dabei ist

ρ_x die Flächenkrümmung in x ;

ρ_y die Flächenkrümmung in y ;

k_x die konische Konstante in x ;

k_y die konische Konstante in y ;

$c_{m,n}$ Konstanten.

4.3.4.3 Zernike-Polynome

Für Flächen kreisförmiger Apertur kann die polynomiale Beschreibung auf Grund der Orthogonalitätseigenschaften von Zernike-Polynomen [1] vereinfacht werden. Für Flächen nichtkreisförmiger Apertur sind diese Polynome nicht mehr orthogonal und bieten keine Vorteile mehr gegenüber anderen Sätzen von Funktionen, sie können jedoch weiterhin benutzt werden.

Entsprechende Beschreibungen einschließlich Angabe der Zernike-Polynome sind in ISO/TR 14999-2 angegeben (siehe ISO/TR 14999-2:2005, Tabelle A.2).

4.3.3 Polygon meshes

The values are recorded as a quantity of a number triplets $\{(P_1, P_2, P_3)_i\}$, i.e. three discrete values are connected to form a triangle in each case and therefore allow the values to be converted into a two-dimensional representation. See Figure 2.

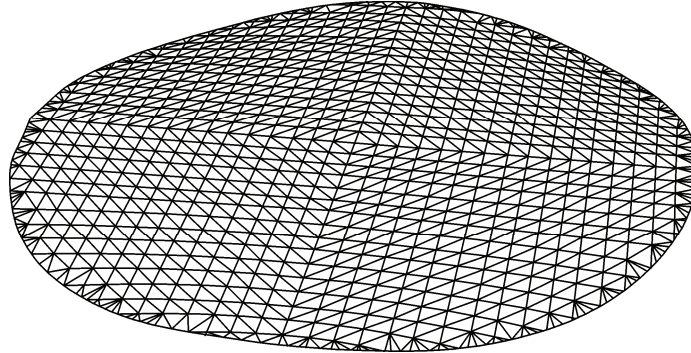


Figure 2 — Polygonal representation of an optical freeform surface

4.3.4 Analytically defined surfaces (polynomials)

4.3.4.1 General

Two-dimensional functions $z = f(x, y)$ or $z = f(\rho, \varphi)$, e.g. XY polynomials and Zernike polynomials, serve as an analytical form of description.

4.3.4.2 XY polynomials

$$z = \frac{\rho_x x^2 + \rho_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)\rho_x^2 x^2 - (1 + k_y)\rho_y^2 y^2}} + \sum_{m,n=0}^{\infty} c_{m,n} x^m y^n$$

where

ρ_x is the surface curvature in x ;

ρ_y is the surface curvature in y ;

k_x is the conical constant in x ;

k_y is the conical constant in y ;

$c_{m,n}$ are constants.

4.3.4.3 Zernike polynomials

For surfaces with circular apertures, the polynomial description can be simplified due to the orthogonal properties of the Zernike polynomials [1]. For surfaces with non-circular apertures, these polynomials are no longer orthogonal and do not offer any advantages over other sets of functions. They can, however, still be used.

Corresponding descriptions, including the specification of the Zernike polynomials are given in ISO/TR 14999-2 (see ISO/TR 14999-2:2005, Table A.2).