

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEOMETRİK MAMUL ŞARTLARI ÇERÇEVESİNDE
ŞEKİL SAPMALARININ KONTROLÜ, ANALİZİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mak. Müh. Ender ERDOĞMUŞ

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GEOMETRİK MAMUL ŞARTLARI (GPS).....	3
2.1 İş Parçası Hassasiyeti.....	4
2.1.1 İş Parçası Hassasiyeti – Ölçüm İlişkisi	7
2.2 Yüzey (Skin) Model	7
3. ŞEKİL VE KONUM SAPMALARI	9
3.1 Yüzey Pürüzlülük Hataları	11
3.2 Form ve Dalgalılık Hataları	12
3.2.1 Titreşim (Vibrasyon)	12
3.2.2 İş Parçası Bağlama.....	13
3.2.2.1 Aşırı Bağlama Kuvvetinden Kaynaklanan Form Hataları.....	13
3.2.2.2 Eksantrik bağlanma	13
3.2.2.3 Yanlış Parça Konumlanması Ve Bağlanması	14
3.2.3 Kesici Takımların Geometrik Hataları ve Yüzeylerindeki Fazla Aşınma.....	14
3.2.4 Malzeme Sertleştirme İşlemlerinden Kaynaklanan Bozulmalar	15
3.2.5 Kayık - Kızak Sistemindeki Hatalar	15
3.2.6 Parça İşlenmesi Sırasındaki Termal Bozulma	16
3.3 Şekil Sapmalarının Etkileri.....	17
4. GEOMETRİK TOLERANSLAR.....	19
4.1 Şekilsel Sapmaların Kontrolü	20
4.2 Şekil ve Konum Toleransları	20
4.2.1 Tolerans Bölgesi	21
4.2.2 Geometrik Tolerans Sembolleri.....	22
4.2.3 Tolerans Çerçevesi	24
4.2.4 Geometrik Tolerans Tarifleri	26
4.2.4.1 Doğrusallık	26
4.2.4.2 Düzlemsellik	29
4.2.4.3 Dairesellik.....	29

4.2.4.4	Silindiriklik	31
4.2.4.5	Çizgisel Profil	32
4.2.4.6	Yüzeysel Profil	33
4.2.4.7	Paralellik	34
4.2.4.8	Diklik	36
4.2.4.9	Açısallık	38
4.2.4.10	Konum	39
4.2.4.11	Eş Merkezlik ve Eş Eksenlilik	40
4.2.4.12	Simetriklik	41
4.2.4.13	Dairesel Kaçıklık (Salgı)	41
4.2.4.14	Toplam Kaçıklık (Toplam Salgı)	43
4.3	Şekilsel Sapmaların Ölçümü	44
4.4	Şekilsel Sapmaların Değerlendirilmesi	45
4.4.1	Değerlendirme metodları	45
4.4.1.1	En Küçük Kareler Metodu Çemberi (LSC)	46
4.4.1.2	Minimum Aralıklı Çemberler (MZC)	47
4.4.1.3	En Büyük İç Çember (MIC)	48
4.4.1.4	En Küçük Dış Çember (MCC)	48
4.4.2	Filtreleme	50
4.4.2.1	Yuvarlaklık Standardı (DIN EN ISO 12181)	51
5.	KOORDİNAT METROLOJİSİ VE KOORDİNAT ÖLÇME CİHAZLARI	53
5.1	Koordinat Ölçme Tekniği	53
5.2	Koordinat Ölçüm Prensipleri	55
5.3	Koordinat Ölçüm Cihazları	57
5.3.1	Koordinat Ölçüm Cihazı Belirsizliği	58
6.	CİHAZ İLE ÖLÇME VE KONTROL	61
6.1	İş Parçası Özellikleri	61
6.2	Cihaz Özellikleri	62
6.3	Ölçüm	63
7.	ANALİZ VE DEĞERLENDİRME	65

KAYNAKLAR

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

SİMGE LİSTESİ

$^{\circ}\text{C}$	Derece Santigrat
E	Büyükük ölçmeleri için gösterge hatası
L	Ölçülen büyükük
MPE_E	Büyükük ölçmesinde Koordinat Ölçüm cihazının izin verilebilir en büyük gösterge hatası
P	Prob değme hatası
RON_T	Form ölçümü hatası
R_{TK}	Prob ucu yarıçapı

KISALTIMA LİSTESİ

BUE	Build Up Edge
CMM	Coordinate Measuring Machine
CNC	Computer Numerical Control
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	European Standard
GPS	Geometrical Product Specification
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
ISO	International Organization for Standardization
LSC	Least Square Circle
LSS	Least Square Straight Line
MCC	Minimum Circumscribed Circle
MIC	Maximum Inscribed Circle
MZC	Minimum Zone Circle
MZS	Minimum Zone Straight Lines
NC	Numerical Control
TS	Türk Standartları
UPR	Undulation per Revolutions
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 GPS Temel Yapısı	3
Şekil 2.2 Geometrik Mamul Şartları'nın genel içeriği (ISO 14660-1: 1999)	4
Şekil 2.3 Makro ve mikro geometrinin bir arada gösterilişi	5
Şekil 2.4 İş parçaları temsili şekil elemanları	6
Şekil 2.5 İmalat hassasiyet dereceleri (Durakbaşa, 2003)	7
Şekil 2.6 Nominal yüzey / gerçek yüzey (Durakbaşa vd., 2001)	8
Şekil 3.1 Geometrik sapmaların gruplandırılması (Kurt, 2007)	9
Şekil 3.2 Şekil, konum ve ölçü sapması (Henzold, 2006)	10
Şekil 3.3 Yüzey pürüzlülüğü ve dalgalanma değerlendirilmesi (Henzold, 2006)	10
Şekil 3.4 Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi (Aksulu M.)	11
Şekil 3.5 Kesme hızına bağlı olarak dairesellik sapması (Henzold, 2006)	12
Şekil 3.6 Tornalama sırasında aynada aşırı sıkıştırılmış iş parçası - 3 lob hatası (Huang, 2000)	13
Şekil 3.7 Parça konumlaması ve bağlanmasının form hatalarına etkisi	14
Şekil 3.8 Kesici takımların geometrik hataları	15
Şekil 3.9 Takım tezgâhlarının geometrik hataları	15
Şekil 3.10 Geometrik sapmaların sınıflandırılması ve gerçek yüzey yapısı (DIN 4760)	17
Şekil 4.1 Tornada şekil sapması	19
Şekil 4.2 İş parçası şekilsel sapmalarının kontrolü	20
Şekil 4.3 Tolerans bölgeleri (Kurt, 2007)	22
Şekil 4.4 Referans düzlem ve malzeme şartı ihtiva eden bir tolerans çerçevesi	25
Şekil 4.5 3 boyutlu geometrik toleranslandırmada tolerans çerçevesinin kullanımı	25
Şekil 4.6 Tolerans çerçevesinin 2 boyutlu teknik resimde kullanımı	25
Şekil 4.7 Silindirik veya düzlem yüzey durumlarında doğrusallık	26
Şekil 4.8 Bir silindir içerisindeki doğrusallık (Simmons vd. 2009)	27
Şekil 4.9 İki çizgi arasındaki doğrusallık (Cogorno G. R. 2006)	27
Şekil 4.10 Çap ve doğrusallık toleransı verilmiş iş parçasının üretim çeşitlilik gösterimi	28
Şekil 4.11 Doğrusallığın kontrolü (Cogorno G. R. 2006)	28
Şekil 4.12 Ölçü toleransı ile birlikte düzlemsellik toleransının gösterimi	29
Şekil 4.13 Düzlemsellik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]	29
Şekil 4.14 Dairesellik toleransı (TS EN ISO 1101/Mart 2008)	30
Şekil 4.15 Silindir veya koni için dairesellik Şekil 4.16 Küre için dairesellik	30
Şekil 4.17 Dairesellik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]	31
Şekil 4.18 Silindiriklik toleransı (Nielsen ve Bennich, 2004)	31
Şekil 4.19 Silindiriklik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]	32
Şekil 4.20 Çizgisel profil toleransı (Nielsen ve Bennich, 2004)	32
Şekil 4.21 Çizgisel profil toleransının kullanımı için bir örnek (Simmons vd. 2009)	33
Şekil 4.22 Küresel zarf içindeki iki yüzeyin oluşturduğu tolerans bölgesi (Nielsen ve Bennich, 2004)	34
Şekil 4.23 Yüzeysel profil toleransı gösterimi[2]	34
Şekil 4.24 Paralellik toleransı gösterimi (Cogorno G. R. 2006)	35
Şekil 4.25 Paralellik tolerans çeşitleri (Çınar A.)	35
Şekil 4.26 Dairesel yüzey paralelliği ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]	36
Şekil 4.27 Referans düzleme göre diklik toleransı verilen düzlem (Cogorno G. R. 2006)	37
Şekil 4.28 Diklik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]	37
Şekil 4.29 Açısallık toleransı gösterimi (Cogorno G. R. 2006)	38
Şekil 4.30 Konum toleransı örneği ve anlamı (TS EN ISO 1101/Mart 2008)	39
Şekil 4.31 Eş merkezlilik tolerans örneği ve anlamı (Simmons vd. 2009)	40

Şekil 4.32 Eş merkezlilik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1].....	40
Şekil 4.33 Eş eksensellik	41
Şekil 4.34 Simetriklik tolerans gösterimi ve anlamı[2].....	41
Şekil 4.35 Eksenel dairesel kaçıklık [1]	42
Şekil 4.36 Radyal dairesel kaçıklık[1].....	42
Şekil 4.37 Radyal dairesel kaçıklık ölçüm uygulaması ve sonucu[1]	42
Şekil 4.38 Eksenel dairesel kaçıklık ölçüm uygulaması ve sonucu[1].....	43
Şekil 4.39 Toplam radyal salgı toleranslandırma örneği (TS EN ISO 1101/Mart 2008).....	43
Şekil 4.40 Radyal toplam kaçıklık (salgı) ölçüm ve sonuç[1].....	43
Şekil 4.41 Toplam eksenel salgı toleranslandırma örneği (TS EN ISO 1101/Mart 2008).....	44
Şekil 4.42 Eksenel toplam kaçıklık (salgı) ölçüm ve sonuç[1]	44
Şekil 4.43 Referans doğru çizgisi (LSS)[2]	46
Şekil 4.44 Sınırlayıcı paralel çizgiler (MZS)[2].....	46
Şekil 4.45 En küçük kareler yöntemi çemberi ve ona bağlı sapma[1]	47
Şekil 4.46 Minimum aralıklı çemberler ve ona bağlı sapma[1]	47
Şekil 4.47 En büyük iç çember ve ona bağlı sapma[1]	48
Şekil 4.48 En küçük dış çember ve ona bağlı sapma[1].....	49
Şekil 4.49 Farklı değerlendirme metodlarına göre oluşan farklı referans daire merkez noktaları[1].....	49
Şekil 5.1 Konvansiyonel metroloji ve koordinat metrolojisi (Durakbaşa, 2003).....	54
Şekil 5.2 Geometrik Mamul Şartları çerçevesinde iş parçasının değerlendirilme prensipleri (Durakbaşa, 2003)	55
Şekil 5.3 Koordinat metrolojisinin doğası (Ni ve Waeldele, 1998)	56
Şekil 5.4 Koordinat ölçüm cihazlarındaki ölçüm adımları için akış şeması (Durakbaşa, 2003)	57
Şekil 5.5 Koordinat ölçüm cihazı sistemi fonksiyonel elemanları (Osanna vd.)	58
Şekil 5.6 Koordinat ölçüm cihazlarının temel tasarımları (Durakbaşa, 2003)	58
Şekil 5.7 Belirsizlikler arası ilişki (Heping ve Xiangqian, 2009).....	59
Şekil 5.8 Ölçme belirsizliği ve ölçme hatası arasındaki fark (Philips, 1998).....	60
Şekil 6.1 Dairesellik ölçümü için kullanılan dairesellik sapmasını kontrol eden CMM cihazı.....	61
Şekil 6.2 Gauss Filtresi'nin CMM cihazı bilgisayar yazılımından seçimi	63
Şekil 6.3 Dairesellik sapmasının sembolik gösterimi[1]	64
Şekil 7.1 Daireselliğin alınan nokta sayısı ve UPR sayısına göre değişimi	66
Şekil 7.2 Çap değerinin alınan nokta sayısı ve UPR sayısına göre değişimi	67

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Genel yüzey hataları (Sander, 1991)	11
Çizelge 3.2 VDI 2601'e göre şekilsel sapmaların sebepleri.....	16
Çizelge 4.1 Geometrik özellikler için semboller (TS EN ISO 1101/Mart 2008).....	23
Çizelge 4.2 İlave semboller	24
Çizelge 4.3 UPR değerine göre tavsiye edilen minimum okta sayısı.....	51
Çizelge 4.4 Referans dairenin çapına bağlı olarak UPR seçimi	51
Çizelge 4.5 İş parçası çapına göre prob ucu seçimi.....	52
Çizelge 6.1 Ölçüm yapılan cihaz özellikleri.....	62
Çizelge 7.1 Silindir gömleğinin alınan nokta sayısı ve filtreleme değerine göre ortalama dairesellik sapmaları	65
Çizelge 7.2 Silindir gömleğinin alınan nokta sayısı ve filtreleme değerine göre ortalama çap değişimi.....	67

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimi hazırlarken her aşamada göstermiş olduğu desteklerden dolayı sayın tez danışmanım Viyana Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. M. Numan DURAKBAŞA'ya, ayrıca pratik uygulamaları yapma imkânı sundukları için MTU Türkiye çalışanları Üretim Müdürü Mak. Müh. Onur TÜTER'e ve Kalite Kontrol Operatörü Mehmet KARA'ya teşekkür ederim.

Mak. Müh. Ender ERDOĞMUŞ

Ağustos, 2010

ÖZET

Bir sistem dâhilinde kullanım amacı olan bir parçanın tasarım aşamasında hedeflenen formuna tam olarak ulaşmak imalat sürecinde mümkün olmamaktadır. Bu forma ulaşmakta ortaya çıkabilecek önemli problemler ölçü, şekil ve konum sapmaları olarak düşünülebilir.

Ölçü sapmaları daha nicel değerler olup bunların sınırlarının belirlenmesi de aynı şekilde yapılabilmektedir. Bunun yanında şekil ve konum sapmalarının değerlendirilmesi çok daha hassas bir süreç gerektirir. Ulaşılması istenen ideal şekil ve bundan bağımsız olarak ulaşılabilecek reel şekil birbirinden tamamen farklı iki hedefdir. İşte bu noktada geometrik mamul şartlarının belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır. Geometrik mamul şartlarının belirlenmesinde imalatta kullanılacak ekipman, bu ekipmanla çalışacak eleman, hedeflenen maliyet ve zaman belirleyici parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunların kontrolü, analizi ve istatistiksel kayıtlarının tutulması ile gerekli mamul şartlarını ortaya çıkarmak, hem tasarım hem de imalat aşamasında üretim süreçlerinin optimal bir şekilde sağlanmasında sistematik bir çalışma ve büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

Bu çalışmada bir dizel motorun silindir gömleğinin koordinat ölçüm cihazında çap ölçüsü ve dairesellik sapması ölçülmüş, ortalama değerler ile standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler farklı UPR değerlerinde ve ayrı ayrı sırasıyla dairesel iç yüzeyden farklı noktalar alınarak tamamlanmıştır. Dairesellik sapması ve çap ölçüsünün değerlendirmesinde filtrelemenin ve alınan nokta sayısının etkisi araştırılarak sonuçlar ortaya konmuştur.

İş parçası ölçümlerinin yapılması ve değerlendirmesi işlemleri sırasında GPS standartları esas alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geometrik Mamul Şartları (GPS), Şekilsel sapmalar, Dairesellik.

ABSTRACT

For use within a system which forms a part fully in the design stage to achieve the targeted production is not possible in the process. That significant problems may arise in achieving uniform size, shape and position deviations can be considered.

Quantitative measure of deviation of these values and boundary determination can be made in the same way. Deviation as well as the shape and position evaluation process requires a much more precise. Ideal way to achieve the desired and real way that can be accessed independently from each other, are two entirely different goals. At this point it is very important to determine the geometric product specifications. For determining the geometric product specifications for manufacturing products, used equipment, the staff who works with this equipment, determining the target cost and time parameters, as we have encountered. Their control, analyze and statistical records with the necessary products to reveal their conditions, both in design and manufacturing stages of the manufacturing processes and systematic work in providing an optimal way will be a great convenience.

In this study roundness and the diameter of the workpiece cylinder liner was measured by coordinate measuring machine, mean values and standard deviation of the measurements were calculated. Measurements were completed through different UPR values and different number of probing from inside of the cylinder liner. Results have been revealed by effects of the diameter of the circular deviation and the number of points obtained in the evaluation.

During all measurements and evaluation of the workpiece measurements, the Geometrical Product Specification (GPS) standards based on.

Keywords: Geometrical Product Specification (GPS), Form deviations, Roundness.

1. GİRİŞ

Günümüzde giderek artan tüketim ihtiyacı seri üretim düşüncesini doğurmuştur. Seri üretim, ürünü oluşturan parçaların birbirinden ayrı bir şekilde ve çok sayıda üretilebilmesi anlamına gelmektedir. Seri üretim anlayışı da, ürünü oluşturan parçaların değiştirilebilirlik özelliğine sahip olmasını gerektirmiştir. Değiştirilebilirlik özelliğine sahip parçalar ve grupların birbirlerinden bağımsız olarak imal edilmeleri ve daha sonra ilave işlemler yapılmaksızın birbirlerine ait olan parçalara monte edilmeleri bir avantajdır.

Seri imalat, yani parçaların değiştirilebilirlik özelliğine sahip olduğu imalat tarzının problemsiz olarak gerçekleştirilebilmesi ise ancak imalat ve imalat parçaları için belirli düzenlemeler ve şartların tespit edilmesiyle mümkün olacaktır. Bu şartların, imal edilen alet veya makinaların fonksiyonlarını tam olarak yapmaları bakımından, yerine getirilmelerinin izlenmeleri ve kontrolü, ölçme tekniği veya imalat ölçme tekniği cihazları, yöntemleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Böylelikle değiştirilebilirlik ve ölçme tekniği arasında sıkı bir karşılıklı ilişki ve birbirlerine bağımlılık mevcuttur (Durakbaşı, 2002).

Ölçme tekniği açısından, imalat parçalarının en azından belli bir dereceye kadar gerçek biçimlerinin tespit edilebilmesi için sapmalar;

- Boyut sapmaları
- Yüzey pürüzlülüğü
- Şekil sapmaları ve konum sapmaları

olarak sınıflandırılmaktadır.

Geometrik sapmalar bütün olarak imal edilen parçanın tamlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Parçaların teknik resimlerinde boyutların tek bir ölçü ile belirlenememesi halinde, üst ve alt limit olarak iki ölçüyü içermesi gerekmektedir. İmalattan sonra parçanın bitmiş halinin ölçüsünün bu iki değer arasında kalması temel koşuldur. Bu iki limit değer arasındaki farka tolerans denmektedir. Böylece tolerans;

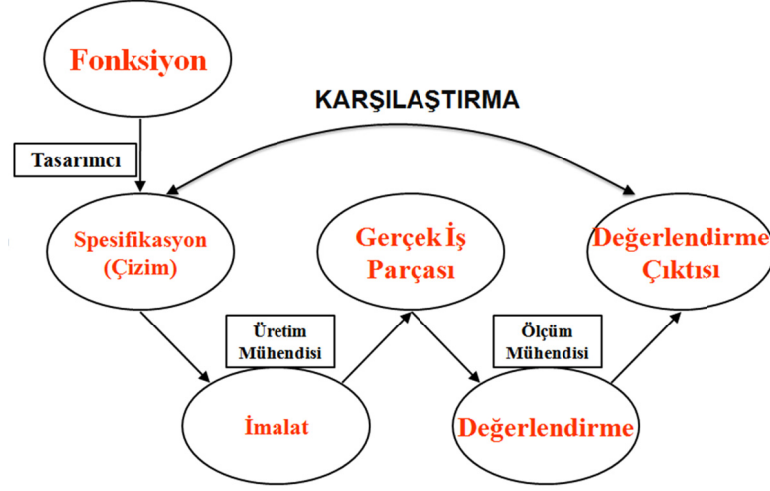
$$T = B - K$$

olmaktadır. Geometrik mamul şartları standartları tolerans konusunu içermektedir. İmalat için teknik resim dilinin önemli olmasının ana sebebi verilen ölçüler ve toleranslardır. Geometrik toleranslandırmanın sağlayacağı avantajları genel olarak sıralarsak;

- İmalatı tolerans açısından rahatlatır
- Parçalara değiştirilebilirlik özelliği kazandırır
- İmalat için ortak ve doğru bir lisan oluşturur
- İstenen şekilde parça elde edilir
- Ölçüsel değişkenliği kontrol altına alır

2. GEOMETRİK MAMUL ŞARTLARI (GPS)

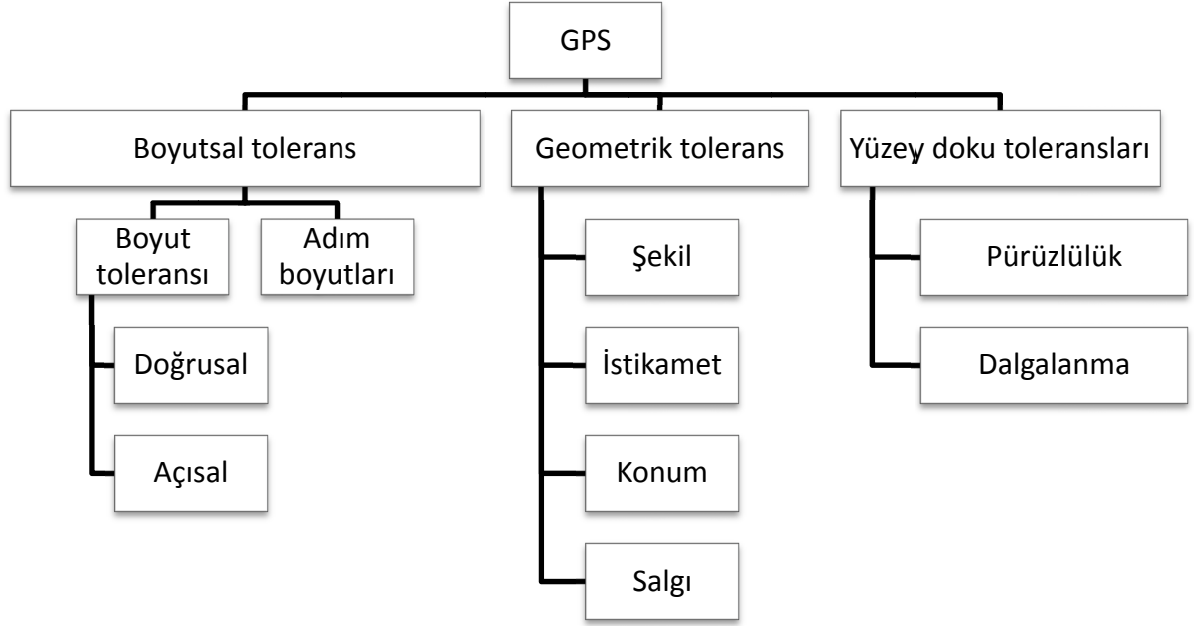
Geometrik mamul şartları standartları; teknik ürünlerin tanımı, özellikleri ve muayenesi safhalarında etraflı olarak hazırlanmış uluslararası standartlardır.



Şekil 2.1 GPS Temel Yapısı

Çoğu standardizasyon uygulamalarının amacı, iş parçalarından talep edilen özellikleri dünyanın birçok bölgesinde benzer şekilde anlaşılır hale getirmektir. GPS (Geometrik Mamul Şartları) standartları da iş parçaları için talep edilen şekil, boyut ve konum gibi toleransların yanında, onların yüzey pürüzlülükleri ile ilgili taleplerin tanımlarını ve ne şekilde gösterilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu ISO, 1996 yılında ISO/TC 213 “Geometrical Product Specifications and Verification” teknik komitesini 1992’den beri aynı isim altında çalışmalar yapan CEN/TC 290 teknik komitesinin ait olduğu Avrupa Standartları birliğinin bir inisiyatifi sonucu oluşturmuştur. Bu teknik komitenin görevi, teknik ürünlerin spesifikasyonu, tanımı ve muayenesi sahalarında etraflı ve tutarlı uluslararası standartların hazırlanması olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.2 Geometrik Mamul Şartları'nın genel içeriği (ISO 14660-1: 1999)

Geometrik mamul şartları (özellikleri) özet olarak talep edilen fonksiyonların üretilen iş parçasına dönüştürülmesi anlamına gelir ve bunlar;

- Matematiksel kurallar ve metotlar
- Makro ve mikro geometri etkenleri
- Büyüklüklerin ölçüm olanakları, özellikle toleranslandırılmış büyüklükler
- Belirsizliğin değerlendirilmesi vb.

konularına dayanır (Durakbasa, 2003).

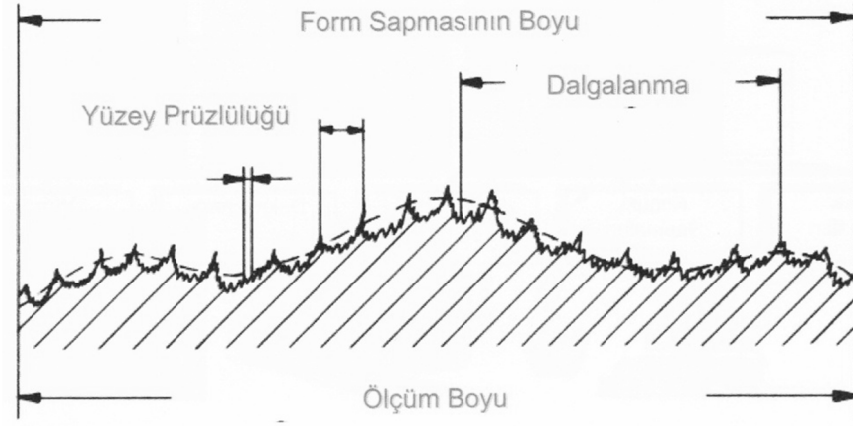
Üretim parçalarının yüzeyleri tek tek şekil elemanlarından oluşmaktadır. Üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Şekil ve konum toleransları da Geometrik Ürün Şartları standartlarında sapmaların sınırlarını tayin edecek şekilde tanımlayarak, tolere edilen elemanın içinde bulunması gereken tolerans sınırlarını belirlemektedir.

2.1 İş Parçası Hassasiyeti

Üretilen iş parçasını ele aldığımızda onun makro ve mikro olmak üzere iki çeşit yapısından söz edebiliriz. Ancak iki terim arasındaki farkların ne şekilde belirtileceği üzerinde henüz ortak bir anlaşmaya varılamamıştır. Kısaca açıklamak gerekirse; örneğin bir parçanın taşlanmasıyla elde edilen yüzeyin toplam görünüşü ve şeklinin yanında, işlem sonunda meydana gelmiş küçük izlerin ve bunların belirli yerlerdeki derinliklerinin veya

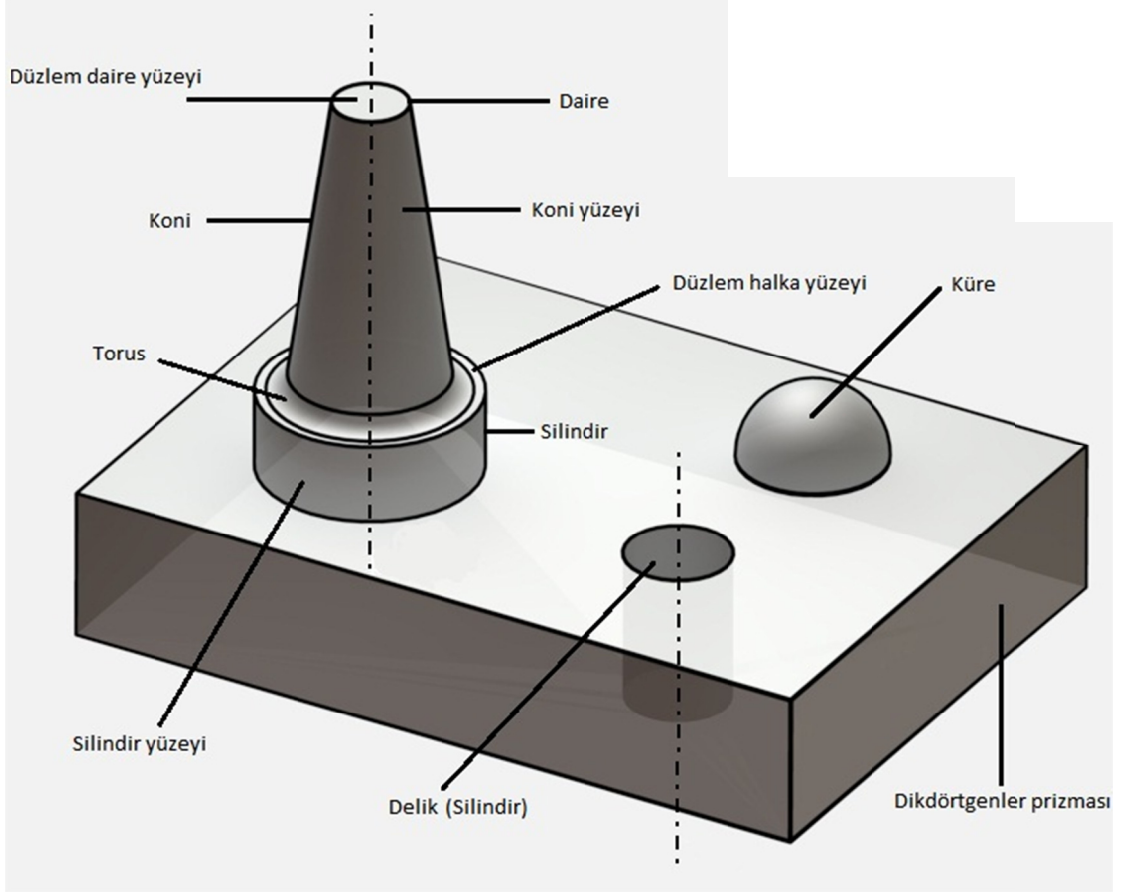
dolgunluklarının durumu mikrojeometri kavramı altında incelenmektedir.

Makrojeometride ise yüzeylerin veya iş parçasını oluşturan şekil elemanlarının tamamını kapsayacak değerlendirmeler makrojeometrik konulardır. Yani aslında mikrojeometrinin toplam olarak meydana getirdiği durum makrojeometridir denilebilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Makro ve mikro geometrinin bir arada gösterilişi

Üretim parçalarının yüzeyi tek tek şekil elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 2.4'de gösterilen örnekte iş parçasının hangi şekil elemanlarından oluşabileceği görülebilir. Üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Üretimden kaynaklanan şekil ve konum sapmaları üretim parçalarının fonksiyonunu önemli ölçüde etkilemektedir.

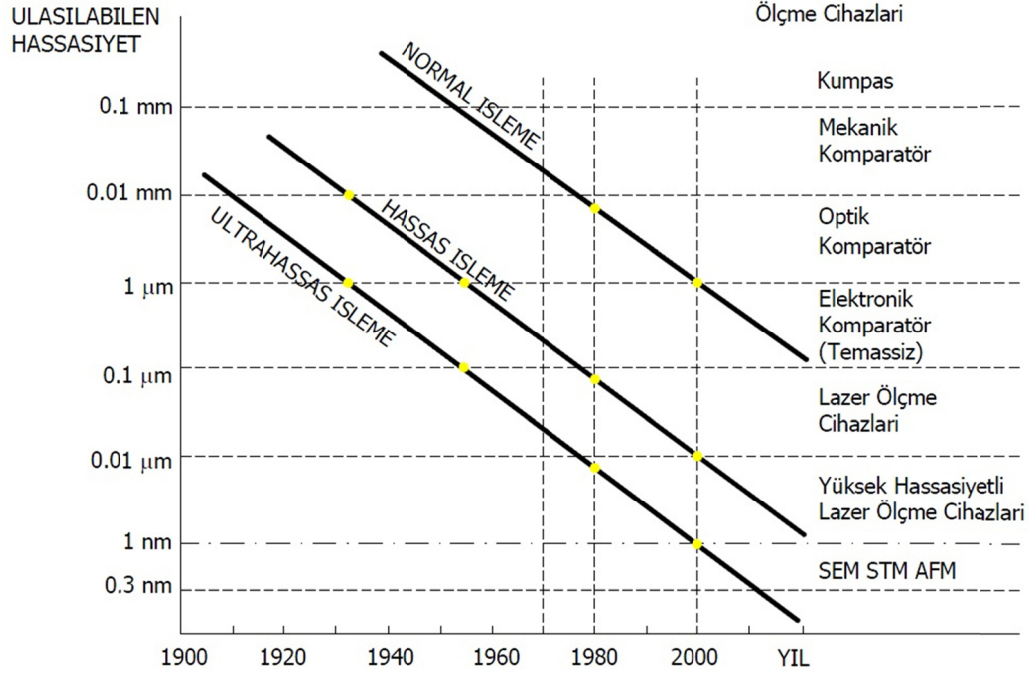


Şekil 2.4 İş parçaları temsili şekil elemanları

İş parçası hassasiyetini ele aldığımızda; üretilecek olan bu iş parçasının ne kadar hassas mikro ve makro yapıya sahip olacağını tasarım aşamasında tayin edilir. Tasarım aşamasında tayin edebilmek için de üretilecek olan iş parçasının hangi koşullar altında nasıl davranması gerektiği öngörülmüş olmalıdır. Örneğin bir mil ve yatak montaj halini düşünersek; temas eden yüzeylerinin pürüzlülük değeri çok düşük olmalıdır ve şekil sapması da olabildiğince az olmalıdır. Eğer bu saptmaların fazla olduğu düşünülürse montaj halinde olan mil ve diğer yataklama yapan iş parçaları sağlıklı çalışamaz ve bunun sonucunda titreşim, gürültü, güç kaybı ve sonuç olarak iş parçası ömür kısalması vb. olarak olumsuz durumlar ortaya çıkar. Başka örnek vermek gerekirse; cam imalat kalıpları düşünüldüğünde yüzey kalitesinin çok iyi olması gerektiği bilinmelidir. Üretilmek istenen cam ürünün net ve parlak olması isteniyorsa kalıbının da o derecede yüzey pürüzlülüğü olmamalıdır. Sonuç olarak iş parçası hassasiyeti elde edilmek istenen sonucun hassasiyetine bağlıdır denebilir ve bu tasarım aşamasında düşünülerek karar verilen bir durumdur. Bu belirleme yüzey pürüzlülüğü tolerans tayini ve geometrik toleranslandırma ihtiyacı doğurur. İş parçasının çalışma ortamı ve montaj halinde iken diğer parçalarla birlikte çalışma durumu düşünüldüğünde bu tolerans değerlerinin belirlenmesinin önemi anlaşılabilir.

2.1.1 İş Parçası Hassasiyeti – Ölçüm İlişkisi

İş parçası hassasiyeti – Ölçüm İlişkisini Şekil 2.5’de zaman içerisinde, işleme operasyonlarıyla ulaşılabilen hassasiyet dereceleri ile bu mertebelerdeki boyutları ölçmeye muktedir cihazları göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 2.5 İmalat hassasiyet dereceleri (Durakbaşa, 2003)

İş parçasının ne kadar hassas üretildiğini bilebilmemiz için onun ölçülmüş olması gerekir. Yani üretilen parçanın hassasiyetinin tayini ölçme teknolojisinin gelişimi ile paraleldir. Başka bir deyişle bir Ar-Ge mühendisi veya bir tasarımcı ölçülemeyecek bir toleransı vermesi söz konusu değildir. Ölçme tekniğindeki gelişmeler sonucunda daha hassas imalat gerçekleştirilebilecektir.

2.2 Yüzey (Skin) Model

Geometrik mamul şartları için çeşitli kavram ve tanımlamalar mevcuttur ancak bunlardan biri de Yüzey Model’dir. Yüzey Model iş parçası ve onun çevresi arasındaki fiziksel arayüzün geometrik modelidir. İş parçası etrafında iş parçasının ideal şekil elemanlarını da göz önüne alarak ideal olmayan geometrik yapısını tanımlar. Şekil 2.6’te görüldüğü gibi gerçek yapı, üretim prosesleri ve şartlarına bağlı olarak ideal olmayan yapıdır. Oysa ideal yapı sadece teorik olarak mevcuttur (Durakbaşa vd., 2001).



Şekil 2.6 Nominal yüzey / gerçek yüzey (Durakbaşa vd., 2001)

Yüzey model bazı genel ve temel tanımlamalara dayanır ve aritmetikte olduğu gibi bazı matematiksel işlemlerle karşılaştırılabilen “İşlemler” diye adlandırılan bazı araçlar kullanır.

Yüzey model yapısında uygulanan işlemler;

1. Bölümleme
2. Çıkarım (Alınan noktaların değerlendirilmesi)
3. Filtreleme (Alınan noktalar bazında)
4. İlişki yaratma (Değerlendirme metoduna göre)
5. Derleme (Ortak kıyas durumuna getirme)
6. Tasarlama (Çizgi yaratma)
7. Değerlendirme (Sapma veya çapın belirlenmesi)

olarak sıralanır.

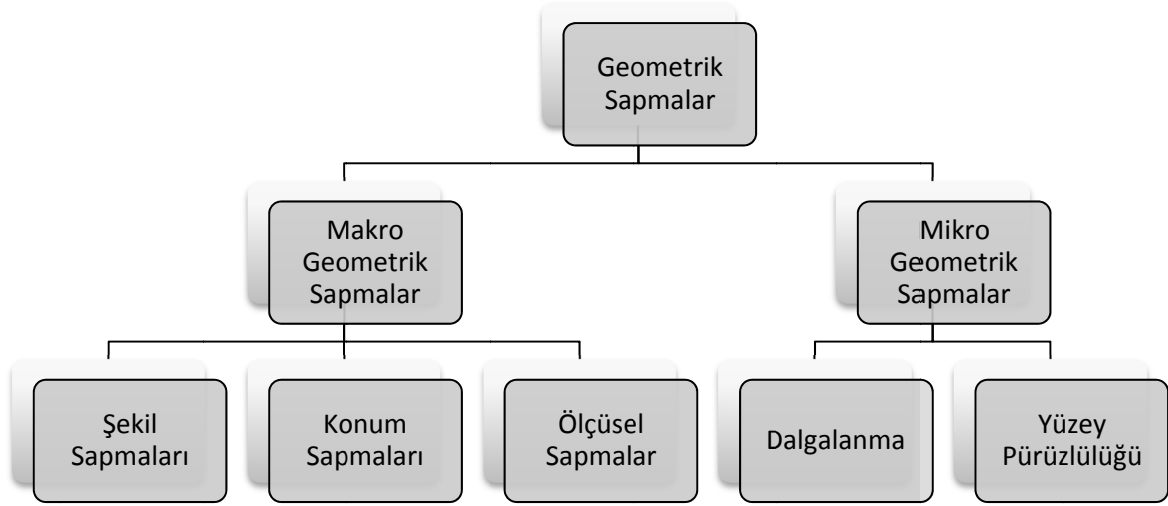
Konseptin prensibini, geometrik mamul şartlarının koordinat ölçme tekniği temelinde yüzey modeline uygulanması oluşturmaktadır. Bu konsept çerçevesinde; ölçme stratejileri, imalattan alınan örnekler, tasarım ve teknik resimden elde edilebilecek nominal geometrik karakteristikler yardımıyla belirlenirler (Durakbaşa ve Nomak, 2001).

Yukarıda sıralanan işlemler hem tasarım hem de üretilmiş iş parçalarının doğrulanması gayesinde sırayla uygulanırlar. İş parçası ölçme işlemleri yüzey model ve tespit edilen karakteristiklere uygun olarak gerçekleştirilir. Bunun sonucunda yüzey modelden elde edilen karakteristikler ve iş parçası gerçek geometrik yapısının ölçülmesi sonucu ortaya çıkan ölçüm sonuçları karşılaştırılabilir.

3. ŞEKİL VE KONUM SAPMALARI

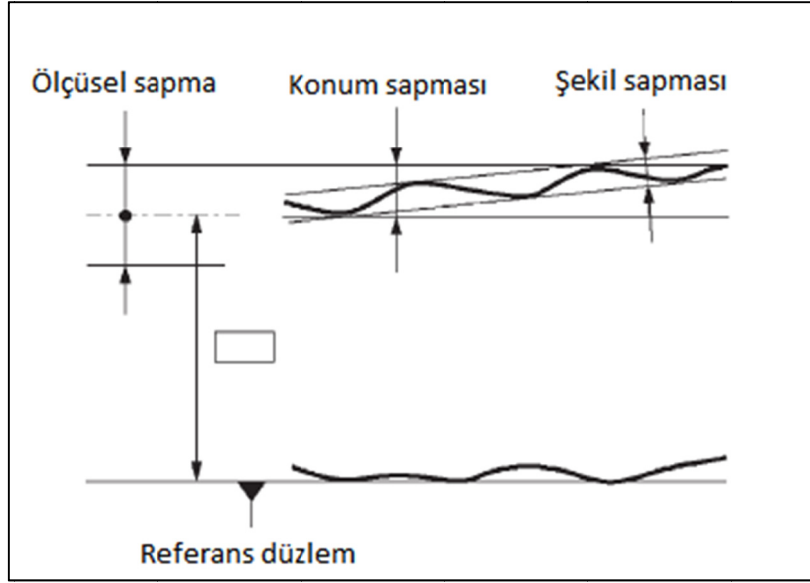
Üretim parçalarının yüzeyleri tek tek şekil elemanlarından oluşmaktadır. Üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Üretimden kaynaklanan şekil ve konum sapmaları üretim parçalarının fonksiyonunu önemli ölçüde etkilemektedir.

Sapmaları üretilmiş iş parçalarında gruplandırmak mümkündür. Geometrik sapmaları sadece şekil (form) ve konum sapmaları olarak ele alamayız. Bunun yanında ölçüsel sapmalar ve mikro boyutta düşünebileceğimiz dalgalanma ve yüzey pürüzlülüğü durumları da geometrik sapma olarak düşünülmelidir. Üretilmiş iş parçalarında bulunan sapmaları aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür.

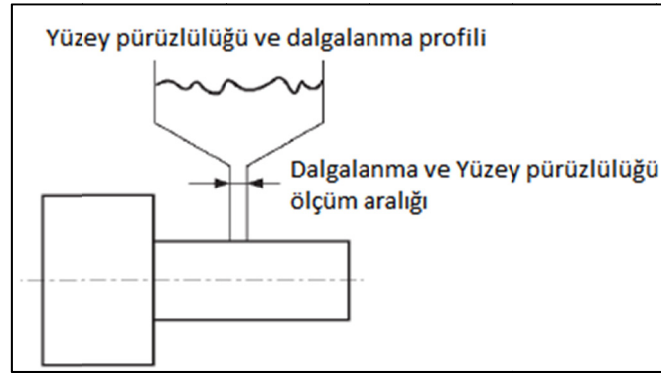


Şekil 3.1 Geometrik sapmaların gruplandırılması (Kurt, 2007)

Şekil sapmaları geometrik eleman, yüzey veya eksen gibi şekil elemanlarının nominal durumundan sapması anlamına gelmektedir. Konum sapmaları şekil elemanının nominal şeklinden ve konumundan sapması anlamına gelmektedir. Konum terimi referans düzleme bağımlı bir terimdir. Ayrıca konum sapması şekil sapmasını kapsar. Geometrik sapmaların gösterimi Şekil 3.2 ve 3.3'te belirtilmiştir.



Şekil 3.2 Şekil, konum ve ölçü sapması (Henzold, 2006)



Şekil 3.3 Yüzey pürüzlülüğü ve dalgalanma değerlendirilmesi (Henzold, 2006)

Ölçüm parçaları işleme sırasında genelde üç tür hata şekline maruz kalırlar. Bunlar istenilen boyutta, istenilen geometrik şekilde ve istenilen yüzey pürüzlülüğü değerinde parçaların elde edilememesine sebep olur. Bu hataların oluş biçimi üretim şekli ve metotlarına göre değişiklik gösterir.

Bu hatalardan ideal geometrik şekilden sapma (form) ve yüzey pürüzlüğü hataları genel olarak yüzey hatalarını oluştururlar (Çizelge 3.1). Form hatalarını, yüzey pürüzlülük hatalarıyla karıştırmamak gerekir. İlki ideal geometrik şekilden sapma iken, ikincisi ise yüzeydeki girinti ve çıkıntılardır.

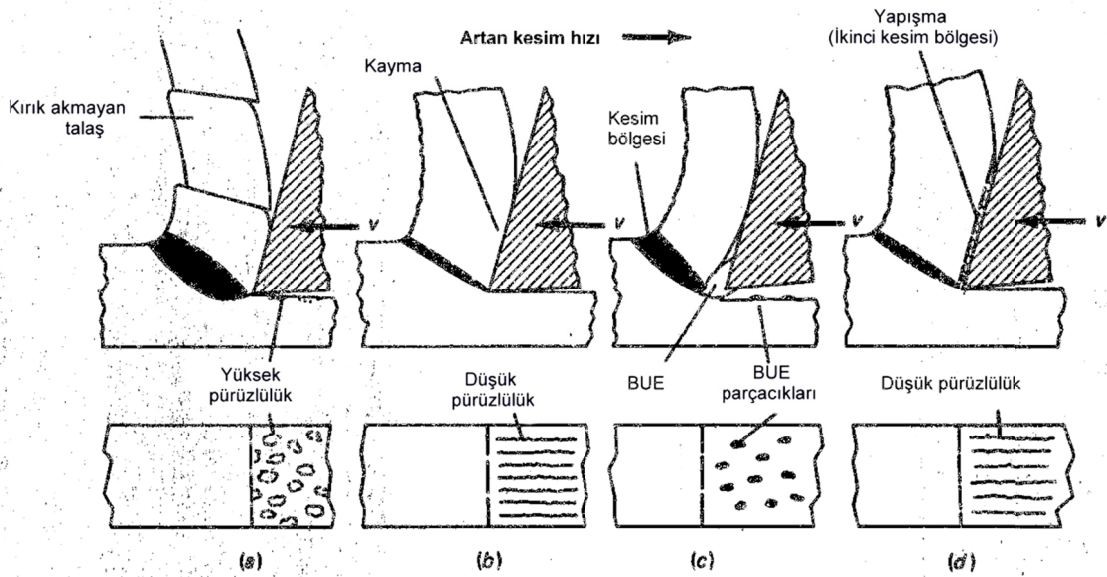
İş parçası üzerindeki şekil hatalarını dört grupta toplayabiliriz (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Genel yüzey hataları (Sander, 1991)

Form hatası	: Uzunluğu genliğinin (tepe yüksekliğinin) yaklaşık 1000 katı olan hatalardır
Dalgalık	: Uzunluğu genliğinin (tepe yüksekliğinin) yaklaşık 100 ile 1000 katı arasında olan hatalardır
Yüzey pürüzlülüğü	: Uzunluğu genliğinin (tepe yüksekliğinin) yaklaşık 5 ile 100 katı arasında olan hatalardır

3.1 Yüzey Pürüzlülük Hataları

Yüzey pürüzlülük hataları genelde tornalama, taşlama ve parlatma gibi işlemlerde kalem ucunun veya taş parçacıklarının bıraktığı izlerden kaynaklanır. Üretim esnasında kesme hızı, ilerleme miktarı, talaşın sürekliliği, kesme sıvısı, takımın geometrisi gibi unsurlar yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkiler. Şekil 3.4’de örnek olarak tornalama işlemi sırasında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi rahatlıkla görülmektedir.



Şekil 3.4 Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi (Aksulu M.)

Süreksiz talaş oluşumlu imalatta ve düşük devirli kesimlerde sünek (ductile) malzemeler için kesme kuvvetleri sürekli dalgalanma gösterir (Şekil 3.4-a). Sonuçta yeni yüzey yırtılmış bir görünüm alır. Çelikler için bu hız sınırı 2 m/dak’dır.

Kesim hızı artırılıp, kesme sıvısı kullanılırsa, talaş kesme kaleminin ön yüzeyinden kayarak hareket eder. Dolayısıyla talaş süreklilik gösterir. Oluşan yüzey daha pürüzsüz olur (Şekil 3.4-

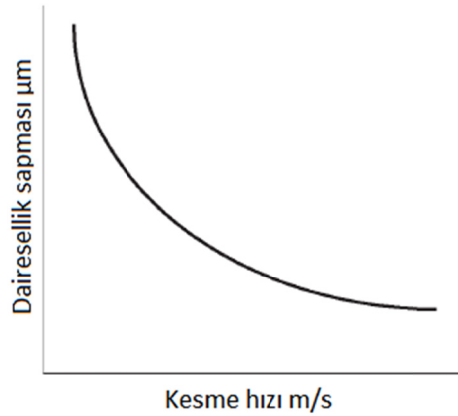
b). Çeliklerde bu hız 7 m/dak'dır.

Talaş alma işlemlerinde eğer kesme hızı daha da artırılırsa, ısı oluşumundan dolayı sıcaklık fazlaca artar. Bu nedenle sistem enerjisini en aza indirmek için kendisine optimum geometri arar. Bu durumda kesme kaleminin ucunda ölü metal bölgesi oluşur (BUE). Kesme işlemi böylelikle ölü metal bölgesinde meydana gelir. Bu durum sistemin enerjisini düşürür fakat boyutsal kontrol da kaybolur. Çünkü ölü metal bölgesi (BUE) periyodik olarak dengesizdir. Sonuçta kesimden sonra metal kümeler halinde yüzeye yapışarak yüzey kalitesini düşürür (Şekil 3.4-c). Çelikler için bu hız 20 m/dak'dır.

Kesme hızı bu kritik hızdan daha fazla olursa ölü metal bölgesi ısınarak kaybolur. Aslında bu kısım ikinci kesim bölgesini oluşturur. Yüzey kalitesi buna paralel olarak da artar (Şekil 3.4-d) . Bu kesim hızı da çelikler için 40 m/dak'dır.

3.2 Form ve Dalgalık Hataları

Form ve dalgalık hataları parçanın ideal geometrik şekilden sapması olarak tanımlanır. Üretim sırasında ortaya çıkan bu hatalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 3.5 Kesme hızına bağlı olarak dairesellik sapması (Henzold, 2006)

3.2.1 Titreşim (Vibrasyon)

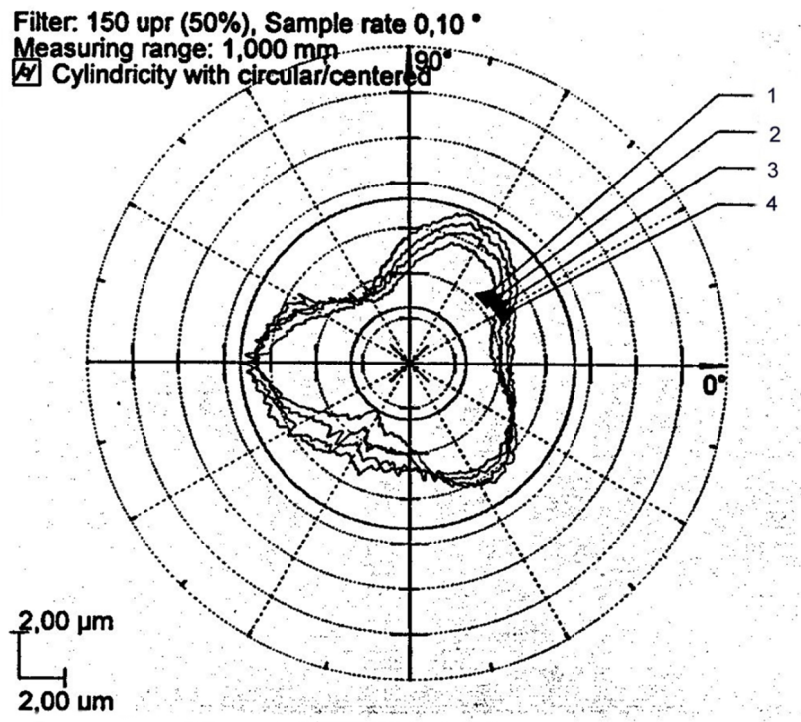
Genelde yeterli rijitliğe sahip olmayan kesme kalemleri, uzun iş parçaları, doğru konumlanmamış ve yataklanmamış tezgâhlar titreşime açıktırlar. Titreşimli kesme kalemleriyle yapılan tornalama ve frezeleme işlemleri parçaların yüzeylerinde periyodik olarak dalgalanma meydana getirir. Ayrıca oluk ve kılavuz açma, pah kırma gibi form işlemlerinde kalem uçlarında titreşime sıkça rastlanmaktadır. Bu işlemler için düşük kesme hızları ve kesme sıvısı kullanımı titreşimin verdiği hataları azaltır. Kalem ucundan kaynaklan

form ve geometri hatalarını en aza indirmek için genelde kesme ucu yarıçapı daha düşük seçilir. Fakat bu durum parçanın yüzey kalitesini düşürür.

3.2.2 İş Parçası Bağlama

3.2.2.1 Aşırı Bağlama Kuvvetinden Kaynaklanan Form Hataları

Aşırı bağlama kuvvetinden kaynaklanan form hataları; ayna, fikstür gibi bağlama aparatlarında parça bağlanırken gereğinden fazla kuvvet uygulanırsa, iş parçasında istenmeyen deformasyon meydana getirir. Parça ya doğrudan bu sıkma kuvvetiyle plastik deformasyona uğrar veya fazla/az talaş almaya sebep olarak formu bozulur.



Şekil 3.6 Tornalama sırasında aynada aşırı sıkıştırılmış iş parçası - 3 lob hatası (Huang, 2000)

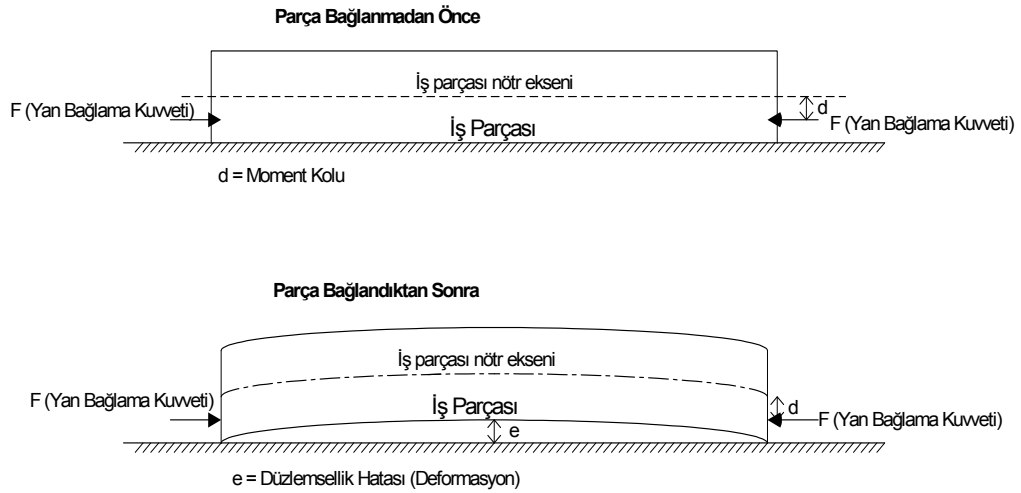
Şekil 3.6'da görüldüğü gibi tornalama işlemi yapılacak olan parça aynada 3 noktadan aşırı derecede sıkıştırılmıştır. Bunun sonucunda parça üzerinde bu 3 noktada mikron mertebesinde içe çökme meydana gelmiştir. Sonuç olarak iş parçası üzerinde en çok rastlanan form hatalarından biri meydana gelmiş olur.

3.2.2.2 Eksantrik bağlanma

Tornalama işleminde iş parçası tezgâh üzerinde kızak eksenine tam olarak paralel bağlanmalıdır. Fakat bu her zaman için kolay bir iş değildir. İş parçasının kızak eksenine tam paralel olmaması, kalemin iş parçasını istenilen geometride işlememesine yol açacaktır. Bu tür işleme iş parçasında silindiriklik veya paralellik hataları ortaya çıkarır.

3.2.2.3 Yanlış Parça Konumlanması Ve Bağlanması

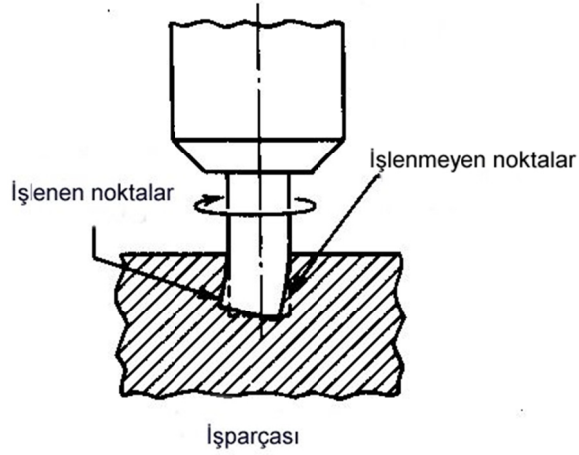
Şekil 3.7’de işlenecek parçanın doğru bağlanmamasından dolayı nasıl form hatası meydana geldiği gösterilmiştir. Bilindiği gibi ince uzun iş parçaları eğilme ve bükülmeye karşı hassastırlar. Bunların bağlanmasında iş parçasının nötr eksenine dikkate alınmalıdır. Eğer parçanın konumlanması ve bağlanması sırasında yan kuvvetlerin etki noktası nötr eksenin altında veya üstünde olması iş parçasının eğilip bükülmesine neden olacaktır. Bu nedenle parça konumlanırken bu yan kuvvetlerin etki noktasının iş parçasının nötr ekseninden geçmesine özen gösterilmelidir.



Şekil 3.7 Parça konumlanması ve bağlanmasının form hatalarına etkisi

3.2.3 Kesici Takımların Geometrik Hataları ve Yüzeylerindeki Fazla Aşınma

Kesici takımların geometrik hataları ve yüzeylerindeki fazla aşınma durumu da söz konusu olduğunda aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi kalem uçlarının eksenden sapması, doğru geometriye sahip olmaması ve fazla aşınması iş parçası üzerinde form hatalarına neden olur (Şekil 3.8).



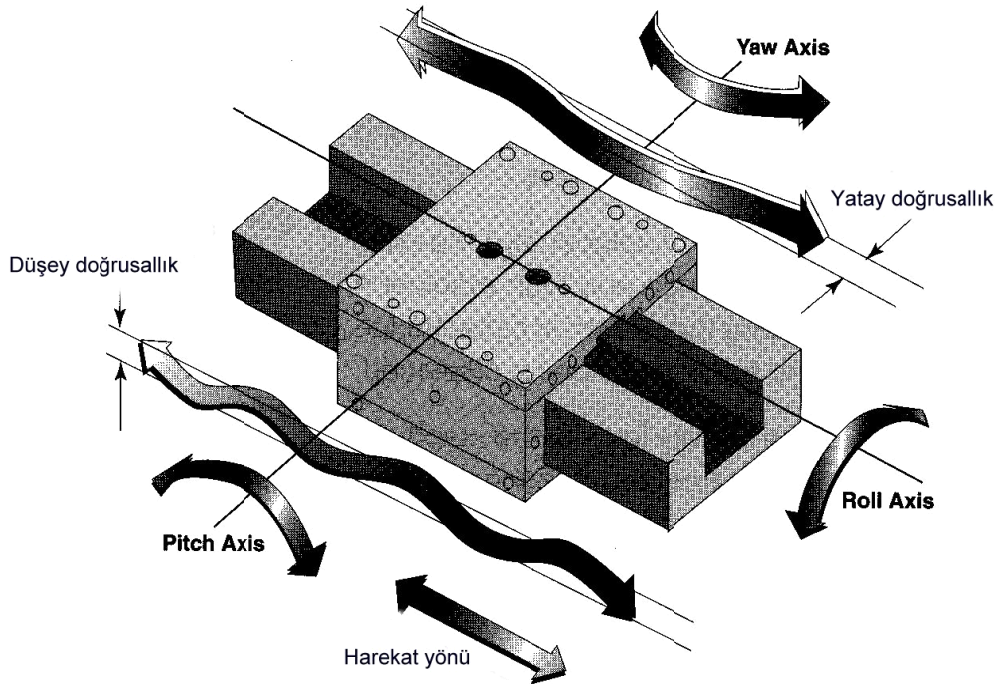
Şekil 3.8 Kesici takımların geometrik hataları

3.2.4 Malzeme Sertleştirme İşlemlerinden Kaynaklanan Bozulmalar

Parçanın işlenmesi sonunda yüksek sıcaklıktaki fırınlarda malzeme sertleştirmesinde sıcaklığın meydana getirdiği form hatalarıdır.

3.2.5 Kayık - Kızak Sistemindeki Hatalar

Kayık-kızak sisteminin yatay ve dikey doğrultudaki doğrusalık hataları kesici takımları dolaylı olarak etkileyeceğinden, iş parçası üzerinde doğrusalık, diklik ve silindiriklik gibi form hataları meydana getirir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Takım tezgâhlarının geometrik hataları

3.2.6 Parça İşlenmesi Sırasındaki Termal Bozulma

Parça işlenmesi sırasında özellikle kesici takımların temas ettiği yüzeyler aşırı ısınırlar. Aşırı ısınmanın meydana getirdiği sıcaklığın homojen olarak parça üzerinde dağılmamasından dolayı parça üzerinde bütün form hatalarından herhangi biri meydana gelebilir.






Şekil sapmaları hem talaşsız hem de talaşlı imalat operasyonlarında meydana gelebilir. Talaşsız imalat operasyonları olarak plastik enjeksiyon, dövme, bükme vb. örnek verilebilir. Talaşlı imalatta ise; parçanın sabitlenme (bağlanma) şekli, parçanın geometrik ölçüleri, kullanılan kesici takımlar, talaş kaldırma stili, kesme hızı, tezgâh rijitliği vb. sebeplerden dolayı şekil sapmaları oluşur.

Ek olarak işleme esnasında temas ve sürtünme şartlarındaki değişikliklerin yanı sıra işletme hataları üretilen iş parçalarında şekilsel ve konum sapmalarına neden olur. Birçok farklı sebepler genelde aynı zamanda imalat sonuçlarına etkir.

Çizelge 3.2 VDI 2601'e göre şekilsel sapmaların sebepleri

Çalışılan makine veya işleme merkezine bağlı nedenler	İş parçasına bağlı nedenler	Çevreye bağlı nedenler
<ul style="list-style-type: none"> Makine hareketli elemanlarının kılavuz ve yataklamalarına bağlı olarak şeklin statik veya dinamik sapmaları Hareketli elemanların konum sapmaları Makinenin elastik deformasyonu, kılavuzların veya takımların Takım aşınması Makine ile takım arasındaki titreşimler 	<ul style="list-style-type: none"> Malzemenin homojen yapıda olmaması İşleme esnasında iş parçasının deformasyonu İşleme esnasında farklı kısmi sıcaklıkların oluşumu İşlemeden sonra kendini çekme veya büzülme İşlemeden sonra iç gerilmenin ortaya çıkması Sertleşmeye bağlı deformasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Sıcaklık dalgalanmaları Çevreden makineye aktarılan titreşimler

Şekil 3.10'te geometrik sapmalar ve meydana gelme nedenleri sınıflandırılmıştır. Şekil sapmalarının iş parçasının makro ve mikro yapısı ile nasıl ilgili olduğu bu sınıflandırmanın anlaşılabilir.

Geometrik sapma Profil kesit	Açıklama Etken örnekleri
1. Şekil 	Kesici takım yönelme hatası, iş parçası veya kesici takım sapması (eğilmesi), fikstür hatası, salgı, aşınma
2. Dalgalanma 	Eksenden kaçık fikstür, takım şekil sapması, titreşim
3. Pürüzlülük 	Kesici ucun şekli, takımın aksenel veya radyal dalması
4. Pürüzlülük 	Kesme esnasında talaşın hangi formda olduğu, kumlama etkisiyle deformasyon, tomurcuklanma
5. Pürüzlülük Gösterilemez	Kristalleşme süreci, aşındırıcı etkisi,
6. pürüzlülük Gösterilemez	Kristal yapısı
Üstüste bindirilmiş durum 	Gerçek yüzey yapısı

Şekil 3.10 Geometrik sapmaların sınıflandırılması ve gerçek yüzey yapısı (DIN 4760)

3.3 Şekil Sapmalarının Etkileri

İş parçası üzerindeki şekil sapmalarının birçok etkisi olmakla birlikte en etkili ve en çok karşılaşılan şekil sapmalarının etkilerini kısaca şöyle sıralayabiliriz;

- Parçaların kalitesiz bir şekilde montaj edilmesine
- Zor bir montaj yapılmasına
- Düzensiz hareketlerin oluşmasına
- Mekanik verimsizlik
- Parça ömrünün azalması
- Yüzeylerin yetersiz temasına
- Çalışma esnasında ses ve gürültü oluşmasına
- Çalışma esnasında titreşime

Şekil sapması ihtiva eden iş parçaları istenilen teknik spesifikasyonlara göre birbirine montaj yapılamaz ya da zor bir montaj yapılır. Buna örnek olarak Mil – Delik düşünülebilir. Mil ve delik birbirine herhangi bir şekil sapmasından dolayı uyumlu olmadığı için ya hiç montaj

edilemez ya da oldukça sıkı bir şekilde montaj edilir. Pim ya da cıvatalar delik eksenleri tam karşılamadığı için ya hiç montaj edilemez ya da oldukça sıkı bir şekilde montaj edilir. Uygun olmayan şartlarda montaj yapılmış olan bir sistem kararlı ve düzenli bir çalışma gösteremez bu da mekanik verimsizliğe, güç ve enerji kaybına sebebiyet verir. Aşırı güç ve enerji kullanarak çalışan bir sistemin ya da sistemdeki bazı parçaların ömrü azalır. Şekil bozukluklarından dolayı yüzeyler birbiri ile homojen ve istikrarlı bir biçimde temas etmediği için aşırı sürtünmeye, sürtünme sebebi ile ses-gürültü oluşmasına, ses-gürültü ile ortaya çıkan enerji ve gerilmeden dolayı titreşimlere sebebiyet verir (Kurt, 2007).

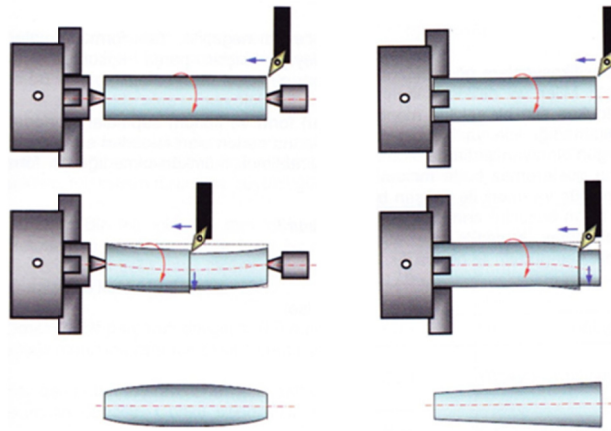
4. GEOMETRİK TOLERANSLAR

İmal edilen parçaların şekil elemanları, daima bir ölçüye ve bir geometrik şekle sahiptir. Her üretim prosesi (imalat operasyonu) imal edilen parçada şekil ve konum sapmalarına neden olur. Yani üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Şekil ve konum sapmalarının hiçbir imalat prosesinde engellenemeyeceğinin farkına varmak, onu kontrol altına almamız gerektiğini gösterir. Şekil ve konum sapmalarını kontrol altına alabilmek için;

- Geometrik toleranslandırmaya
- Ölçüm yöntemlerine
- Ölçüm ekipmanlarına

ihtiyacımız bulunmaktadır (Kurt, 2007).

Ayrıca şekil sapmalarına neden olan faktörleri de değerlendirip bunları neredeyse etkisiz hale getirmek şekil sapmalarını kontrol altına almak için oldukça etkili olur. Örneğin torna tezgâhından çıkmış bir iş parçasını düşünürsek, torna tezgâhındaki işleme esnasında parça üzerine etkiyen kesme kuvveti -eğer parça puntasız sabitlendiyse- iş parçasının sehim yapmasına ve dolayısıyla işlem bittikten sonra iş parçasının konik bir şekle sahip olmasına sebep olacaktır. Biz bu konikliği belki yok edemeyiz ama sınırlandırabiliriz. İşte burada devreye toleranslandırma girer ve eğer biz bu iş parçasına silindiriklik toleransı verirsek onu belli bir değer aralığına sınırlandırmış oluruz ve sonuçta bu konikliği kontrol altına almış oluruz. Ayrıca bu silindiriklik toleransını verdiğimizde sadece konikliği değil iş parçasında meydana gelebilecek diğer tüm silindiriklik hatalarını da sınırlandırmış yani kontrol altına almış oluruz. Bunun sembolik açıklaması Şekil 4.1’de verilmiştir.



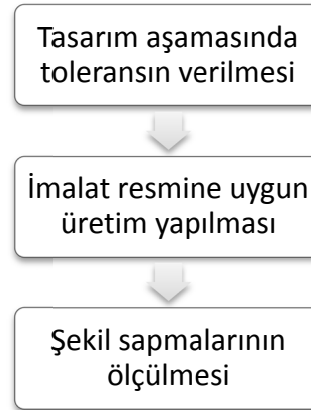
Şekil 4.1 Torna da şekil sapması

4.1 Şekilsel Sapmaların Kontrolü

Bir iş parçasında şekil elemanlarının geometrisini ve ölçülerini garanti altına almak için imalat resminde ölçüsel ve geometrik toleranslandırma tam olmalıdır. Yani anlaşılmaz veya imal edenin ve kontrol edenin inisiyatifine bırakılmamalıdır. Böylece iş parçası imalatı ölçüsel açıdan bir anlamda kontrol altına alınmış olur.

Geometrik toleransların iş parçası imalat resmine atanmasının sebebi şekilsel sapmaların kontrolünü sağlamaktır. Şekilsel sapma çeşitleri analiz edildiğinde ortaya çıkan geometrik tanımlamalar şu anda var olan geometrik toleransların gerekliliğini ortaya koyar. İleride de değinilecek olan ‐Tolerans Bölgesi‐ tanımlandığında, ilgili şekilsel sapmanın bu bölge içerisinde var olduğu veya olabileceği anlaşılır.

Şekilsel sapmaların kontrolü, önce tasarım aşamasında iş parçasının sahip olması gereken hassasiyet yani bunun sonucunda tolerans değerinin verilmesi, ölçüm yöntemleri ve ölçüm ekipmanlarıyla gerçekleştirilir. Şekilsel sapmaların kontrolü Şekil 4.2’de akış şeması olarak gösterilmiştir. Şekilsel sapmaları kontrol etmek için yani şekil sapmasının var olup olmadığının farkına varmak için modern metrolojide ölçüm yöntemi ve ölçüm cihazı kullanılır.



Şekil 4.2 İş parçası şekilsel sapmalarının kontrolü

4.2 Şekil ve Konum Toleransları

Şekil ve konum toleransları iş parçası üzerindeki geometrik özelliklerin aralarındaki ilişkileri belirtmede kullanılır. Şekil toleransları bir elemanın geometrik ideal şeklinden kabul edilir sapmaların sınırlarını tayin etmektedir. Bu toleranslar elemanın içinde bulunması gereken tolerans kuşağını belirlemektedir. Şekil toleranslarının referansları genellikle şekil elemanlarıdır.

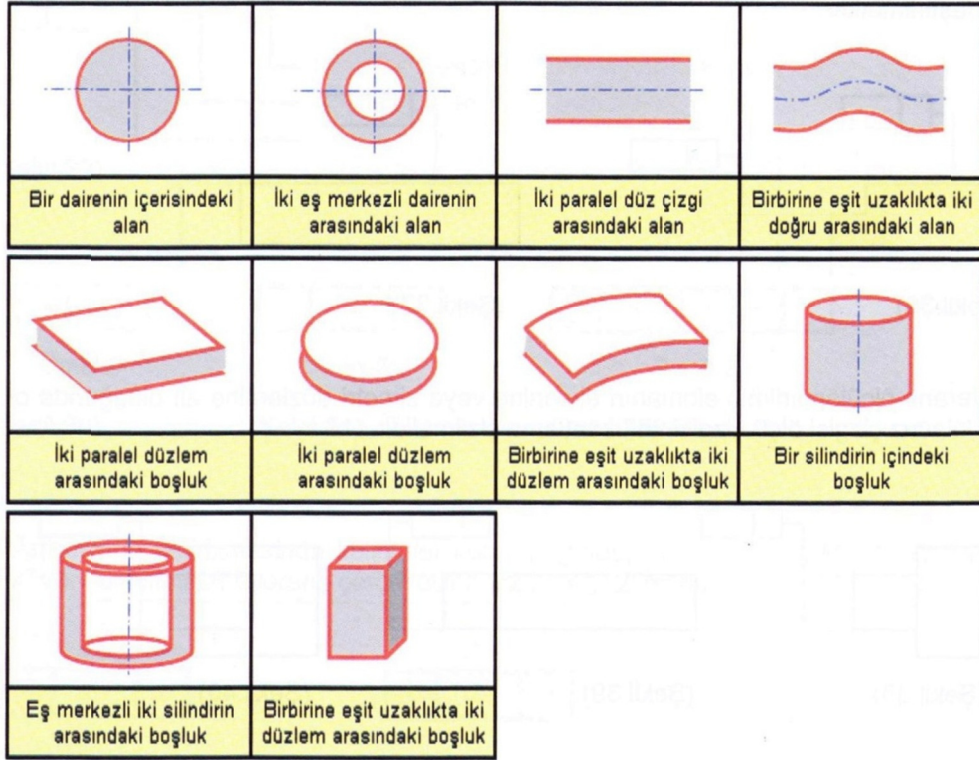
Konum toleransları ise iki veya daha fazla elemanın birbirleri arasındaki geometrik ideal konumdan, kabul edilir sapmalarını sınırlamaktadır. Bu elemanlardan en az bir tanesi referans elemanı olarak belirlenmektedir. Gerekli takdirde daha fazla referans belirlenebilir. Geometrik bir elemanın konum toleransı, tolere edilen elemanın içinde bulunması gereken tolerans sınırlarını belirlemektedir.

Makine parçalarının üretiminde karşılıklı yer değiştirilebilme prensibine bağlı olarak uygunluk sağlamak için boyut toleransları ile birlikte ayrıca hassas şekil ve konum toleransları kullanılması zorunludur.

4.2.1 Tolerans Bölgesi

Bir veya birkaç geometrik olarak tam çizgi ve yüzeylerle sınırlı ve doğrusal boyutlarla nitelendirilen boşluk veya aralıktır. Toleranslandırılacak elemanın ve o elemana ilişkin boyutlandırma usulüne göre tolerans bölgesi, aşağıdakilerden biridir (TS EN ISO 1101/Mart 2008):

- Bir çemberin içindeki boşluk,
- Eş merkezli çemberlerin arasındaki boşluk,
- İki eş uzaklıktaki çizginin veya iki paralel düz çizginin arasındaki boşluk,
- Bir silindirin içindeki boşluk,
- İki eş aksenal silindirin arasındaki boşluk,
- İki eş uzaklıktaki yüzeyin veya iki paralel düzlemin arasındaki boşluk,
- Bir kürenin içindeki boşluk.



Şekil 4.3 Tolerans bölgeleri (Kurt, 2007)

4.2.2 Geometrik Tolerans Sembolleri

Geometrik toleranslandırmanın amacı teknik resim üzerinde bulunması gereken notları dikkat çekici bir şekilde azaltmaktır. Bu amaca hizmet etmek için geometrik tolerans sembolleri kullanılır. Bu semboller mühendislik, tasarım, imalat, kalite kontrol ve montaj aşamalarından geçen iş parçalarının fonksiyonel talepleri ile buluşması için nelerin gerekli olduğunu izah etmeyi ve anlamayı sağlar.

Çizelge 4.1 Geometrik özellikler için semboller (TS EN ISO 1101/Mart 2008)

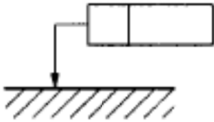
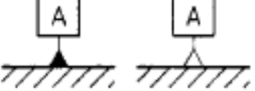


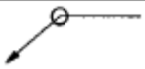
Toleranslar	Özellikler	Sembol	Gereken referans
Şekil	Doğruluk	—	hayır
	Düzlemselik	□	hayır
	Dairelik	○	hayır
	Silindiriklik	∅	hayır
	Herhangi bir çizgi profili	∩	hayır
	Herhangi bir yüzey profili	∪	evet
Yönlendirme	Paralellik	//	evet
	Diklik	⊥	evet
	Eğiklik	∠	evet
	Herhangi bir çizgi profili	∩	evet
	Herhangi bir yüzey profili	∪	evet
Toleranslar	Özellikler	Sembol	Gereken referans
Yer	Konum	⊕	evet veya hayır
	Eş merkezlilik (merkez noktaları için)	⊙	evet
	Eş eksenlilik (eksenler için)	⊙	evet
	Simetriklik	≡	evet
	Herhangi bir çizgi profili	∩	evet
	Herhangi bir yüzey profili	∪	evet
Dönme	Dairesel kaçıklık	↗	evet
	Toplam kaçıklık	↗↘	evet

Çizelgelerden de anlaşılacağı gibi referans düzlem tanımı gerektiren ve gerektirmeyen olacak şekilde veya her iki durumun da geçerli olduğu özellikler mevcuttur.

Ayrıca geometrik tolerans gösteriminde kullanılan ilave semboller mevcuttur. Bu ilave semboller referans düzlem, nominal ölçü ve malzeme şartları gibi görsel kolaylaştırıcı unsurları ihtiva eder. Çizelge 4.2’de TS EN ISO 1101/Mart 2008’e göre ilave semboller görülebilir.

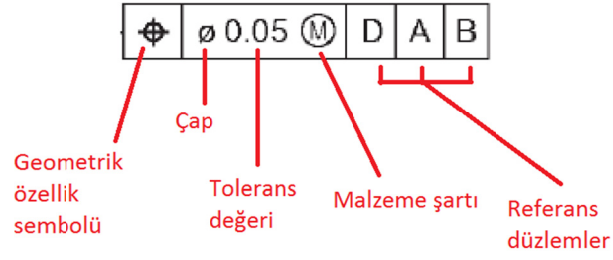
Çizelge 4.2 İlave semboller

Tarif	Sembol
Örtü şartı	ⓔ
Ortak bölge	CZ
Küçük çap	LD
Büyük çap	MD
Adım çapı	PD
Çizgi elemanı	LE
Dışbükey olmayan	NC
Herhangi bir en kesit	ACS

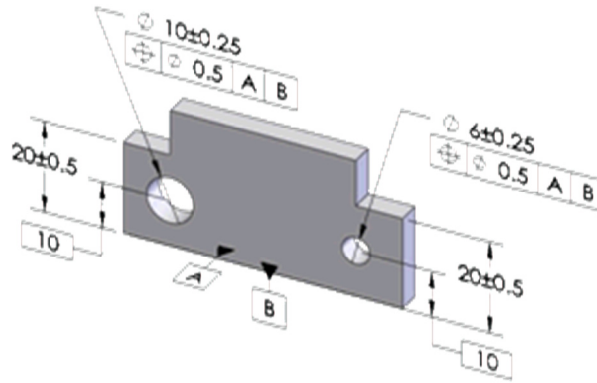
Tarif	Sembol
Toleranslı eleman gösterimi	
Referans eleman gösterimi	
Referans hedef gösterimi	
Teorik tamlıktaki ölçü	
İz düşürülmüş tolerans bölgesi	Ⓟ
Azami malzeme şartı	Ⓜ
Asgari malzeme şartı	Ⓛ
Serbest durum şartı (rijit olmayan bölümler)	ⓕ
Bütün çevre (profil)	

4.2.3 Tolerans Çerçevesi

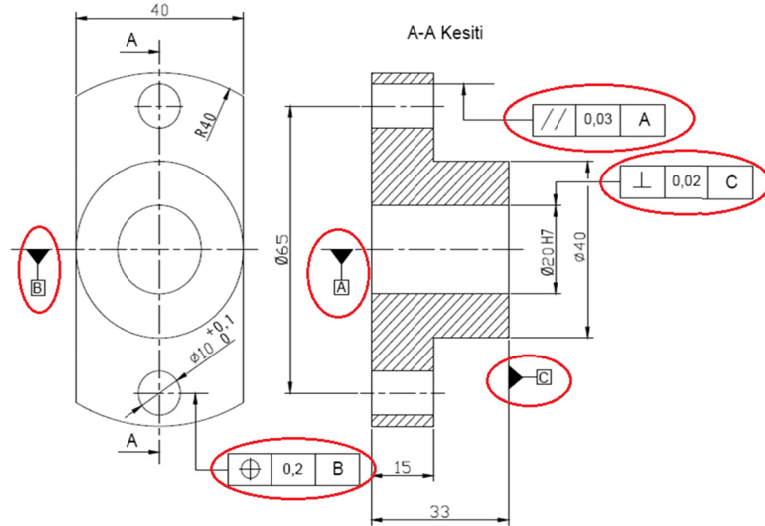
Geometrik toleransların gösterimi bir örnek ile Şekil 4.4'de aşağıda gösterilmiştir. Tolerans çerçevesi genel olarak sembol, tolerans değeri ve eğer gerekiyorsa bağlı bulunduğu referans düzlemi içerir.



Şekil 4.4 Referans düzlem ve malzeme şartı ihtiva eden bir tolerans çerçevesi
Tolerans çerçevelerinin ve bir iş parçası teknik resminde kullanımını örneklendiren durum Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 3 boyutlu geometrik toleranslandırmada tolerans çerçevesinin kullanımı



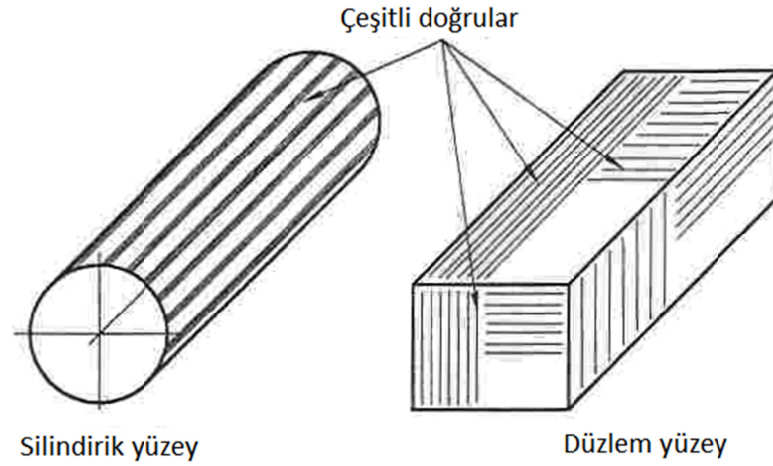
Şekil 4.6 Tolerans çerçevesinin 2 boyutlu teknik resimde kullanımı

4.2.4 Geometrik Tolerans Tarifleri

4.2.4.1 Doğrusallık

ISO 1101'e göre doğrusallık toleransı herhangi bir geometrik parçanın doğrusal çizgilerinin, eksenlerinin, kenarlarının ve yüzeylerinin toleranslandırılmasında kullanılır.

Doğrusallık silindirik veya prizmatik yüzeyler üzerindeki doğru parçalarının durumu için kullanılır.



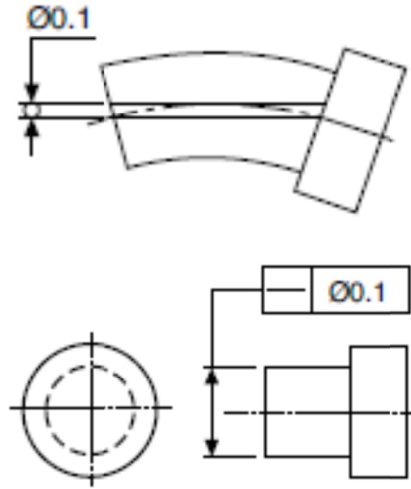
Şekil 4.7 Silindirik veya düzlem yüzey durumlarında doğrusallık

Şekil 4.7'ye baktığımızda doğrusallığı 3 farklı şekilde düşünebiliriz;

- Bir silindir içerisindeki doğrusallık
- İki çizgi arasındaki doğrusallık
- Bir dikdörtgen prizma içerisindeki doğrusallık

Bu üç durum örneklerle aşağıda ifade edilmiştir.

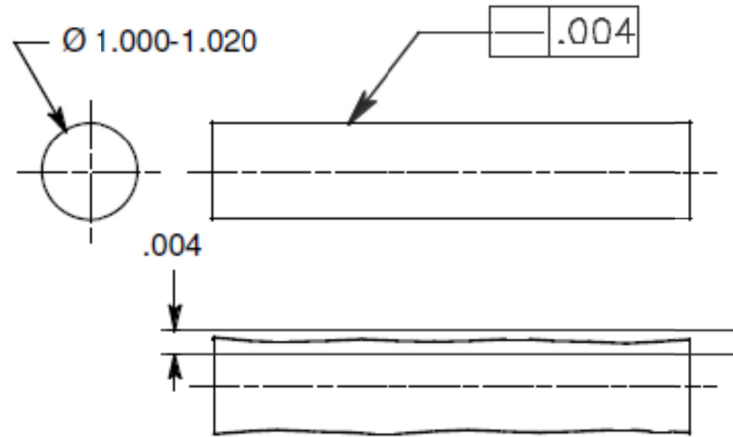
Bir silindir içerisindeki doğrusallık: Tolerans bölgesi belirli çapta bir silindir içerisinde bulunmalıdır.



Şekil 4.8 Bir silindir içerisindeki doğruluk (Simmons vd. 2009)

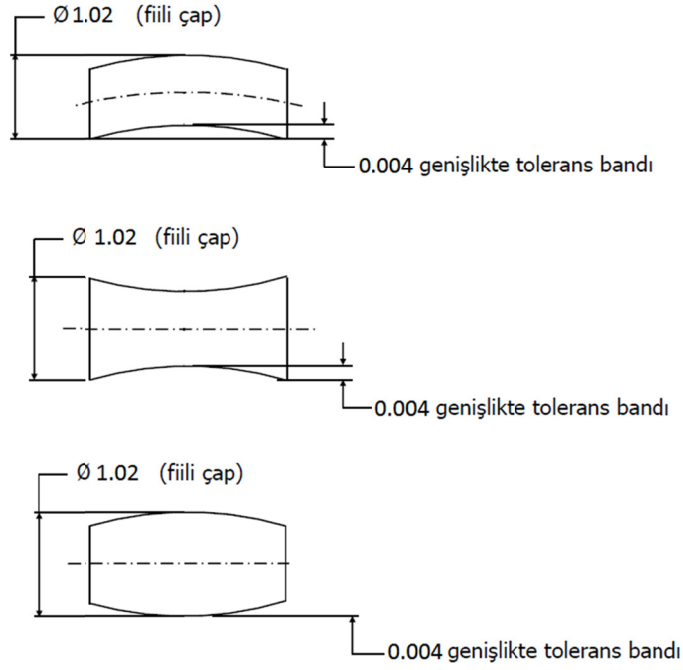
Doğrusallık toleransı Şekil 4.8’te görüldüğü gibi ise, ölçüm prensibi, probun toleranslı yüzeye kesintisiz teması ve parça eksenini etrafında dönmesi ile (veya prob sabit parça kendi eksenini etrafında döner.) polar ölçüm eksenini üzerinde ölçülen daireselliklerin merkezlerinin birbirlerine göre konumundan bir silindir oluşturulması ile eksendeki doğruluk sapması tespiti şeklindedir.

İki çizgi arasındaki doğruluk: Tolerans bölgesi, ölçü düzlemine paralel verilen tolerans ölçüsü kadar birbirinden uzakta iki doğru arasında bulunmalıdır.



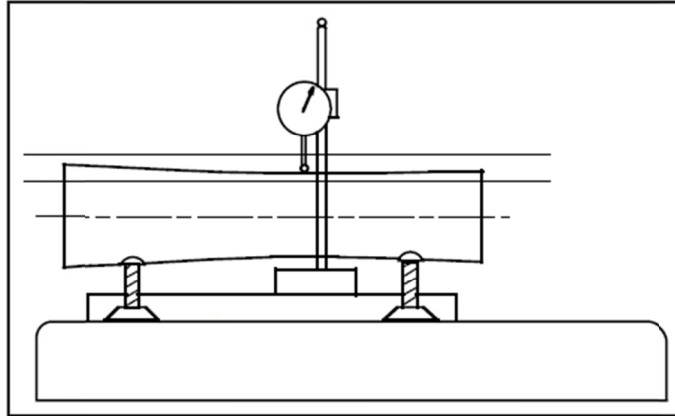
Şekil 4.9 İki çizgi arasındaki doğruluk (Cogorno G. R. 2006)

Şekil 4.9’da görülen doğruluk toleransının iş parçası imalatı sonucunda hangi şekilsel durumlara izin verebileceğini Şekil 4.10’de görebiliriz.



Şekil 4.10 Çap ve doğrusalık toleransı verilmiş iş parçasının üretim çeşitlilik gösterimi

Doğrusallık sapmaları iş parçasının sabitlenerek probu toleranslandırılmış yüzeyin üzerinde ideal bir doğru çizerek şekilde hareket ettirerek saptanır. Ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek nokta arasındaki mesafe doğrusalık sapması olarak nitelendirilir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Doğrusallığın kontrolü (Cogorno G. R. 2006)

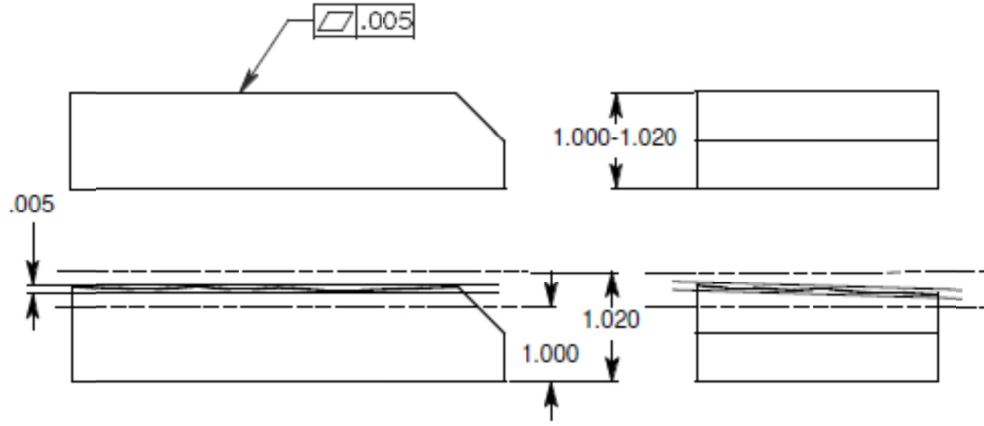
Bir dikdörtgen prizma içerisindeki doğrusalık: Tolerans bölgesi, birbirine dik doğrultuda “t1-t2” kesitli bir dikdörtgen prizma içerisinde bulunmalıdır. İş parçasının farklı iki konumunda verilmiş doğrusalık toleransı olmalıdır. Bu iş parçası bir silindir de olabilir bir dikdörtgenler prizması şeklinde de düşünülebilir.

Bu doğrusalık tipi için saptama yine aynı şekilde “iki çizgi arasındaki doğrusalık” tipinde

olduğu gibi yapılır.

4.2.4.2 Düzlemsellik

Düzlemsellik, bir yüzeye ait bütün elemanların paralel iki düzlem arasında bulunmaları koşuludur.



Şekil 4.12 Ölçü toleransı ile birlikte düzlemsellik toleransının gösterimi

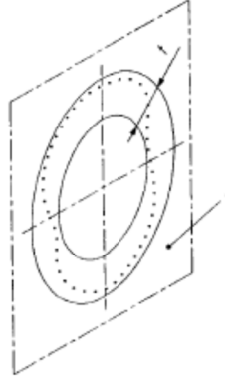
Şekil 4.12’de düzlemsellik toleransının ölçü toleransı içinde kalmak şartıyla kendi içinde nasıl değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.13 Düzlemsellik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

4.2.4.3 Dairesellik

Dairesellik toleransı, bir yüzeyin bütün dairesel elemanlarının içerisinde bulunması gereken, eş merkezli iki daire arasında kalan bölgedir (Şekil 4.14).



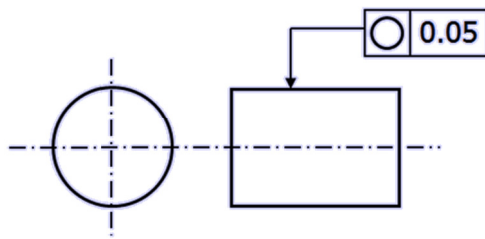
Şekil 4.14 Dairesellik toleransı (TS EN ISO 1101/Mart 2008)

Dairesellik hataları (sapmaları) millerde ve deliklerde genel olarak ovallik diye de tanımlayabileceğimiz dairesellik özellikle ince cidarlı iş parçalarında yüksek değerlere ulaşır. Dairesellik ideal geometrik şekilden tek yönde, iki yönde, üç yönde ve daha fazla yönlerde sapma gösterebilir. Bunun sebepleri iş parçasının sabitlenmesi veya işlenme metodu ile ilgili olabilir.

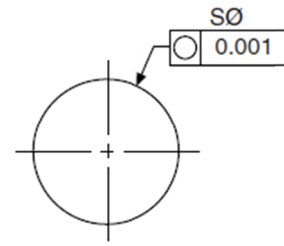
Dairesellik toleransı iki şekilde tanımlanabilir;

- Silindir veya konide, eksene dik herhangi bir kesitin dış zarfı üzerindeki noktaların tümü eksenden eşit mesafede olacak şekilde.
- Kürede ortak merkezden geçen bir düzlemin kestiği küre dış yüzeyine ait tüm noktalar küre merkezinden eşit uzaklıkta bulunması.

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de bu iki dairesellik çeşidi için örnekler görülebilmektedir.



Şekil 4.15 Silindir veya koni için dairesellik



Şekil 4.16 Küre için dairesellik

Dairesellik sapması, prob sabit iş parçası dönerek veya probu toleranslandırılmış yüzeyin etrafında ideal bir daire çizerek hareket ettirerek saptanır. Dairesellik sapması, dönen dairesel simetrik ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek noktalara göre belirlenmiş eş merkezli iki daire arasındaki mesafedir.

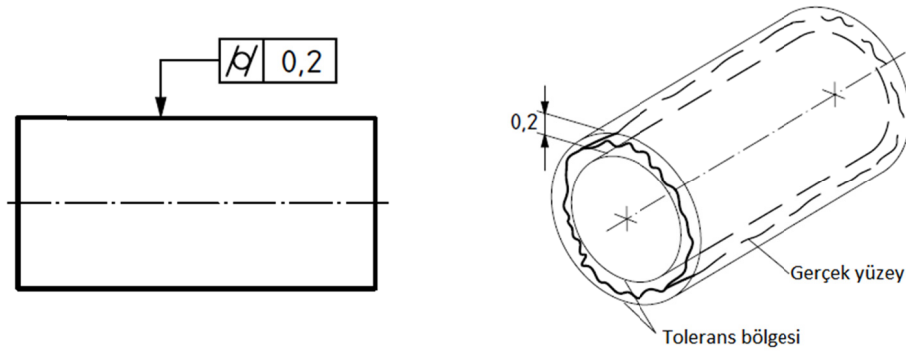
Şekil 4.17'te dairesellik sapmasının ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu görülebilir.



Şekil 4.17 Dairesellik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

4.2.4.4 Silindiriklik

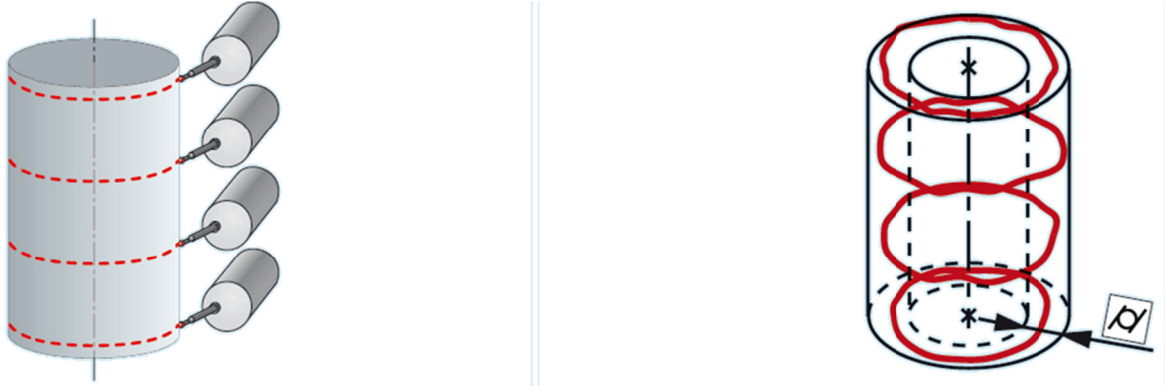
Silindiriklik toleransı, kendi eksenini etrafında dönen simetrik silindirik yüzeylerin ve karşı çalışma parçalarının (delik) toleranslandırılmasında kullanılır. Silindiriklik aslında paralellik, dairesellik ve doğrusallığın toplamı olarak düşünülebilir. Şekil 4.18'de silindirikliğin iş parçasında gösterimi görülebilir.



Şekil 4.18 Silindiriklik toleransı (Nielsen ve Bennich, 2004)

Millerde ve deliklerde genel olarak orta bölge silindirik sapmaları, silindirik yüzeylerdeki dalgalanmalar, koniklikler, silindirik yüzeylerdeki iç büküklükler ve dış büküklükler, milin kendi boyunca herhangi bir konumda ve şekilde eğriliği şeklinde silindirik sapmalarına rastlanır.

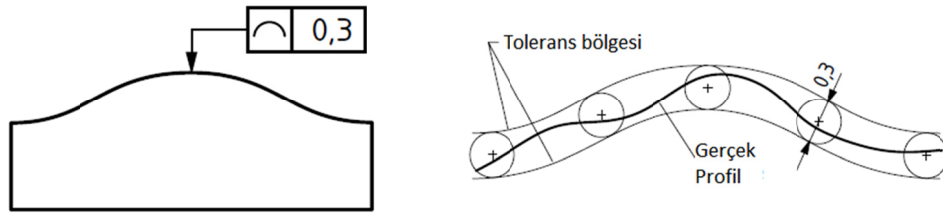
Silindiriklik sapmaları, iş parçasının çevirerek en az iki dairesellik ölçümü yapılarak veya probu toleranslandırılmış yüzeyin etrafında ideal en az iki daire ölçümü yapılarak saptanır. Diğer bir prensip olarak silindirik sapmaları iş parçasının kendi eksenini etrafında çevirerek ve aynı anda probu dikey ekseninde hareket ettirerek helezonik ölçüm yapılır. Dönen dairesel simetrik ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek noktalara göre belirlenmiş eş merkezli iki silindir arasındaki mesafe silindiriklik sapması olarak nitelendirilir (Şekil 4.19).



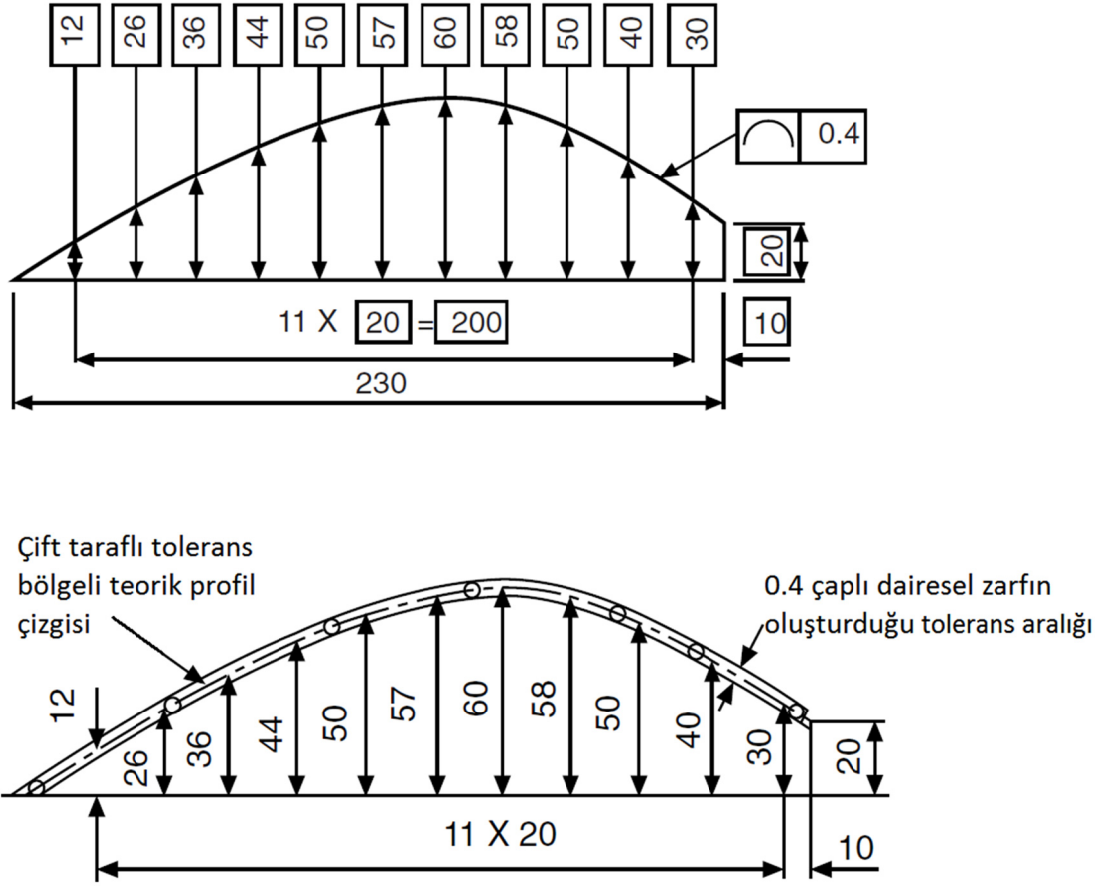
Şekil 4.19 Silindiriklik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

4.2.4.5 Çizgisel Profil

Çizgisel profil toleransı, herhangi bir geometrik parçanın lineer profillerinin toleranslandırılmasında kullanılır. Çizgisel profil toleransı, dairesellik ve doğrusallık toleransının özel hali olarak düşünülebilir. Tolerans bölgesi, eksenini geometrik olarak ideal şeklindeki bir çizgide bulunan belirli bir çapa sahip dairesel zarf içerisindeki iki çizgi arasında bulunmalıdır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Çizgisel profil toleransı (Nielsen ve Bennich, 2004)



Şekil 4.21 Çizgisel profil toleransının kullanımı için bir örnek (Simmons vd. 2009)

Çizgisel profil sapması herhangi bir iş parçasının lineer profili veya karşı çalışma parçalarında oluşabilir. Buna örnek olarak kam mili veya diğer matematiksel fonksiyonlu parçalar verilebilir.

Çizgisel profil sapmaları iş parçasını çevirerek veya probu toleranslandırılmış yüzeyin etrafında ideal geometrik profili çizcek şekilde hareket ettirerek ya da probu toleranslandırılmış yüzeyin üzerinde ideal geometrik profili çizcek şekilde hareket ettirerek saptanır (Kurt, 2007).

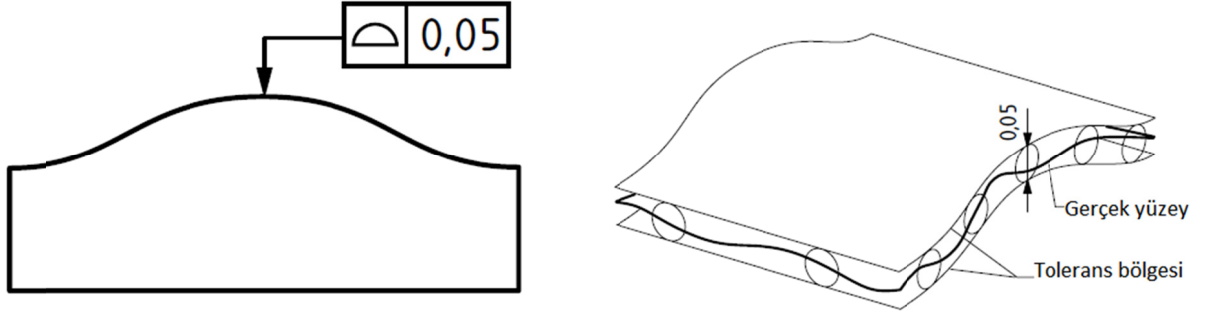
Ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun ideal iki boyutlu geometriye göre tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek nokta arasındaki mesafe çizgisel profil sapması olarak nitelendirilir.

4.2.4.6 Yüzeysel Profil

Yüzeysel profil toleransı herhangi bir geometrik parçanın yüzey profillerinin toleranslandırılmasında kullanılır. Yüzeysel profil toleransı, silindiriklik ve düzlemsellik toleransının özel halidir.

Tolerans bölgesi, merkezleri teorik tam geometrik şekli olan bir yüzeyin üzerinde yer alan, t

çaplı küreleri çevreleyen iki yüzeyle sınırlandırılır (Şekil 4.22).

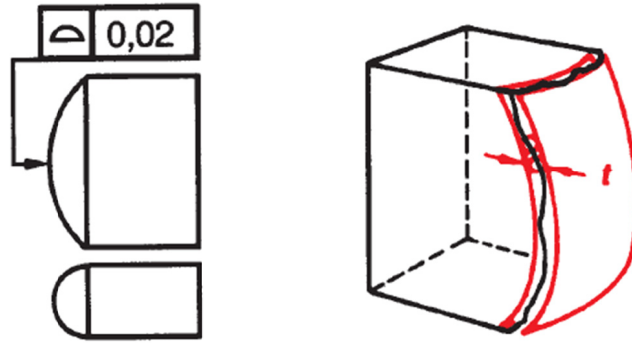


Şekil 4.22 Küresel zarf içindeki iki yüzeyin oluşturduğu tolerans bölgesi (Nielsen ve Bennich, 2004)

Yüzeysel profil sapmaları iş parçasını çevirerek veya probu toleranslandırılmış yüzeyin etrafında ideal geometrik profili çizerek hareket ettirerek ya da probu toleranslandırılmış yüzeyin üzerinde ideal geometrik profili çizerek hareket ettirerek saptanır (Kurt, 2007).

Ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun ideal üç boyutlu geometriye göre tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek nokta arasındaki mesafe çizgisel profil sapması olarak nitelendirilir.

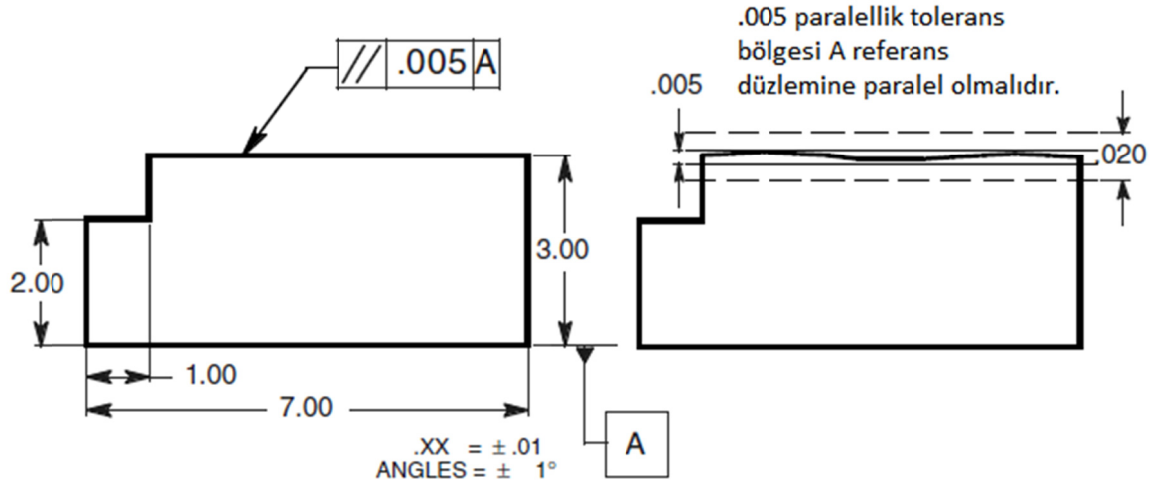
Şekil 4.23’de yüzeysel profil toleransının kullanımı görülmektedir.



Şekil 4.23 Yüzeysel profil toleransı gösterimi[2]

4.2.4.7 Paralellik

Paralellik toleransı parça yüzeyinin veya parça özellik ekseninin referans düzleme göre paralel tolerans aralığında olma şartıdır. Paralellik yön toleransıdır ve tanımlanması için referans düzlem tanımı gereklidir. Şekil 4.24’de paralellik tolerans örneği verilmiştir.

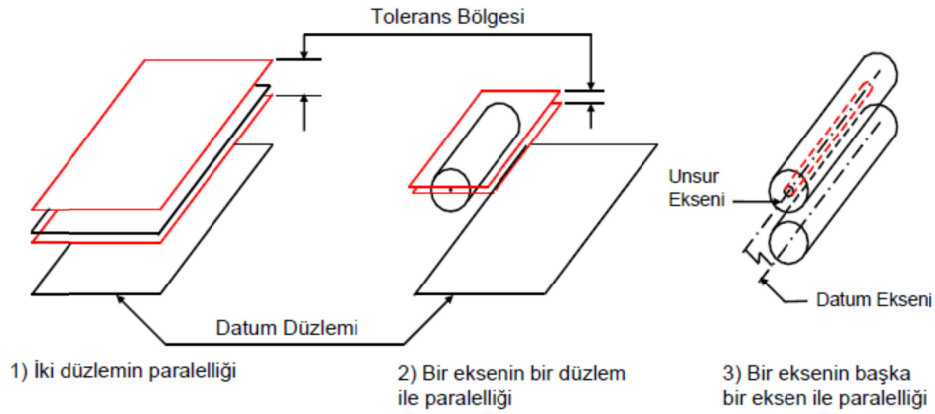


Şekil 4.24 Paralellik toleransı gösterimi (Cogorno G. R. 2006)

Paralellik toleransı;

- İki düzlemin paralelliği
- Bir eksenin bir düzlem ile paralelliği
- Bir eksenin başka bir eksen ile paralelliği

olarak 3 ayrı şekilde düşünülebilir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Paralellik tolerans çeşitleri (Çınar A.)

Dairesel yüzeylerin birbirine göre paralellik sapmaları; iş parçasını çevirerek ve prob ile toleranslandırılmış yüzey üzerinde ölçümler yapılarak saptanır veya probu, iş parçasının toleranslandırılmış yüzeyi üzerinde dairesel hareketler ile ölçümler yapılarak saptanır (Şekil 4.26).

Dairesel olmayan yüzeylerin birbirine göre paralellik sapmaları; iş parçası sabitlenerek ve probu, iş parçasının toleranslandırılmış yüzeyi üzerinde ideal geometriyi oluşturacak şekilde ölçümler yapılarak saptanır.

Toleranslandırılmış ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun referansa göre ideal paralel düzleme göre tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek noktalara göre belirlenmiş birbirine paralel iki düzlem arasındaki mesafe paralellik sapması olarak nitelendirilir.



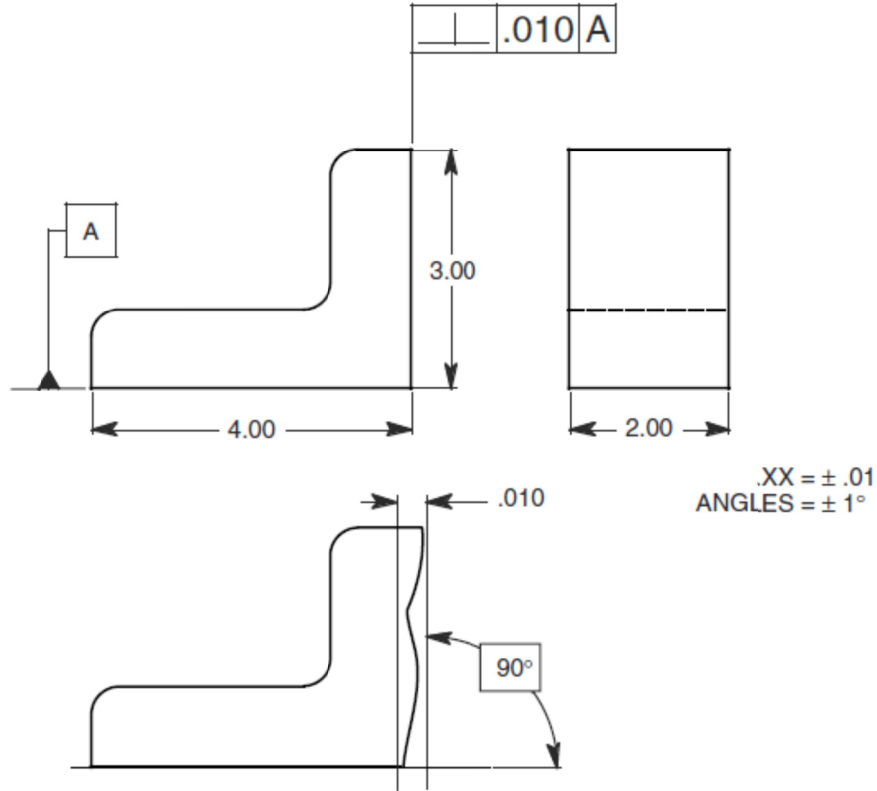
Şekil 4.26 Dairesel yüzey paralelliği ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

4.2.4.8 Diklik

Diklik, bir yüzey, orta düzlem veya eksenin bir datum düzlem veya eksenine 90° olması koşuludur. Diklik toleransı da dik olması istenen unsurun içerisinde bulunması gereken, paralel iki yüzey arasındaki açıklığın ölçüsüdür.

Parça özelliklerinin farklılıklarına göre parçaya verilen diklik toleransı da genel olarak üç şekilde tanımlanmaktadır;

- Parça yüzeyine tanımlanan diklik toleransı
- Parçada yüzeylerinin oluşturduğu eksene tanımlanan diklik toleransı
- Parçadaki delik veya pim eksenine tanımlanan diklik toleransı (Töre, 2005)



Şekil 4.27 Referans düzleme göre diklik toleransı verilen düzlem (Cogorno G. R. 2006)

Dönen simetrik düzlemlerdeki diklik sapmaları; iş parçasını çevirerek ve prob ile toleranslandırılmış yüzey üzerinde ölçümler yapılarak saptanır veya iş parçası sabit prob hareketli olabilir (Şekil 4.28).

Dairesel olmayan yüzeylerdeki diklik sapmaları; iş parçası sabitlenerek ve probu, iş parçasının toleranslandırılmış yüzeyi üzerinde ideal geometriyi oluşturacak şekilde ölçümler yapılarak saptanır (Kurt, 2007).



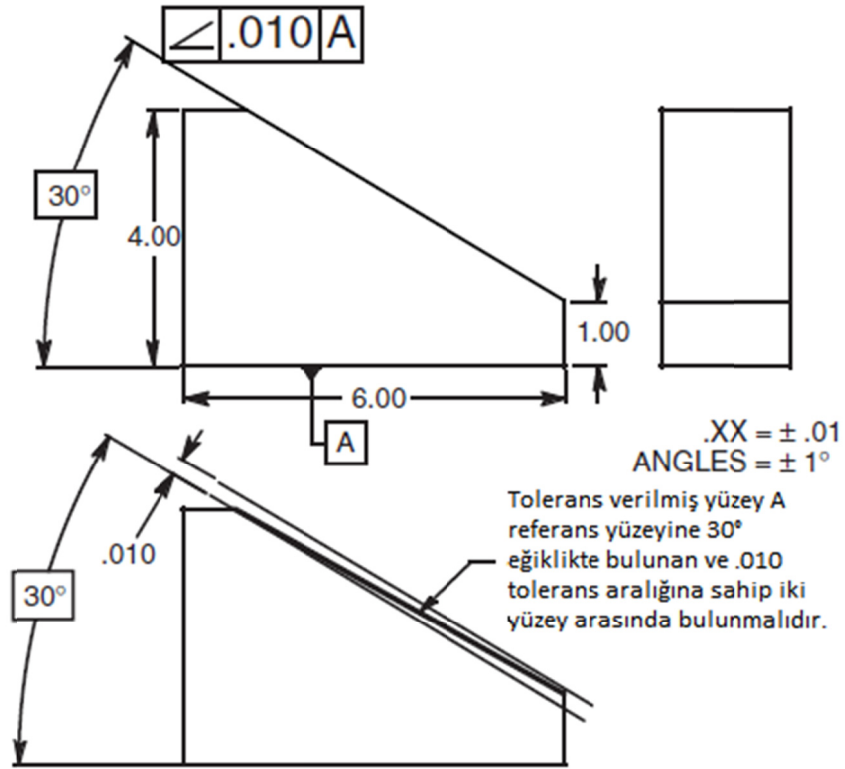
Şekil 4.28 Diklik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

Şekil 4.28'da gösterilen eksenin düzleme dik olması durumunun tersi olması da mümkündür. Düzlemin eksene dik olması olan bu durumda eksen referans alınır ve tolerans düzleme verilir.

Toleranslandırılmış ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun referansa göre ideal dik düzleme göre tespit etmiş olduğu en düşük ve en yüksek noktalara göre belirlenmiş birbirine paralel iki düzlem arasındaki mesafe diklik sapması olarak nitelendirilir.

4.2.4.9 Açısallık

Açısallık toleransı, içerisinde toleranslandırılmış yüzeyin, eksenin veya orta düzlemin bulunmasının istendiği, datum düzlemine veya eksenine göre tam belirtilen açıda olan, paralel iki yüzey arasındaki açıdır (Şekil 4.29)



Şekil 4.29 Açısallık toleransı gösterimi (Cogorno G. R. 2006)

Açısallık toleransı üç şekilde düşünülebilir;

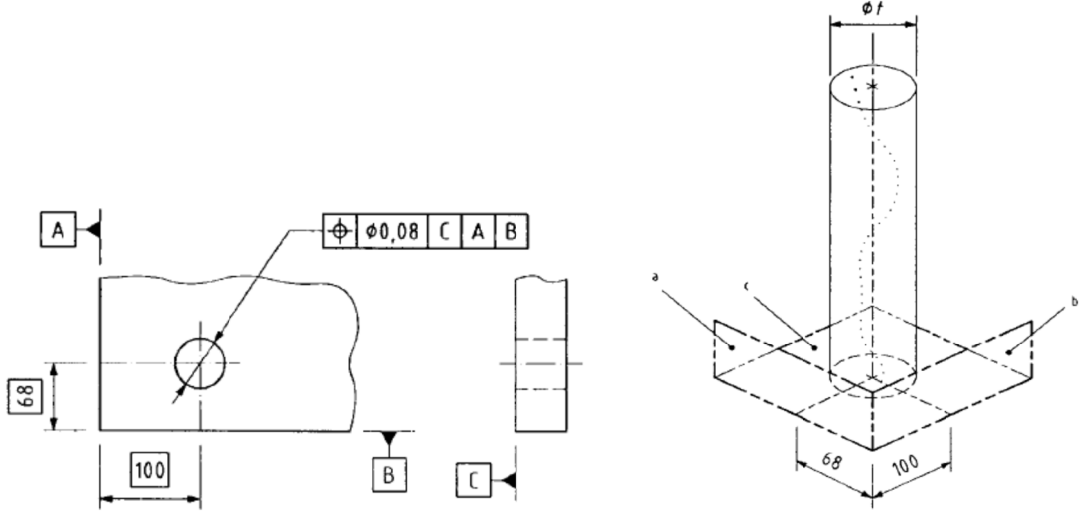
- Eksene göre eksen
- Eksene göre yüzey
- Yüzeğe göre eksen

Açısallık sapması ölçme prensibi; iş parçası sabitlenerek ve probu iş parçasının referans yüzeyi ve toleranslandırılmış yüzeyi üzerinde ideal geometriyi oluşturacak şekilde ölçümler yapılması şeklindedir.

4.2.4.10 Konum

Konum toleransının amacı;

- Delik, pim, kama kanalı veya yüzey gibi bir unsurun, bir datuma göre konumunun belirlenmesi
- Bir unsurun teorik olarak tanımlanmış olan konumundan uzaklaşabileceği mesafenin belirlenmesidir.



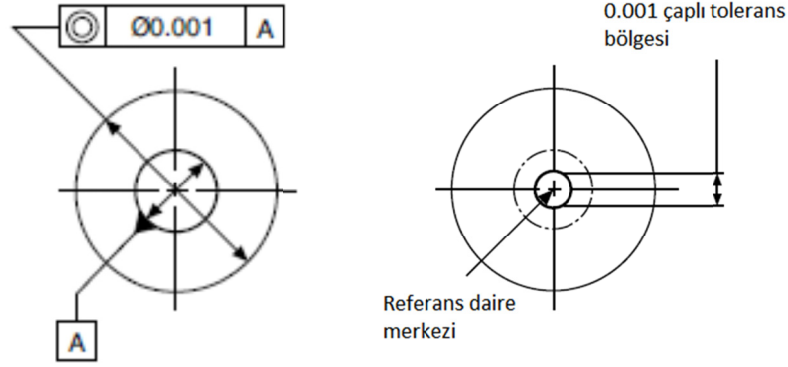
Şekil 4.30 Konum toleransı örneği ve anlamı (TS EN ISO 1101/Mart 2008)

İş parçalarının eksenlerindeki konum sapmaları, iş parçası sabitlenerek ve probu iş parçasının referans yüzeyi ve sonrasında toleranslandırılmış yüzey üzerinde ideal geometri oluşturacak şekilde ölçümler yapılarak saptırılır. Örneğin Şekil 4.30'da verilen konum toleransının ölçümü; öncelikle A,B ve C referans yüzeylerinin ölçümü sonrasında da delik daire merkezini bulacak şekilde ölçüm yapılarak gerçekleştirilir. Böylece delik bulunması gereken konumundan ne kadar sapmış görülebilir.

Konum toleransının birçok farklı uygulaması gerçekleştirilebilir. Çünkü konum toleransı çok çeşitli kullanım alanına sahip ve çok değişik şekillerdeki parçalara uygulanabilen bir parametredir. Bu nedenle bu varyasyonlara bağlı kalınarak ölçüm prensipleri oluşturulabilir. Konum sapmalarının tespiti için genellikle CMM cihazları kullanılır. Ayrıca ölçülecek parça için özel konum mastarları tasarlanabilir. Mastar ile ölçüm sonucu sapma değeri oluşmaz, ancak geçer ya da geçmez şeklinde yorum yapılabilir. Geçiyorsa tolerans içi geçmiyorsa tolerans dışı kabul edilir.

4.2.4.11 Eş Merkezlilik ve Eş Eksenlilik

Eş merkezlilik ve Eş eksenlilik toleransları dönen simetrik yüzeylerin doğrultulmuş eksenlerinin sapmaları ile aynı pozisyondaki dairelerinin merkez sapmalarının sınırlarını belirlemek için kullanılır.



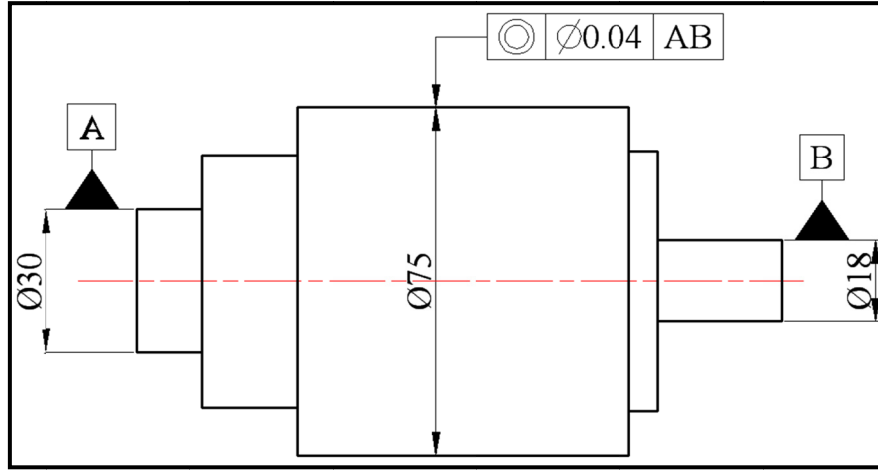
Şekil 4.31 Eş merkezlilik tolerans örneği ve anlamı (Simmons vd. 2009)

Eş merkezlilik ölçüm prensibine değinirsek; Şekil 4.32’de görüldüğü gibi referans yüzeyinin merkezi ölçüm ucu tarafından belirlenir ve daha sonra tolerans yüzeyinin merkezi belirlenir. İkisinin arasındaki mesafe eş merkezlilik sapması olarak belirlenir.



Şekil 4.32 Eş merkezlilik ölçüm uygulaması ve ölçüm sonucu[1]

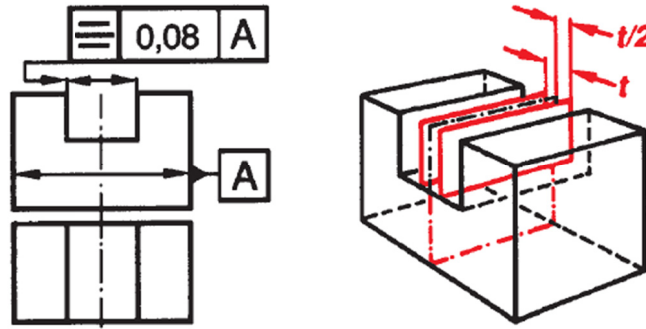
Eş eksenlilik sapmasına değinecek olursak; referans eksen ile ölçüm sonucu elde edilen eksen arasındaki mesafedir. Eş eksenlilik için örnek Şekil 4.33’de verilmiştir. Bu şekilde silindirin eksenini, A ve B referans eksenleriyle ortak eksenli, 0,04 mm tolerans aralığında, silindir biçimli bölge içinde bulunmalıdır.



Şekil 4.33 Eş eksenlilik

4.2.4.12 Simetriklik

Simetriklik toleransı, referans eksenini veya referans düzlemine göre iş parçasının ekseninin veya düzleminin önceden belirlenmiş belli bir aralıkta olması şartıdır. Şekil 4.34'te bulunan örnek üzerinde simetriklik tolerans kullanımı görülebilir.



Şekil 4.34 Simetriklik tolerans gösterimi ve anlamı[2]

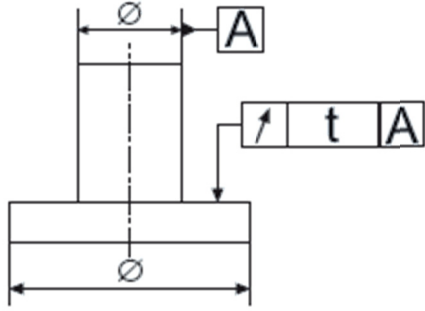
İş parçasının referans eksenini ile ölçüm yüzeyinin eksenini arasında ölçüm ucunun tespit etmiş olduğu iki eksen arasındaki mesafe simetriklik sapması olarak nitelendirilir. Simetriklik ölçümünü koordinat ölçüm cihazı kullanarak ölçtüğümüzü düşünürsek, öncelikle referans yüzeyler ölçülür ve bu yüzeylerin orta eksenini referans olarak kabul edilir. Daha sonra toleranslandırılmış yüzeyler ölçülür. Referans eksen ile toleranslandırılmış yüzeylerin eksenini arasındaki farkın iki katı alınır. Bu hesaplamalar bilgisayar yazılımı sayesinde gerçekleştirilir. Operatörün bu hesabı yapmasına gerek yoktur.

4.2.4.13 Dairesel Kaçıklık (Salgı)

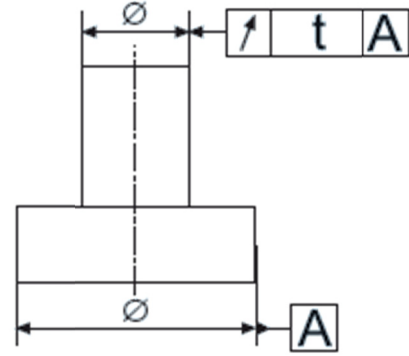
Dairesel kaçıklık toleransı kendine özgü bir geometrik toleranstır. İki veya daha fazla özelliğe bağlı bileşik şekilsel kontroldür ve iş parçasının kendi etrafında 360° döndürüldüğü uygulama

testi gerektirir. Bu testin sonuçları diğer geometrik özellikler olan dairesellik, eş merkezlilik, diklik ve düzlemsellik hatalarını da içerebilir, fakat bu özellikler arasında ayrım yapamaz.

Dairesel kaçıklık toleransı aksenal (yalpa) veya radyal olabilir. Şekil 4.35 ve 4.36'da dairesel kaçıklık örneği verilmiştir.



Şekil 4.35 Aksenal dairesel kaçıklık [1]

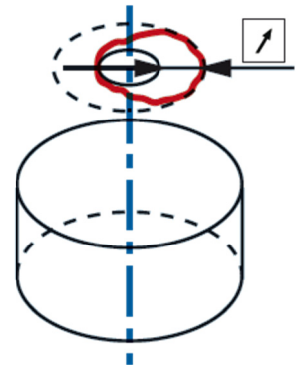
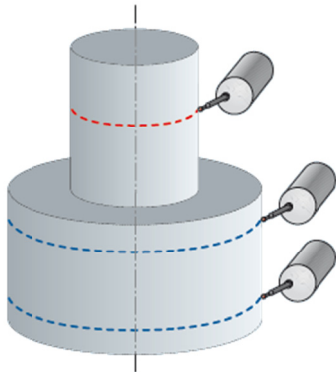


Şekil 4.36 Radyal dairesel kaçıklık[1]

İş parçalarının referansa göre dönen simetrik dairesel yüzeylerde ve alın yüzeylerinde bir takım radyal salgı veya aksenal salgı hataları meydana gelebilir.

Dönen dairesel simetrik ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun referans yüzeyinin merkezine göre tespit etmiş olduğu iki eş merkezli daire arasındaki mesafe radyal salgı sapması olarak nitelendirilir (Şekil 4.37).

Dönen dairesel simetrik ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun referans yüzeyinin merkezine göre tespit etmiş olduğu birbirine göre paralel iki düzlem arasındaki mesafe aksenal salgı sapması olarak nitelendirilir (Şekil 4.38).



Şekil 4.37 Radyal dairesel kaçıklık ölçüm uygulaması ve sonucu[1]

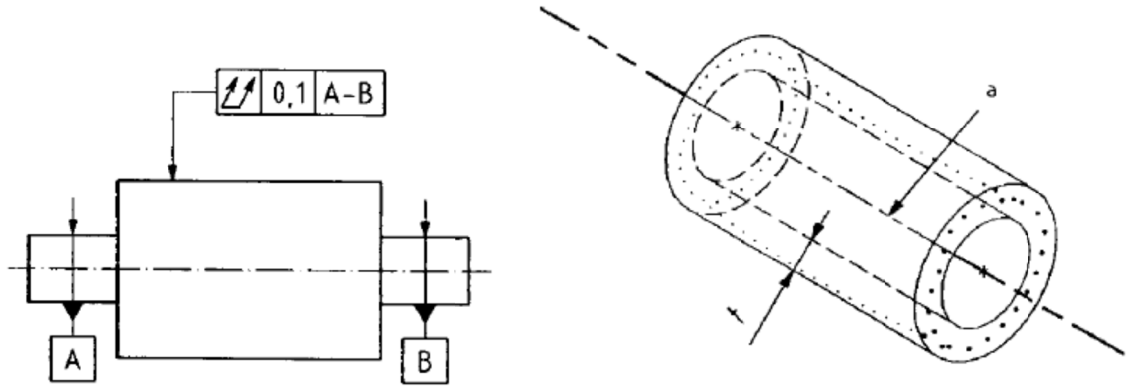


Şekil 4.38 Eksenel dairesel kaçıklık ölçüm uygulaması ve sonucu[1]

4.2.4.14 Toplam Kaçıklık (Toplam Salgı)

Toplam kaçıklık toleransı radyal salgı ve eksenel salgı olmak üzere iki şekilde düşünülebilir.

Toplam radyal salgı için örnek Şekil 4.39'da görülmektedir.



Şekil 4.39 Toplam radyal salgı toleranslandırma örneği (TS EN ISO 1101/Mart 2008)

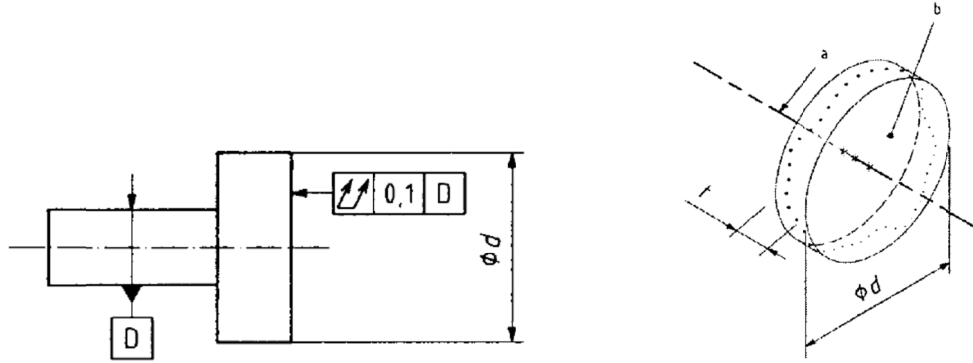
Toplam radyal salgı silindiriklik sapması ve radyal salgı sapmasının toplamıdır. Şekil 4.39'da görülen toleranslandırmada $t=0,1$ ve a ekseni A ve B dönел yüzeylerinin oluşturduğu referans eksenidir. Bu referans eksenin nasıl oluşturulduğu Şekil 4.40'da görülebilir.



Şekil 4.40 Radyal toplam kaçıklık (salgı) ölçüm ve sonuç[1]

Toplam eksenel kaçıklık (toplam yalpa) tolerans bölgesi referans eksenine dik belirli aralıklı

iki paralel düzlem arasındadır. Toplam aksel salgı düzlemsellik sapması ve aksel salgı sapmasının toplamıdır. Toplam aksel salgı için örnek Şekil 4.41’de görülmektedir.



Şekil 4.41 Toplam aksel salgı toleranslandırma örneği (TS EN ISO 1101/Mart 2008)

Şekil 4.41’de görülen toleranslandırmada $t=0,1$ ve a eksenini D dönel yüzeyinden türetilen referans eksendir. B yüzeyi de toleranslandırılmış yüzeydir. Bunun uygulaması yani referans eksenin nasıl oluşturulduğu ve ölçümü Şekil 4.42’de görülebilir.



Şekil 4.42 Aksel toplam kaçıklık (salgı) ölçüm ve sonuç[1]

Dönen dairesel silindirik ölçüm yüzeyindeki ölçüm ucunun, referans silindirin eksenine göre tespit edilmiş olduğu iki eş merkezli silindir arasındaki mesafe toplam radyal salgı sapması olarak nitelendirilir.

Referans yüzeyinin merkezine göre tespit edilen birbirine göre paralel iki düzlem arasındaki mesafe toplam aksel salgı sapması olarak nitelendirilir (Kurt, 2007).

4.3 Şekilsel Sapmaların Ölçümü

Şekilsel sapmaların engellenemeyeceği ancak kontrol altına alınabileceği bir gerçektir. Şekilsel sapmaların kontrol altına alındığı sınırlamalar uygun ölçüm metodları ve cihazları kullanılarak tespit edilebilir. Şekil sapmalarının ölçümü için hangi cihaz veya ekipmanın kullanılacağı veya hangi tip ölçüm metodunun uygulanacağı ölçülecek olan parçanın şekline,

tolerans türüne büyüklüğüne göre seçilmelidir. Geometrik tolerans türüne göre, tolerans değeri büyük olsa dahi, basit ölçüm metodlarının kullanılmadığı durumlar söz konusudur. Örneğin silindiriklik toleransını düşünürsek; özel hesaplama gerektirir ve basit metodlarla ölçümü mümkün değildir. Şekil veya konum toleransı ne hassas verilmişse kullanılacak ölçüm ekipmanı veya cihazı da hassasiyeti yüksek bir cihaz olmalıdır.

Ölçüm cihazlarını en hassas olandan en kaba olanlara doğru sıralarsak eğer;

- Form ölçüm cihazları
- Koordinat ölçme cihazları
- Optik ölçüm cihazları
- Kontur ölçüm cihazları
- Özel ölçüm cihazları
- Elektronik problu ölçüm sistemleri

4.4 Şekilsel Sapmaların Değerlendirilmesi

Şekilsel sapmaların değerlendirilmesi konusu şekil sapmalarının ölçümünün yapılmasından sonra gelen ve şekil sapmalarının sayısal değerine etkiyen bir konudur. Aynı ölçümler farklı değerlendirme metodları ile değerlendirilirse ortaya farklı sapma değerleri çıkacaktır.

Yanlış değerlendirme metodu seçimi ölçülmüş sonuçlarda oldukça büyük etkiye sahiptir. Yanlış metod seçimi ile sağlam parçalar hurda, hurda parçalar ise sağlam olarak ölçülebilir. Değerlendirme metodunun yanlış veya doğru olması durumu ayrı bir tartışma konusudur.

4.4.1 Değerlendirme metodları

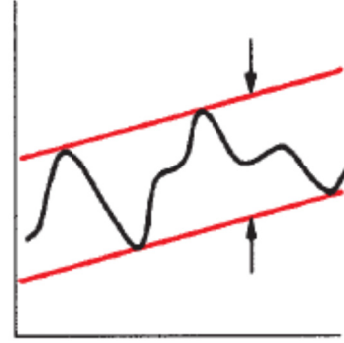
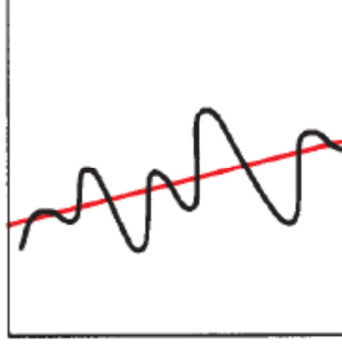
Form ölçümü olarak daireselliği düşünürsek; daireselliğin ölçüm sonucunda elde ettiğimiz dairesel noktalar kümesi belli bir değerlendirmeye maruz bırakılarak referans daire elde edilebilir. Referans daire elde etme amacımız dairesellik sapmasının nasıl tayin edileceğini belirlemektir. İş parçasındaki dairesel sapma referans dairenin – dairelerin konumuna ve çapına bağlıdır. Dairesel sapmanın değerlendirilmesi için standartlarda 4 farklı metod belirtilmiştir. Bunlar;

- En küçük kareler metodu çemberi (Gauss)
- Minimum aralıklı çemberler (Tschebyscheff)
- En büyük iç çember
- En küçük dış çember değerlendirme metodlarıdır.

Ayrıca dairesellik değerlendirme metodlarının yanı sıra doğrusallık için de aynı mantığı içeren değerlendirme metodları mevcuttur. Bunlar da;

- Referans doğru çizgisi
- Sınırlayıcı paralel çizgilerdir.

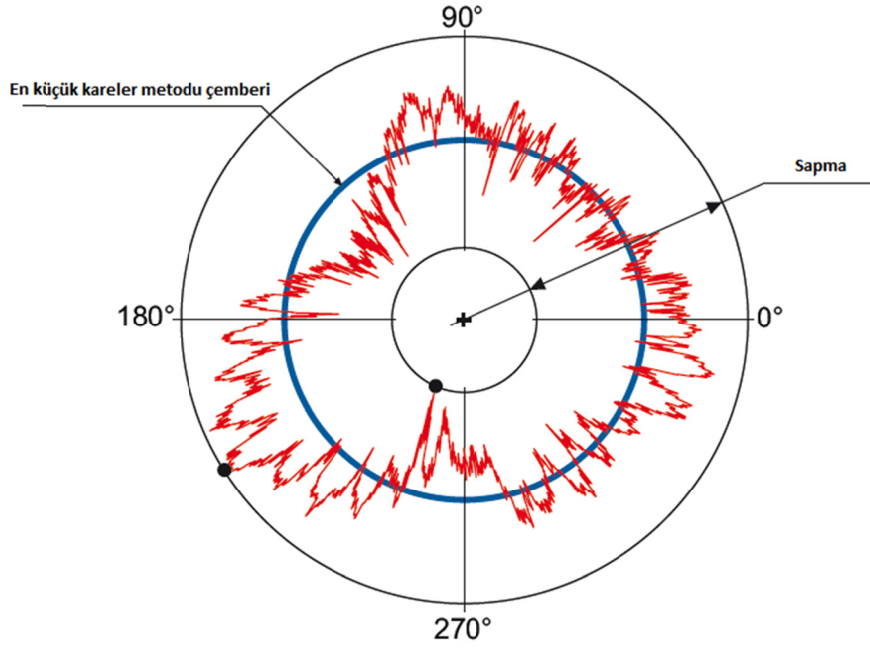
Referans doğru çizgisi ve sınırlayıcı paralel çizgiler değerlendirme metodları Şekil 4.43 ve 4.44'te görülebilir.



Şekil 4.43 Referans doğru çizgisi (LSS)[2] Şekil 4.44 Sınırlayıcı paralel çizgiler (MZS)[2]

4.4.1.1 En Küçük Kareler Metodu Çemberi (LSC)

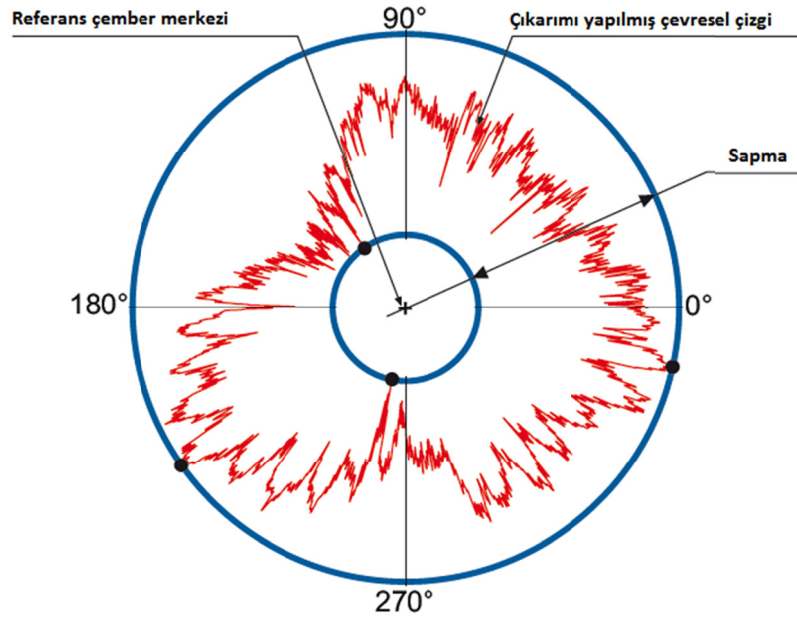
Radyal yöndeki sapmaların kareleri toplamı minimum olacak şekilde çizilen R yarıçaplı çemberdir. Matematiksel olarak bulunmaktadır ve çözüm tektir. Geometriyi en iyi ifade eden çemberdir. Yuvarlaklık değeri ise, profili içten ve dıştan saran ve bu LSC çemberiyle eşmerkezli iki çember arasındaki radyal sapma değeridir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 En küçük kareler yöntemi çemberi ve ona bağlı sapma[1]

4.4.1.2 Minimum Aralıklı Çemberler (MZC)

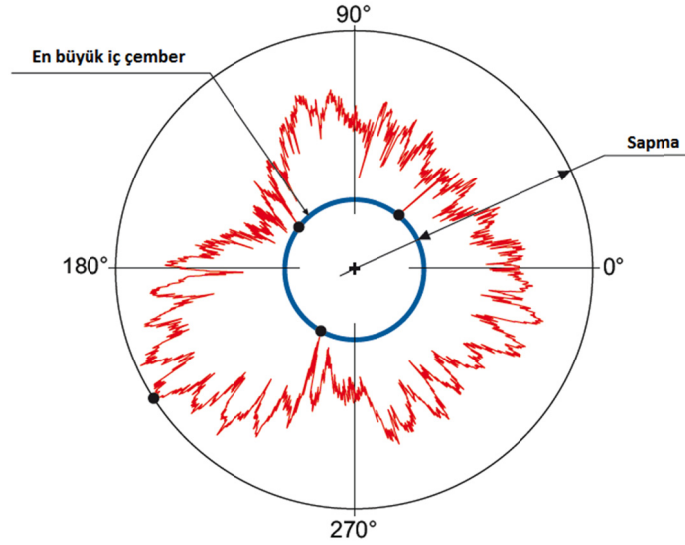
Cihazın çizdiği çizgiyi içten ve dıştan sınırlayan birbirine minimum mesafede eş merkezli iki çemberdir. Çemberler arası radyal mesafe yuvarlaklık hatasını verir. Bu çemberler deneme-yanılma yoluyla bulunmaktadır, ama çözüm tektir. Bu sebeple tercih edilen bir metottur. Ancak en küçük kareler metodu kadar iyi değildir (Şekil 4.46).



Şekil 4.46 Minimum aralıklı çemberler ve ona bağlı sapma[1]

4.4.1.3 En Büyük İç Çember (MIC)

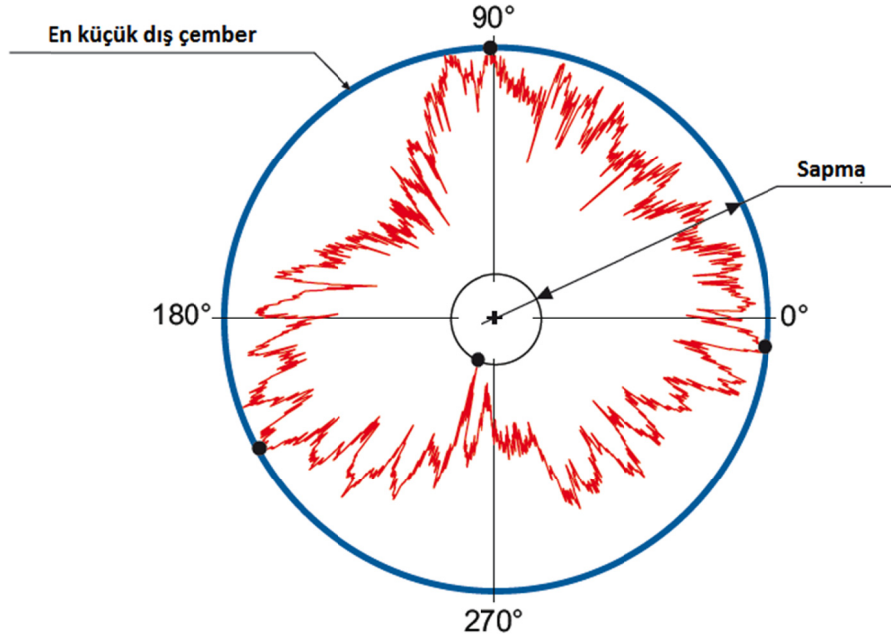
Kayıt cihazının çizdiği profilin içinde kalan en büyük çemberdir. Bu çember profile en az 2 noktadan temas etmelidir. Profilin tümünü içine alan aynı merkezli en küçük dış çember çizilir. Dış çember muhtemelen tek noktadan profile değeri. Bu iki çember arasındaki radyal mesafe yuvarlaklıktan sapmayı verecektir (çemberler deneme yanılma yoluyla bulunur). Bu değerlendirme metodu daha çok şaft gibi makine elemanları için kullanışlıdır. Ayrıca “Referans tampon master dairesi” olarak da adlandırılır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 En büyük iç çember ve ona bağlı sapma[1]

4.4.1.4 En Küçük Dış Çember (MCC)

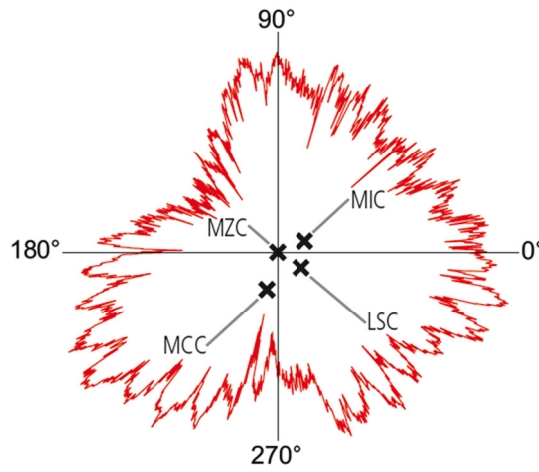
Cihazın çizdiği profili içine alan en küçük çemberdir. Bu çember profile pek çok noktadan temas edecektir. Profilin içinde kalan aynı merkezli en büyük çember MIC metodundaki gibi deneme yanılma yoluyla çizilir. İki çember arası mesafe yuvarlaklık hatasıdır. Daha çok delikler için kullanışlıdır. Çoğunlukla “Referans halka master dairesi” denilmektedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48 En küçük dış çember ve ona bağlı sapma[1]

MIC ve MCC metodları genellikle tercih edilmemektedir.

Ayrıca elde edilmiş aynı dairesel formun farklı değerlendirme metodlarıyla nasıl farklı merkez noktalarına sahip olabildiği Şekil 4.49'da gösterilmiştir. Bu değerlendirme metodlarından en yüksek değeri her zaman LSC metodu vermektedir. Bu yüzden LSC metodunu kullanmak en kötü durumu yansıtacağı için, elde edilen sapma değerine göre toleransı aşmış durumları kontrol edilerek imalat ortamında iyileştirmeye gidilebilir. Diğer metodlarla sapma, tolerans limitleri içerisinde bulunabilir ancak LSC metoduna göre toleransı aşmış durumda bulunabilir.



Şekil 4.49 Farklı değerlendirme metodlarına göre oluşan farklı referans daire merkez noktaları[1]

4.4.2 Filtreleme

İş parçalarının ölçülmüş yüzeyleri (nokta alınan yüzeyleri) pürüzlülük, dalgalanma ve uzun aralıklı sapma olarak nitelendirilen form olarak genel anlamda 3 çeşit yapıdan oluşur. Bu sınıflandırma durumu; yüzey pürüzlülüğü, dalgalanma ve form farklı etkenlerin sonuçlarıdır ve iş parçası fonksiyonuna farklı yönlerden etki ederler (Whitehouse, 1994). Bundan dolayı, iş parçası profilini yüzey pürüzlülüğü, dalgalanma ve form olarak bölümlenmek birinci dereceden öneme sahiptir ve yüzey doku analizi açısından önemli bir bakış açıdır. Bu bölümlenme (ayrıştırma) filtreleme denilen proses yardımıyla gerçekleştirilir.

Yüzey doku ölçümlerinin ilk zamanlarında iş parçası profili grafiksel olarak filtreleniyordu (Whitehouse ve Reason, 1965). Ham profil eşit uzunluktaki parçalara ayrılır ve her parçada o parçadaki profil eğimini kapsayacak şekilde ortalama çizgi çizilir. Yüzey pürüzlülüğü profili, noktaların bu ortalama çizgilerden sapmalarının değerlendirilmesiyle elde edilir. Grafiksel yaklaşım külfetli ve zaman alıcı bir yöntemdir. Ortalama çizginin türetilmesi için daha kolay ve otomatikleştirilmiş bir yöntem ihtiyacı gerekmiştir (Muralikrishnan ve Raja, 2009).

Filtreler, geometrik sapmaları dalga boylarına göre birbirinden ayırmaya yarar. Form ölçüm sisteminde filtreleme, cihazlar ile yapılan ölçümlerin sonuçlarının değerlendirilmesi için kullanılmakta olup oldukça önemli bir konudur.

Eğer geometrik sapmalar, ölçülü olmak zorundaysa ve prob metoduyla değerlendirildiyse profil filtresi kullanılmak zorundadır. Çünkü ölçüm sonucuna ait profile bakıldığında profil üzerinde istenmeyen birçok bileşenin olduğunu görebiliriz. Ölçüm probunun çok hassas olmasından dolayı ölçülen yüzeydeki tüm makro ve mikro sapmalar ölçüm profili üzerinde görünmektedir. Sapmalar makro ve mikro olarak iki farklı düzeyde düşünülürse form sapmalarını makro sapmalar grubuna dahil etmemiz gerekir. Bundan dolayı ölçüm sonucuna ait profil üzerindeki mikro sapmaların (yüzey pürüzlülüğü) atılması gerekmektedir (Kurt, 2007).

Gauss filtre: Bilgisayarların gelişmesiyle profil verileri sayısal hale getirilip matematiksel filtreler uygulandı. Gauss filtrede, sayısal hale getirilmiş profil ham verisinin, her nokta için ağırlıklı ortalaması hesaplanarak bu filtreye ait ortalama çizgi elde edilir. Ortalama çizgi uzun dalga boylu sapmaları (form sapmaları), ham profilin ortalama çizgiden farkı ise kısa dalga boylu sapmaları (pürüzlülük) ifade eder. Ağırlık fonksiyonu Gauss eğrisidir (normal dağılım). Sayısal filtreler için dönme hızları önemli değildir.

UPR: Yuvarlaklık, silindiriklik gibi dairesel ölçümlerde bir devirdeki toplam dalga sayısıdır.

Dairesel ölçümlerde filtreleri ifade etmek için kullanılır.

4.4.2.1 Yuvarlaklık Standardı (DIN EN ISO 12181)

- Cut-off değerinde %50 geçirgenlikli Gaussian Filtre kullanılmalıdır.
- Bir UPR başına minimum 7 nokta alınmalıdır. (Eski standartlarda 5 nokta alınır).

Aşağıda UPR değerine göre en az ne kadar nokta alınacağı belirtilmiştir. Doğrusal ölçümlerde ise cut off başına minimum 7 nokta alınmalıdır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 UPR değerine göre tavsiye edilen minimum okta sayısı

UPR	Minimum Nokta Sayısı
15 UPR	105
50 UPR	350
150 UPR	1050
500 UPR	3500
1500 UPR	10500

UPR (Undulations per Revolution) seçiminin referans dairenin çapına bağlı olarak aşağıdaki gibi seçimi yapılmalıdır:

Çizelge 4.4 Referans dairenin çapına bağlı olarak UPR seçimi

$D < 8 \text{ mm}$	15 UPR
$8 \text{ mm} < D < 25 \text{ mm}$	50 UPR
$25 \text{ mm} < D < 80 \text{ mm}$	150 UPR
$80 \text{ mm} < D < 250 \text{ mm}$	500 UPR
$250 \text{ mm} < D$	1500 UPR

- Mekanik temaslı prob kullanılmalıdır.
- Küre uçlu prob kullanılmalıdır.
- Kabul edilen prob ucu yarıçapı aşağıdaki gibi olmalıdır.

Çizelge 4.5 İş parçası çapına göre prob ucu seçimi

$D \geq 4 \text{ mm}$	için	$R_{TK} = 0.5 \text{ mm}$
$D < 4 \text{ mm}$	için	$R_{TK} = (\pi/24)*D \approx D/8$

(D = İş parçası çapı)

Örnek: D = 20 mm'lik bir iş parçası için $R_{TK} = 0.5 \text{ mm}$ prob ucu kullanımı

D = 2 mm'lik bir iş parçası için $R_{TK} = 2/8 = 0.25 \text{ mm}$ prob ucu kullanımı

Ölçüm kuvvetinin küçük olması. Pratik olarak 30-50 mN uygundur.

5. KOORDİNAT METROLOJİSİ VE KOORDİNAT ÖLÇME CİHAZLARI

5.1 Koordinat Ölçme Tekniği

NC daha sonra CNC tezgâhların 1950'li yıllarda başlayan süratli gelişmelerinden günümüze kadar, otomatik üretimde önemli ölçüde ilerlemeler kat edilmiştir. Bu gelişmelerle her şeyden önce, karmaşık iş parçalarının yüksek bir doğruluk derecesi ile ekonomik olarak üretilmeleri imkânı sağlanmıştır.

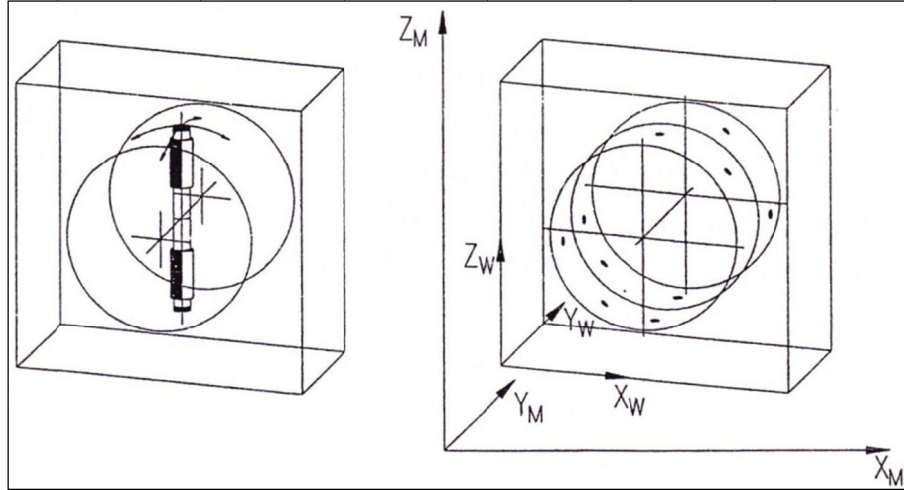
Bilgisayar destekli koordinat ölçme tekniğinin gelişmesi ise, 1970'li yılların ilk zamanlarında başlamıştır. Günümüzde de bilgisayar destekli koordinat ölçme cihazları modern üretim teknolojisinin en önemli parçalarından birini oluşturmaktadır. Yakın zamana kadar yalnızca ölçme laboratuvarlarında sınırlı olarak kullanılan koordinat ölçme cihazları, modern üretimin gereksinimleri doğrultusunda doğrudan üretime entegre edilmek suretiyle, modern üretim sistemlerinin denetim devrelerinde tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Bilgisayar sistemlerinin süratle gelişmeleri ile bir yandan ölçme cihazlarının otomasyonunda, diğer yandan da modern üretime entegrasyonunda büyük ölçüde ilerlemeler kaydedilmektedir.

Koordinat ölçme cihazlarının, yüksek ölçme hassasiyeti, güvenilirliği ve çok yönlü kullanılma özelliklerinin yanı sıra, dokunma elemanlarının ve iş parçalarının otomatik olarak değiştirilmeleri ve üretimle bütünleşik hale getirilmeleriyle, denetleme bilgileri ile üretim arasındaki reaksiyon zamanları büyük ölçüde azaltılarak ekonomik olarak çalışmaları sağlanmaktadır. Bu amaca uygun olarak üretilen koordinat ölçme cihazlarının, modern üretim sistemleri ile bütünleşik, gereken hassasiyette ve verimlilikte kullanımları için detaylı entegrasyonları gerekmektedir.

Parçaların şekil hataları, yüzeylerinin makro ya da mikrogeometri analizlerinin yapılmalarına göre standartlarda ve bilimsel literatürde, farklı derecelerde şekil sapmaları olarak aralarında ayrılmaktadırlar. Hemen hemen bütün pratik uygulamalarda kısa dalga boylu geometrik sapmaların 3 ve daha yüksek dereceli olanları bir arada yüzey pürüzlülüğü olarak kabul edilir ve uluslararası standartlarda tespit edilen parametreler bazında değerlendirilirler. Yüzey pürüzlülüğü dışında parçaların şekil ve konum sapmalarının ölçümlerinde de yaygın olarak çok koordinatlı ölçme tekniği kullanımı hatalar arasındaki bağıntılarla ilgili bilgilerin derinleşmesini sağlamıştır (Durakbaşı, 2002).

Koordinat ölçme cihazları boyut, şekil ve konum sapmalarını çok hassas olarak aynı sistemde ölçebilen cihazlardır. İş parçası hassasiyeti, ölçme belirsizliği ve ölçülecek parçaların adedi, ölçme cihazlarının seçiminde önemli rol oynarlar.

Konvansiyonel ölçme tekniği ile çok koordinatlı ölçme tekniği arasındaki fark Şekil 5.1' deki delik örneğinde belirgin bir şekilde gösterilmektedir. Deliğin çapı konvansiyonel metotlar kullanıldığında iki ölçme noktası arasındaki uzaklık olarak tespit edilmektedir. Ölçme noktaları arasındaki mesafenin çap olarak elde edilebilmesi için, deliğin eksenine dik istikamette maksimum değerinin; eksenin istikametinde ise minimum değerinin bulunması gerekmektedir. Deliğin çapı bu durumda elde edilen her iki çap değerinin birbirlerine eşit değerlerde olma şartıyla belirlenmektedir.



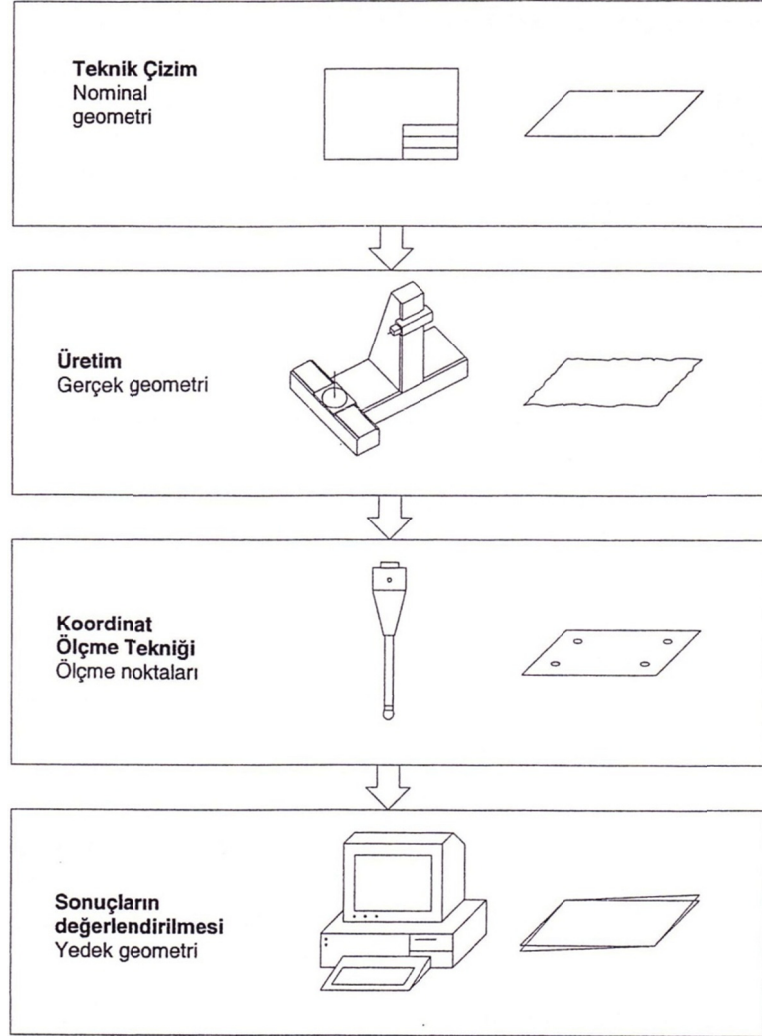
Şekil 5.1 Konvansiyonel metroloji ve koordinat metrolojisi (Durakbaşa, 2003)

Çok koordinatlı ölçme cihazının temel çalışma prensibi (Weckenmann ve Gewande, 1999) şu şekilde tanımlanır:

- Üretim parçalarının geometrik elemanları, çok koordinatlı ölçme cihazında birçok değişik noktadan dokunmak suretiyle ölçülmektedir.
- Çok koordinatlı ölçme tezgâhının bilgisayarı yardımıyla ölçme noktalarının koordinatları, üretim parçalarının geometrilerinin matematiksel hesaplanmalarında kullanılmaktadır.

Çok koordinatlı ölçme tekniğinde deliğin çapı yüzeyinde bir çok noktada cihazın dokunma ucuyla dokunmak suretiyle (geometrik eleman silindir olarak hesaplanacağı için en az beş ölçme noktası olmalıdır) tespit edilir (Şekil 5.1). Ölçme noktalarının asgari sayıdan fazla olduğu durumlarda ölçme neticelerinin değerlendirilmeleri için regresyon metodu uygulanmaktadır (Gauss, Tschebyscheff v.b). Ölçülen parçanın boyutsal değerlerine ilaveten parçanın ideal şeklinden farklı olan sapmaları ve parçanın referans olarak belirlenen koordinatlar sisteminde geometrik elemanları arasındaki konum hataları ile ilgili değerler de koordinatlar ölçme tekniği kullanımıyla elde edilmektedirler.

Koordinat ölçme tekniğinde üretim parçalarının ölçülmesi ve ölçme değerlerinin hesaplanması ile ilgili olarak geometrik elemanlar nominal reel ve yedek geometri olarak ayrılırlar. Üretim parçalarının mikro geometrileriyle karşılaştırıldığında benzer şekilde bir ayırım olduğu görülmektedir. Şekil 5.2'de üretim süreci içerisinde konstrüksiyondan başlayarak üretim ve kalite denetimine kadar izlenen yol gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Geometrik Mamul Şartları çerçevesinde iş parçasının değerlendirilme prensipleri (Durakbaşı, 2003)

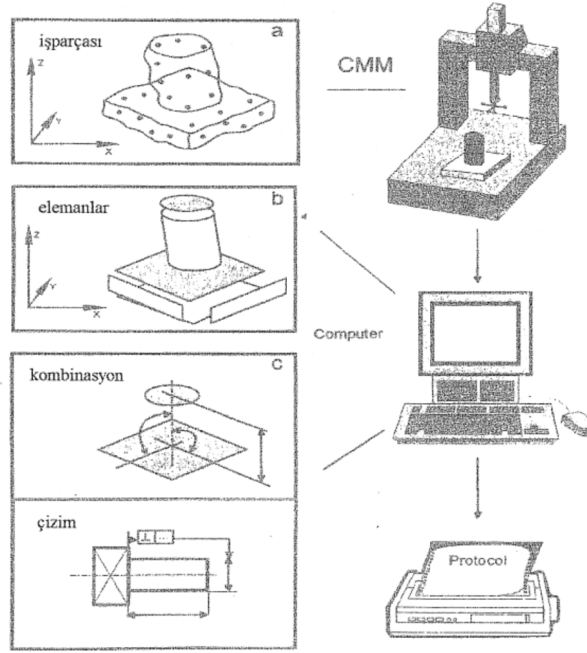
5.2 Koordinat Ölçüm Prensibi

Koordinat metrolojisinin temel fonksiyonları iş parçasının gerçek şeklini tayin etmek, tasarlanan şekliyle karşılaştırmak, metrolojik bilgiyi değerlendirmek, boyut, biçim, konum ve istikamet gibi toleransları belirlemektir.

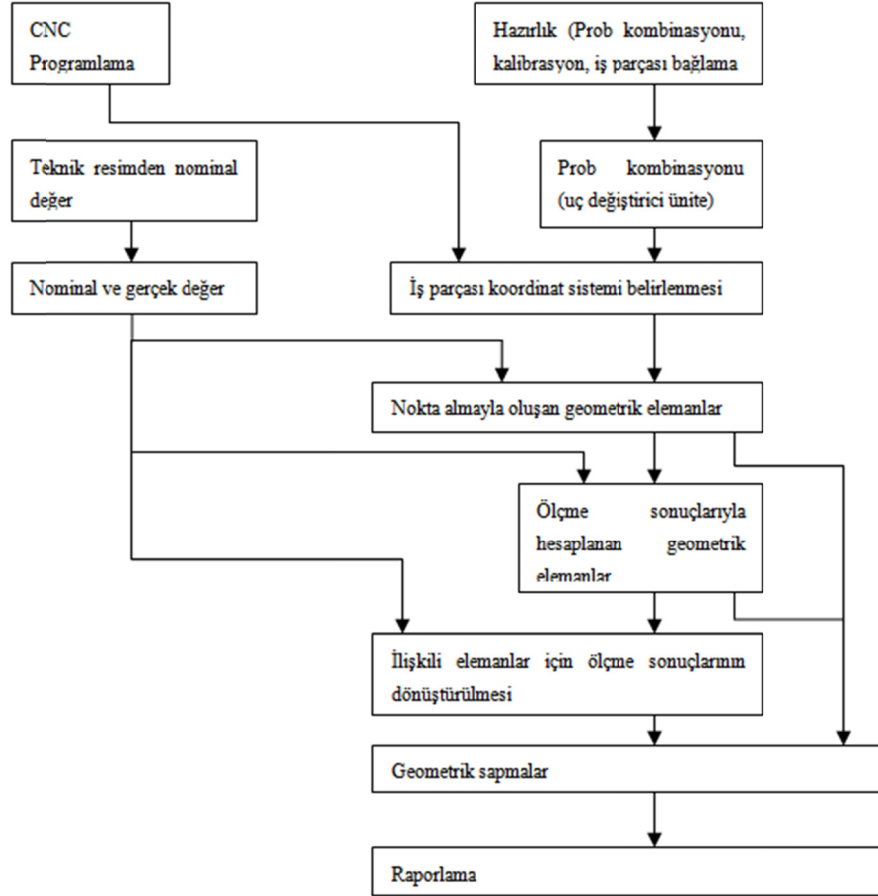
İş parçasının gerçek şekli, probun farklı ölçme noktaları üzerindeki hareketiyle elde edilmektedir. Her bir ölçme noktası, ölçülmüş koordinatlara dayanarak tarif edilmektedir.

Fakat iş parçasının parametrelerini, direkt olarak ölçüm noktaları koordinatları vasıtasıyla tayin etmek mümkün değildir (çap, uzaklık, açı). Bununla beraber, iş parçasının bir analitik modeli parametreleri tayin edebilmektedir. Bu model genellikle bir ideal geometrik eleman içermektedir. Bu tür elemanlar uygun geometrik bir elemana atfedilerek belirlenebilir. Şekil 5.3, iş parçası geometrisinin basite indirgenerek modelize edildiği bir örneği göstermektedir. Koordinat metrolojisinin özü göre aşağıdaki şekillerde tanımlanabilir (Ni ve Waeldele, 1998);

- CMM ile gerçek iş parçası üzerinde noktadan noktaya ölçümlerle veri setleri yaratmak (Şekil 5.3.a).
- Boyut, biçim, konum ve istikamet olarak verilen parametrelere dayanarak uygun ideal geometrik elemanın hesaplanması (Şekil 5.3.b).
- İhtiyaç duyulan iş parçası şekillerini tayin edilmesi. Örneğin; ideal elemanları birleştirerek ve çizim boyutları ile toleransları kıyaslayarak (Şekil 5.3.c).



Şekil 5.3 Koordinat metrolojisinin doğası (Ni ve Waeldele, 1998)

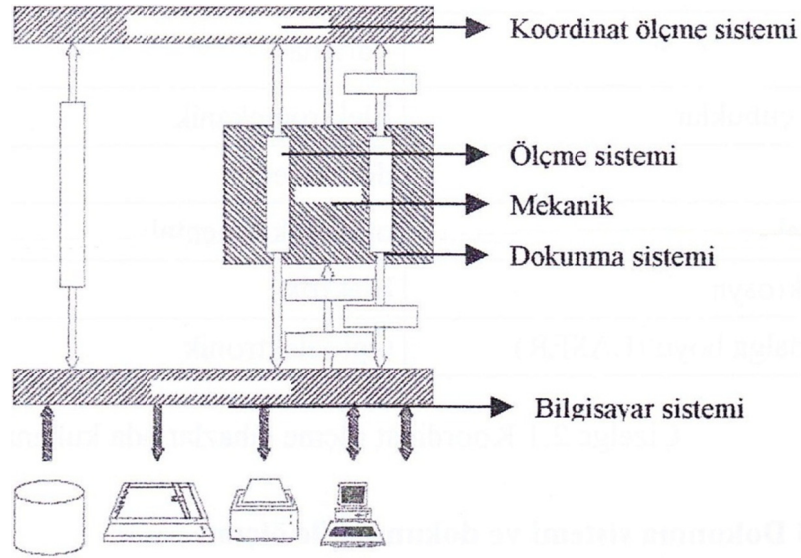


Şekil 5.4 Koordinat ölçüm cihazlarındaki ölçüm adımları için akış şeması (Durakbaşa, 2003)

5.3 Koordinat Ölçüm Cihazları

Bir koordinat ölçüm cihazı şu kısımlardan oluşur (Osanna vd.);

- Mekanik yapı
- Hareket sistemi
- Kontrol sistemi
- Koordinat ölçme sistemi
- Dokunma sistemi
- Bilgisayar



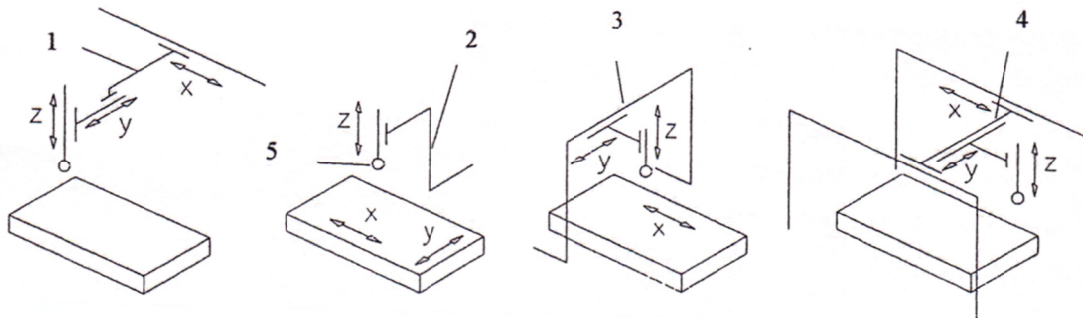
Şekil 5.5 Koordinat ölçüm cihazı sistemi fonksiyonel elemanları (Osanna vd.)

Bu bağlamda koordinat ölçüm cihazı sayesinde;

- Nominal (ideal) geometri
- Gerçek geometri ve
- Yedek geometri

oluşturulabilir ve değerlendirme ve analizi yapılabilir.

Koordinat ölçme cihazlarının konstrüktif yapıları, birbirilerine dik üç koordinat istikametinde (x,y ve z) gerçekleştirilen hareketlerin ne şekilde olacağına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Üretim tekniğinde de olduğu gibi mümkün olan ve tezgahı meydana getiren kısımlar ve koordinat ölçüm cihazlarının temel tasarımları Şekil 5.6’te görülmektedir.

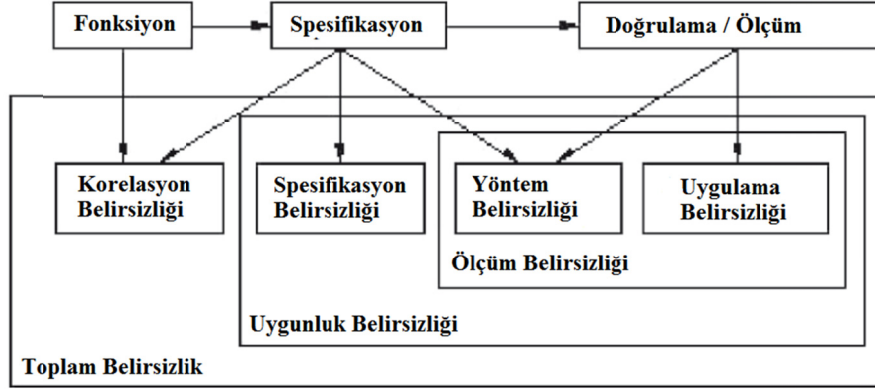


Şekil 5.6 Koordinat ölçüm cihazlarının temel tasarımları (Durakbaşı, 2003)

5.3.1 Koordinat Ölçüm Cihazı Belirsizliği

GUM (Ölçmedeki belirsizliği açıklama rehberi) temelinde belirsizlik yeni nesil GPS standartlarında yeniden tanımlanmıştır ve sınıflandırılmıştır. Bu konsept, tasarımın, imalatın ve doğrulamanın bütün aşamalarında etki eder (Vijay, 2001).

Belirsizlik konsepti; korelasyon belirsizliği, spesifikasyon ve ölçüm belirsizliği, yöntem belirsizliği ve uygulama belirsizliğinden oluşan toplam belirsizliği içeren ölçmek için ortak geçerlilik olarak öne sürülür. Bu çeşitli belirsizliklerin arasındaki ilişki Şekil 5.7’de gösterilmiştir (Heping ve Xiangqian, 2009).



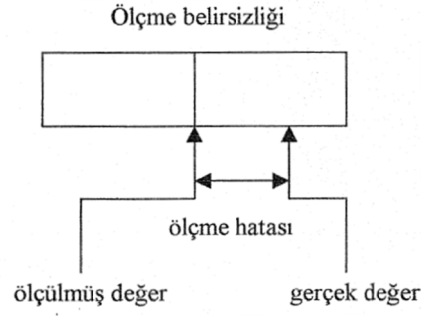
Şekil 5.7 Belirsizlikler arası ilişki (Heping ve Xiangqian, 2009)

Koordinat ölçüm cihazları mekanik iş parçalarının ölçü ve geometrisini incelemeye, imalatın niteliği, tersine mühendislik ve imalat prosesinin geliştirilmesinde geniş kullanım alanı bulur. Her ne kadar CMM cihazları yüksek ölçüm hassasiyetlerine karakterize edilmiş olsalar da, hata ve belirsizlikler halen mevcut durumdadır. Bu hataların ve belirsizliklerin kaynakları 4 farklı şekilde düşünülebilir (Liu Q vd, 2000);

- CMM komponentleri ve problemler
- Veri edinme ve örnekleme (analog datayı dijitale çevirme) stratejisi
- Veri işleme
- Ölçme ortamı

Ölçme belirsizliği ile ölçme hatası arasındaki farkı açıklamak gerekirse; ölçme hatası, gerçek değer ile ölçme sonucunda bulunan değer arasındaki fark anlamına gelir. Ancak gerçek değer tam olarak bilinmemektedir, dolayısıyla ölçme hatası sürekli mevcuttur.

Ölçme hatalarının toplamı ölçme belirsizliği olarak tarif edilebilir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Ölçme belirsizliği ve ölçme hatası arasındaki fark (Philips, 1998)

Ölçme belirsizliği konusu CMM cihazlarında, koordinat ölçme cihazının yol açtığı belirsizlik ve iş parçasının yol açtığı belirsizlik olarak iki ana başlıkta toplanabilir.

Koordinat ölçme cihazının etkisi;

- Koordinat ölçme cihazının geometrisi
- Koordinat ölçme cihazının prob sistemi
- Değerlendirme yazılımı

olarak sıralanabilir.

Ölçülen iş parçasının etkisi;

- Form sapmaları
- Kısmi ulaşılabilir yüzeyler
- Sıkıştırma ve iş parçasının elastik deformasyonu

olarak sıralanabilir. Ayrıca çevre etkileri de belirsizliğe yol açan bir diğer faktördür (Nomak, 2000).

Özellikle form sapmalarında belirsizliğin önüne kısmen de olsa geçebilmek için alınan nokta sayısının artırılması gerekmektedir. Alınan noktaların değerlendirilmesi konusu da ayrıca hem değerlendirme yazılımına hem de iş parçasının form sapmasına bağlı bir etken olarak görülebilir.

6. CİHAZ İLE ÖLÇME VE KONTROL

Şekil sapmalarından Dairesellik sapmasının montaj ortamında ne kadar önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Dairesellik sapmasının sonucunda montaj halindeki parçalar (delik – mil montajı) titreşime, aşınmaya maruz kalırlar ve dolayısıyla ömürleri azalır. Dairesellik sapmasının ölçülmesi ve tolerans aralığından sapmadığının belirlenmesi bu olumsuz sonuçları engeller.



Şekil 6.1 Dairesellik ölçümü için kullanılan dairesellik sapmasını kontrol eden CMM cihazı

6.1 İş Parçası Özellikleri

Bu çalışmada ölçümü yapılan iş parçası büyük dizel motorlarda kullanılan silindir gömleğidir. Silindir gömleği motor içerisindeki piston elemanı ile sürekli temas halinde bulunur. Silindir gömleği, pistonlar, segmanlar ve yanma odası ile yanma enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Gömlekler, yüksek basınca, mekanik ve termal güce karşı ölçülerini koruyacak şekilde dayanıklıdır, korozyona karşı dayanıklıdır. Yanma esnasında oluşan ısıyı soğutma

kanallarına yönlendirirler. Gömlekler bütün hareket boyunca pistonu tutar. Benzetme yapmak gerekirse pistonu mil, silindir gömleğini delik gibi düşünebiliriz. Silindir gömlekleri form ve yüzey toleransları açısından hassas parçalar oldukları için hassas imalat aşamalarından geçerler. Uygulama yapılan silindir gömleği tornalama aşamasında CBN kesici takımlarla işlenmiştir. Sonrasında taşlama işlemine maruz kalmıştır. Silindir gömleği iç silindirik yüzeyi son işlem olarak honlamaya maruz kalmıştır.

Honlama işleminin amacı, tornalama veya taşlama işlemi uygulanan yüzeylerin üzerinde bulunan pürüzleri gidermek, yüzeylerin kalitesini düzeltmek, istenen ölçü tamliğini elde etmektir. Honlama işleminde elde edilen yüzeyin kalitesi honlanan yüzeyde meydana gelen çapraz çizgilerin açısına bakılarak tespit edilir. Çapraz honlama çizgilerinin arasındaki açı önemlidir. Ve belirli değerler arasında olması istenir. Çapraz açısının 20-45 derece arasında olması yüzey kalitesinin uygun olduğunu göstermektedir.

6.2 Cihaz Özellikleri

Silindir gömleği ölçümü, imalatı yapılan fabrikada bulunan “Kalite Kontrol” odasında bulunan “Carl Zeiss” markasının köprü tipi CMM olan “Accura” modelinde yapılmıştır. Ölçümler 22 °C sıcaklık ve %50 bağıl nem şartlarında yapılmıştır. Bu cihaz oldukça gelişmiş bir CMM cihazı olarak “Vast Gold” model bir tarayıcı (scanning) proba da sahiptir. Bu tarayıcı prob saniyede 300 nokta alabilmektedir. Ölçüm yapılan tarayıcı prob çapı 30 mm’dir.

CMM cihazı hava yataklı olduğu için ölçümler daha hassas ve hızlı yapılabilir. Ayrıca cihaza ölçümü yapılmak istenen iş parçası bağlandığında, o anki iş parçası sıcaklığı da ölçülebilmektedir.

Çizelge 6.1 Ölçüm yapılan cihaz özellikleri

Hassasiyet		“ACCURA 10” x=1200
Büyükölçüm hatası	18 – 22 °C’de E (µm)	2.2 + L/300
MPE hassasiyet EN ISO 10360-2	18 – 26 °C’de E (µm)	2.9 + L/250
Sondalama ölçüm hatası		
MPE hassasiyet EN ISO 10360-2	P (µm)	1.9
Tarayıcı prob ölçüm hatası		
MPE hassasiyet EN ISO 10360-4	THP (µm)	3,5

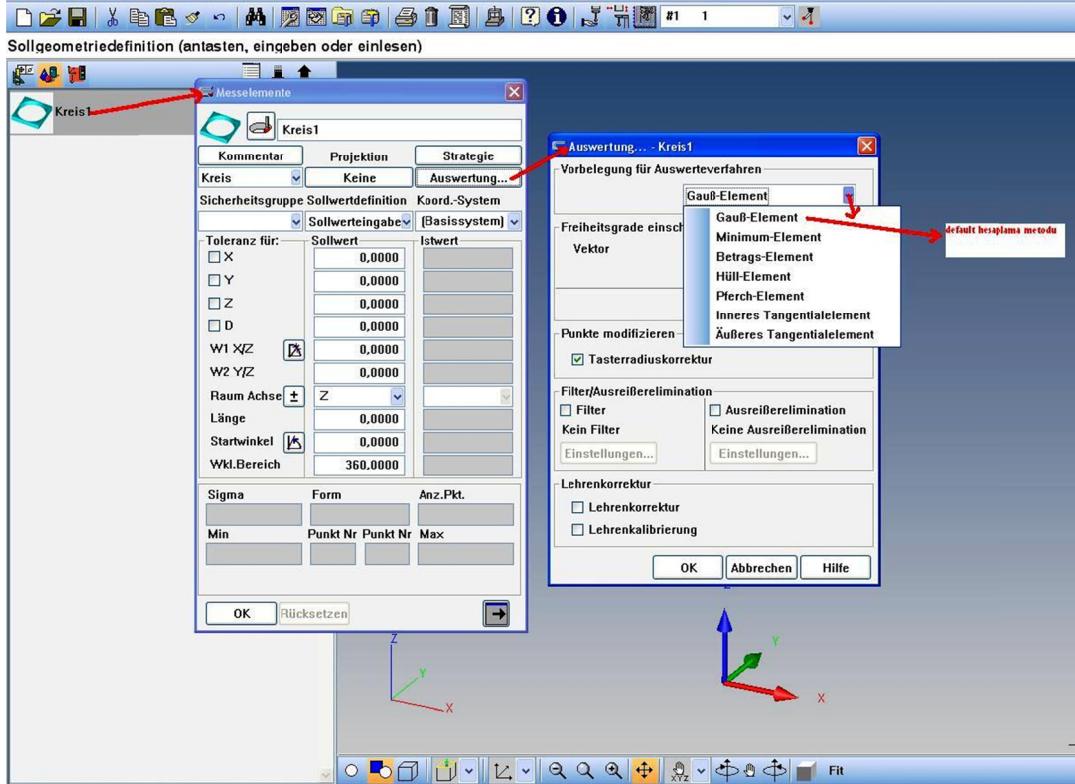
Form ölçümü hatası		
Dairesellik hassasiyeti için MPE	RON_t (MZCI) (µm)	1.9

6.3 Ölçüm

Ölçüm varyasyonları oluşması açısından toplam 48 ölçüm yapılmıştır. Bunlar ardı ardına üretilmiş 3 adet aynı iş parçasında uygulanmıştır. Dolayısıyla parça başı toplam 16 ölçüm varyasyonu mevcuttur. Bu varyasyonlar 500,2000,4000 ve 6000 adet dairesel form üzerinden alınan nokta ve bu alınan noktaların oluşturduğu formu filtreleyen 4 çeşit filtreleme değerinden oluşmaktadır. Bu filtreler 15 UPR, 50 UPR, 150 UPR ve 500 UPR'dir.

- Ölçümü yapılan daire çapı = Ø175 mm. Üst tolerans değeri +0.04. Alt tolerans değeri 0'dır.
- Ölçümü yapılan dairesel geometrinin dairesellik toleransı = 0,015'tir.

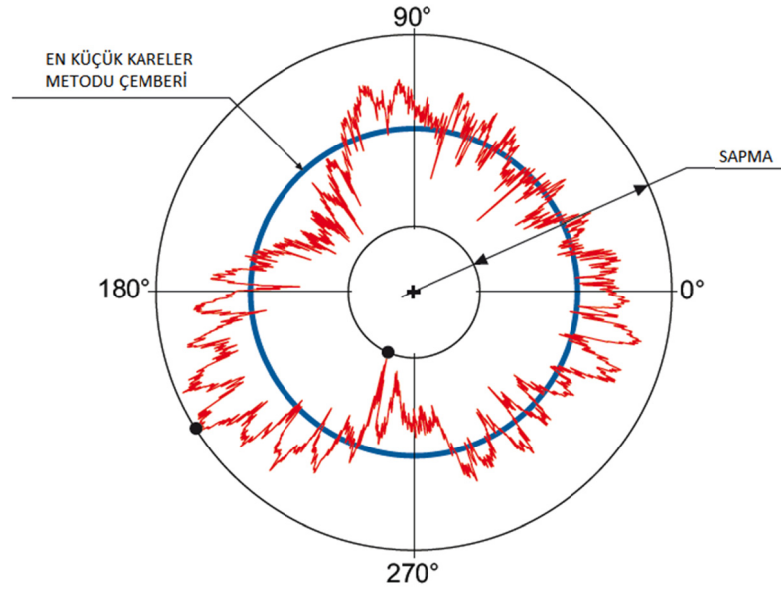
Bu ölçümlerde filtreleme olarak DIN EN ISO 12181 Dairesellik Standardı'na bağlı kalınarak %50 geçirgenlikli Gauss Filtresi kullanılmıştır. Şekil 6.2'de bu filtrenin seçimi görülebilir.



Şekil 6.2 Gauss Filtresi'nin CMM cihazı bilgisayar yazılımından seçimi

CMM cihazını kontrol eden bilgisayar yazılımı " Carl Zeiss - Calypso" adlı yazılımdır. Bu

yazılım sayesinde alınan nokta sayısı, filtreleme ve UPR değeri, değerlendirme metodu ve daha birçok ölçüm sonuçlarına etkiyen spesifikasyon seçenekleri mevcuttur. Bu çalışmada Silindir Gömleği iş parçasına uygulanan değerlendirme metodu LSC (En küçük kareler yöntemi) yöntemidir. Şekil 6.3'te görüldüğü gibi cihaz tarafından alınan noktalardan bir form oluşturulur, sonrasında filtre (ISO standartlarında da belli çap aralıkları için belli UPR değerleri belirtilmiştir) uygulanır. Bunun sonucunda referans dairesi oluşur ve bu dairenin merkezine eş merkezli olacak şekilde filtrelemeden sonra oluşan formun en dış noktası ve en iç noktası arasındaki mesafe sapma olarak belirlenir. Ayrıca bu referans dairesinin çapı, iş parçasının ölçülmek istenen (bilinmesi istenen) çapıdır. Bunların hepsi bilgisayar yazılımı tarafından matematiksel olarak hesaplanır ve sonuca dökülür.



Şekil 6.3 Dairesellik sapmasının sembolik gösterimi[1]

7. ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

Ölçüm sonucunda elde edilen değerler 3 iş parçasına ait olduğundan dolayı ortalamaları alınarak analiz edilmişlerdir. Aşağıdaki tabloda ortalaması alınmış ölçüm sonuçları görülmektedir (Çizelge 7.1).

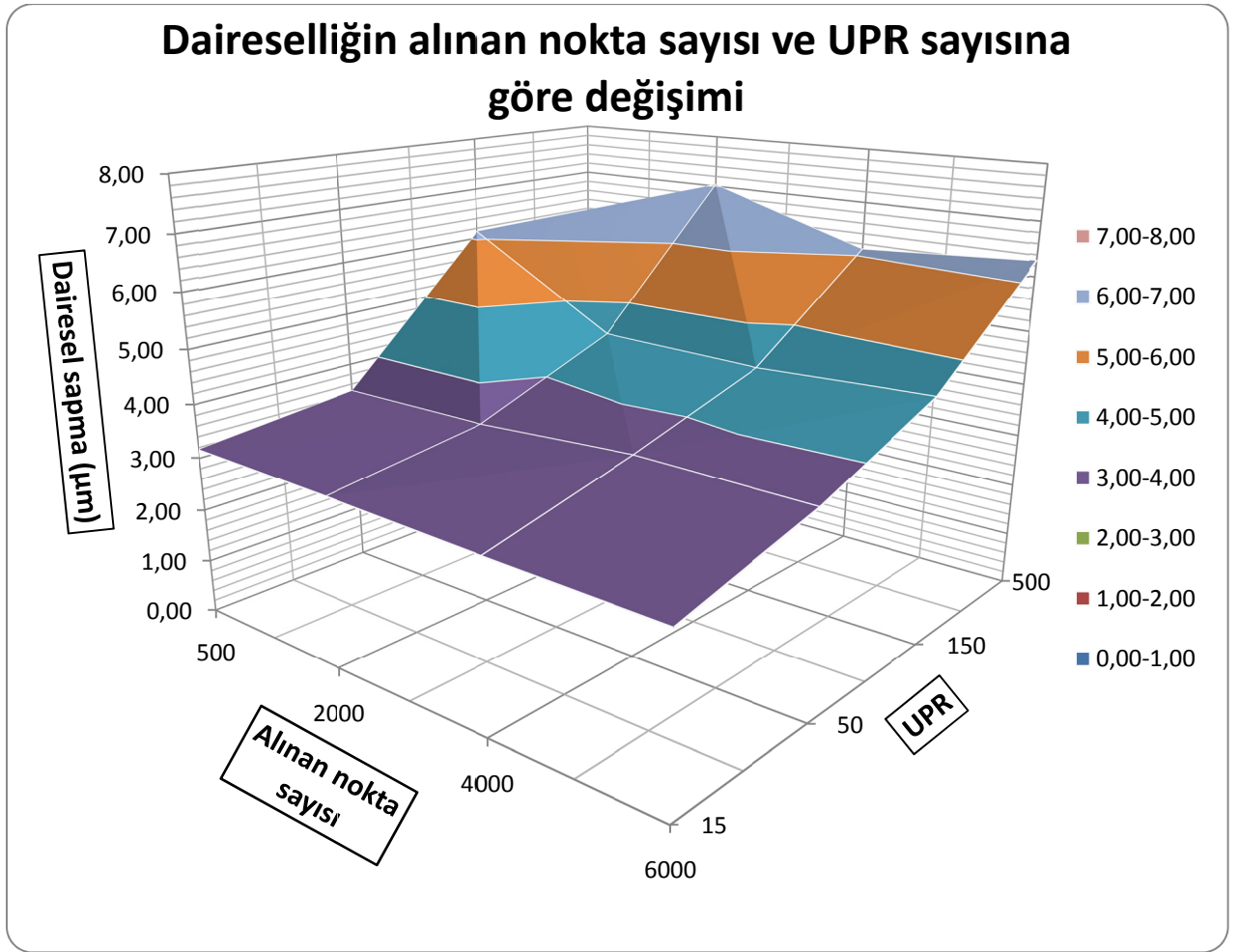
Çizelge 7.1 Silindir gömleğinin alınan nokta sayısı ve filtreleme değerine göre ortalama dairesellik sapmaları

Ortalama Dairesellik Sapması (μm)	UPR			
	15	50	150	500
Nokta sayısı	15	50	150	500
500	3,17	3,47	6,13*	6,10*
2000	3,13	3,50	4,50	7,03*
4000	3,07	3,70	4,43	6,10
6000	3,03	3,67	4,57	6,30

İş parçası dairesellik sapmasının alınan nokta sayısından daha çok UPR değerine göre değiştiğini görmekteyiz. Bunun nedeni UPR değeri düştükçe filtrelemenin artması dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünün filtreden geçememesi durumudur. Ayrıca atölyede makinelerden kaynaklanan titreşimin meydana getirdiği küçük dalgalanmaların ve daha büyük geometrik sapmaların ölçüm sonucuna etki etmemesi sağlanır. Dairesel profile etkiyen 3 çeşit yüzey doku yapısı (yüzey pürüzlülüğü, dalgalanma ve form) olduğunu düşünürsek, dairesel formu görebilmemiz için filtre uygulanması gerektiği anlaşılabilir.

Eğer standartlarda verilen değerleri uygulamış olsaydık, Ø175 için 500 UPR seçmemiz gerekirdi ve dolayısıyla en az 3500 nokta almış olmamız gerekirdi. Dolayısıyla oluşturulan tabloda 4000 ya da 6000 nokta ve aynı zaman UPR değeri olarak 500'e bakılırsa standartlara göre sapma miktarları görülmüş olur. Zaten tablodan da anlaşılacağı üzere 4000 ile 6000 nokta alınması arasında pek bir fark yoktur. Çizelgeyi daha kolay yorumlayabilmek için yüzey grafiği çizilmiştir. Aşağıda görünen yüzey grafiğinde dairesellik sapmasının filtre değeri ve alınan nokta sayısı ile nasıl değiştiği daha rahat anlaşılabilir (Şekil 7.1).

*Değerler filtre uygulanmamış değerlerdir. DIN EN ISO 12181 Dairesellik Standardı'na bağlı olarak UPR başına en az 7 nokta olması gerekliliğinden dolayı uygulama yapılan cihaz bilgisayar programı nokta sayısı UPR başına 7'den az ise filtreleme uygulamamıştır.



Şekil 7.1 Daireselliğin alınan nokta sayısı ve UPR sayısına göre değişimi

Grafiği yorumlamak gerekirse söz konusu iş parçası için 4000 noktadan sonra alınan 6000 noktanın 4000 noktanın verdiği değerlerden pek farklı olmadığı (sabit UPR değerinde) görülmektedir. Bu sonuç, söz konusu iş parçası için dairesellik taranırken 4000 noktadan fazla nokta almanın ölçümün hassasiyetini pek değiştirmeyeceğini ve ek zaman dolayısıyla maliyet anlamına geleceğini göstermektedir. Bu sonuç, yani 4000'den fazla noktanın gereksizliği sadece bu çaptaki iş parçası için geçerli bir durumdur. Dolayısıyla iş parçası çapı büyüdükçe alınması gereken nokta sayısı ve aynı zamanda UPR değeri de arttırılmalıdır.

Grafiğin en yüksek sapma değerini gösterdiği noktaya bakarsak; 2000 nokta ve 500 UPR değerlerini görürüz. Bunun sebebi şöyle açıklanabilir;

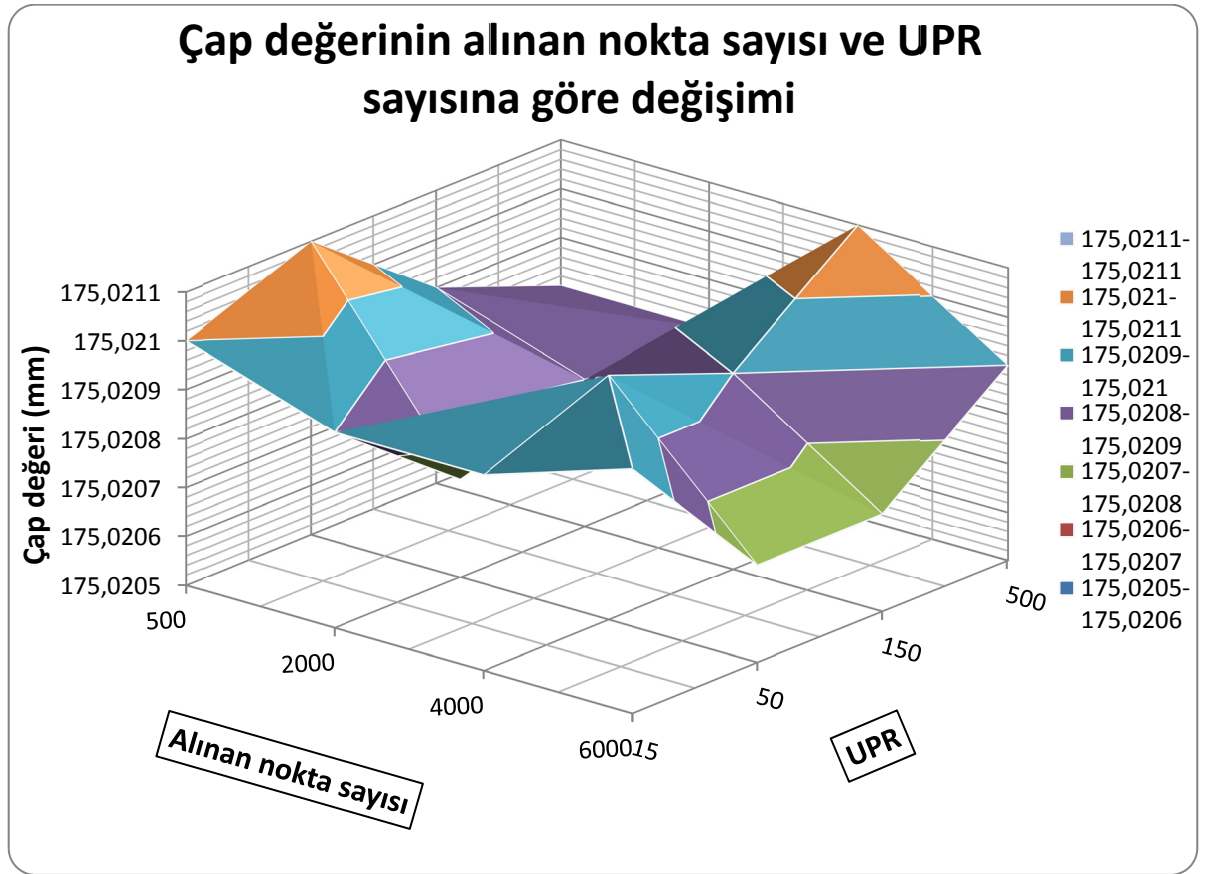
- UPR değeri arttıkça dairesellik sapmasının nokta sayısı fark etmeksizin artması
- 2000 nokta alındığında 500 UPR değeri için filtreleme yapılmamış olmasıdır.

İş parçası çap değerlerinin ortalamalarının değişimine baktığımızda (Çizelge 7.2) mikron seviyesinde dahi pek bir değişim olmadığını farkına varabiliriz. Şekil 7.2'de çap değişiminin

yüzey grafiği görülebilir.

Çizelge 7.2 Silindir gömleğinin alınan nokta sayısı ve filtreleme değerine göre ortalama çap değişimi

Ortalama Dairesellik Değerleri (mm)	UPR			
	15	50	150	500
Nokta sayısı				
500	175,021	175,0211	175,0209	175,0208
2000	175,0209	175,0207	175,0208	175,0208
4000	175,0209	175,021	175,0209	175,0211
6000	175,021	175,0207	175,0207	175,0209



Şekil 7.2 Çap değerinin alınan nokta sayısı ve UPR sayısına göre değişimi

Grafiği incelediğimizde çap değişiminin 0,1 mikron seviyesinde olduğunu görebiliriz. Verilen çap toleransını (+0,04) dikkate aldığımızda ölçüm sonuçlarına göre elde edilen çap değerlerinin üst limit ile alt limitin tam ortasında seyrettiğini görüyoruz. İstatistiksel olarak 3 iş parçasının ortalamasının alındığı düşünüldüğünde çap değeri açısından imalatın sorunsuz seyrettiği kanısına varılabilir.

KAYNAKLAR

- Aksulu, M., (2010), Form Ölçümü Eğitim Notları, Ulusal Metroloji Enstitüsü, Tübitak, Kocaeli.
- Cogorno, G. R. (2006), Geometric Dimensioning and Tolerancing for Mechanical Design, McGraw-Hill, New York.
- Çınar, A., (2000), “Teknik Resim Geometrik Boyutlandırma ve Toleranslandırma, Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, Tübitak, Ankara.
- DIN 4760., (1982), “Form deviations; Concepts; Classification system”.
- Durakbaşı, M.N., (2002), Ölçme Tekniği ve Kalite Yönetimi Bahar Dönemi Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Durakbaşı, M.N., (2003), Geometrical Product Specifications and Verification for the Analytical Description of Technical and Non-Technical Structures, TU Wien, Wien.
- Durakbaşı, M.N., Afjehi-Sadat, A. ve Nomak, A. (2001), “Dimensional and Geometrical Measurements and Interpretation of Measuring Results On The Basis Of The Skin-Model”, Measurement Science Review, 1:89-92.
- Durakbaşı, M.N. ve Nomak, A., (2001), “Üretim Parçaları Karakteristiklerinin Modern Üretimde Koordinat Ölçme Tekniği (CMM) Vasıtasıyla Belirlenmesi”, IV. Ulusal Ölçübilim Kongresi, Eskişehir.
- Durakbaşı, M.N., Osanna, P.H. ve Afjehi-Sadat, A. (2001), “A General Approach to Workpiece Characterization in the Frame of GPS (Geometrical Product Specification and Verification)”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 41:2147-2151.
- Henzold, G., (2006), Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection, Burlington.
- Heping, P. ve Xiangqian, J., (2009), “Evaluation and Management Procedure of Measurement Uncertainty in New Generation Geometrical Product Specification (GPS)”, Measurement, 42:653-660.
- Huang, Y. ve Hoshi T., (2000), “Improvement of flatness error in milling plate-shaped workpiece by application of side-clamping force”, Prec Eng, p.365.
- ISO/TS 12181-1., (2003) "Geometrical Product Specifications (GPS) -- Roundness -- Part 1: Vocabulary and parameters of roundness".
- ISO/TS 12181-2., (2003), "Geometrical Product Specifications (GPS) -- Roundness -- Part 2: Specification operators".
- Kibbe, R.R., Neely J.E., Meyer R.O., (2010), Machine Tool Practices / Edition 9, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Kurt, Ö., (2007), Geometrik Toleranslar, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Liu, Q., Zhang, C.C. ve Wang, B., (2001), “On the Effects of CMM Measurement Error on Form Tolerance Estimation”, Measurement, 30:33-47
- Muralikrishnan, B. ve Raja., J., (2009), Computational Surface and Roundness Metrology, Springer-Verlag London Limited, London.
- Nielsen, H. ve Bennich P., (2004), GPS Pocketbook - Geometrical Product Specifications - First Edition, Værlose.

- Nomak, A., (2000), "Geometrik Ürün Spesifikasyonlarına göre Kompresör Parçalarının Kontrol Metodları ve Tolerans Analizleri", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Osanna, P.H., Durakbaşı, M.N., ve Afjehi-Sadat A. (2005), "Measurement of Geometrical Properties", UB-TU Wien, Module 14:374-380,404-412.
- Philips, S.D., (1998), Performance Evaluations, Coordinate Measuring Machines and Systems, Marcel Dekker, New York.
- Sander, M., (1991), "A Practical Guide to the Assessment of Surface Texture", Feinprüf Perthen GmbH, Goettingen.
- Schey, J.A., (1999), Introduction to manufacturing processes, McGraw-Hill, Ontario.
- Simmons, C. H., Maguire, D.E. ve Phelps, N. (2009), Manual of Engineering Drawing – Third Edition, Oxford.
- Taniguchi, N., (1974), "On the Basic Concept of Nanotechnology", Proc. Int. Cong. Prod. Eng., Tokyo.
- Töre, C., (2005), Geometrik Toleranslar, Bilişim Yayınları, İstanbul.
- TS EN ISO 10360-2., (2004), "Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) - Koordinat Ölçme Makinaları (KÖM) İçin Kabul Ve Yeniden Doğrulama Deneyleri - Bölüm 2: Büyüklük Ölçmesi İçin Kullanılan Koordinat Ölçme Makinaları (KÖM)".
- TS EN ISO 10360-4., (2002), "Geometrik mamul özellikleri (GMÖ) - Koordinat ölçme makinaları (KÖM) için kabul ve yeniden doğrulama deneyleri - Bölüm 4:Taramalı ölçme modunda kullanılan koordinat ölçme makinaları".
- TS EN ISO 1101., (2008), "Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) – Geometrik Toleranslandırma – Şekil, Yönlendirme, Konum ve Dönme Toleransları".
- VDI/VDE 2601., (1991), "Requirements on the surface structure to cover function capability of surfaces manufactured by cutting; list of parameters", VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, Düsseldorf.
- Vijay, S., (2001), "An Integrated View of Geometrical Product Specification and Verification", 7th CIRP Seminar on Computer-Aided Tolerancing, New York.
- Weckenmann, A. ve Gewande, B., (1999), Koordinatmesstechnik, Carl Hanser Verlag, München.
- Whitehouse, D. J., (1991), "Nanotechnology Instrumentation", Measurement + Control, 2:37-46.
- Whitehouse, D.J. ve Reason., R.E. (1965), "The Equation of the Mean Line of Surface Texture Found by an Electric Wave Filter", Rank Taylor Hobson, Leicester.
- Whitehouse, D.J., (1994), Handbook of Surface Metrology, Institute of Physics Publishing, Bristol.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] http://www2.mitutoyo.de/uploads/media/poster_geometrical_deviations.pdf
- [2] <http://www.universalmeasurement.com/MahrFederalForm.pdf>
- [3] <http://www.qualitymag.com/Articles/Departments>
- [4] <http://www.smt.zeiss.com/C12568EF003EC3B6/EmbedTitelIntern/CatalogoAccura>

EKLER

- Ek 1 Ölçümü yapılan silindir gömleği iş parçasının teknik resmi
- Ek 2 Sırasıyla farklı nokta sayıları ve 500 UPR için dairesellik sapması grafikleri
- Ek 3 Sırasıyla farklı nokta sayıları ve 500 UPR için dairesellik sapması grafikleri
- Ek 4 Ölçüm raporlarından elde edilen dairesellik ve çap değerlerinin ortalama ve standart sapma tabloları
- Ek 5 İlk iş parçası için ölçüm raporları
- Ek 6 İkinci iş parçası için ölçüm raporları
- Ek 7 Üçüncü iş parçası için ölçüm raporları

Ek 1 Ölçümü Yapılan Silindir Gömleği İş Parçasının Teknik Resmi

1

2

3

4

A

B

C

D

E

F

+0,040

 $\varnothing 175 \ 0$ $\varnothing 0.015$

Ölçek

1/2

Çizen

İsim - İmza

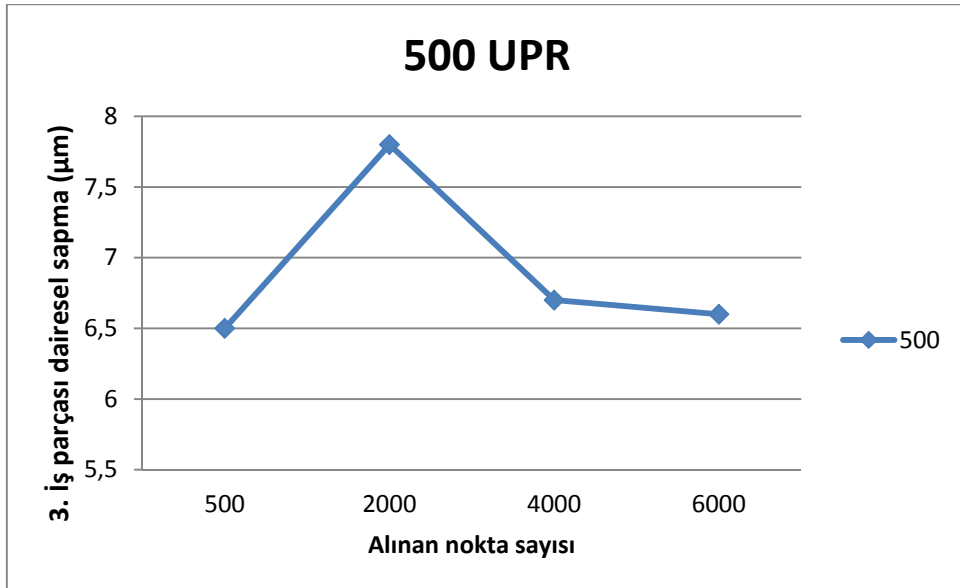
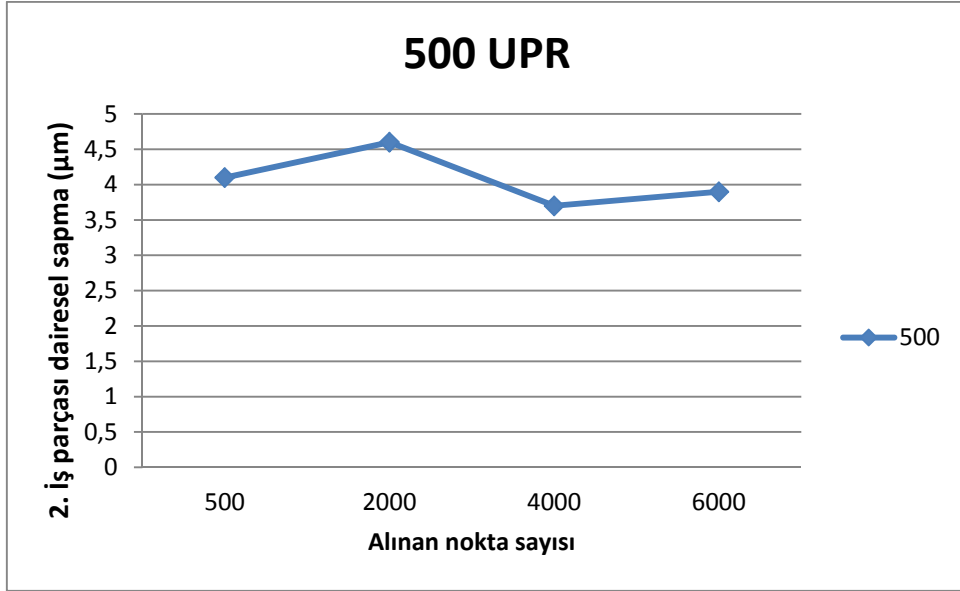
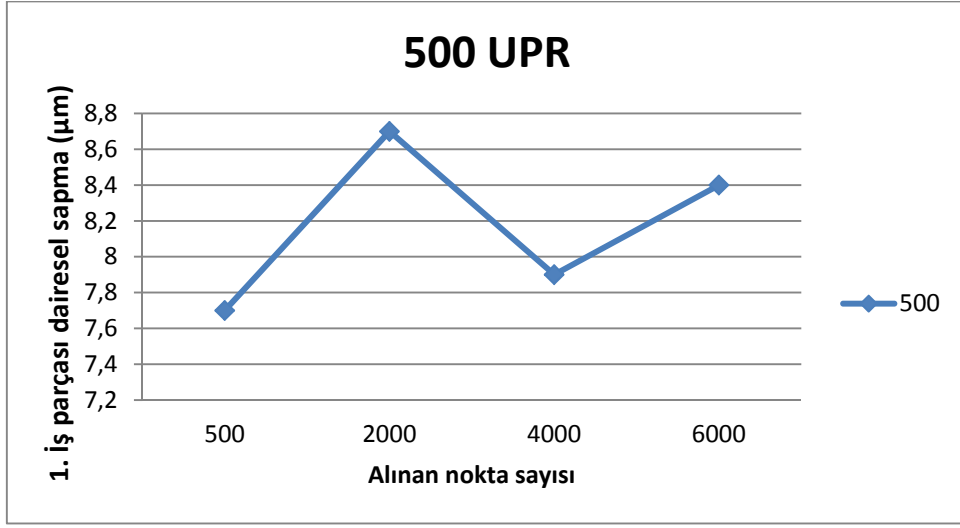
Mak. Müh. Ender ERDOĞMUŞ

Resim Adı

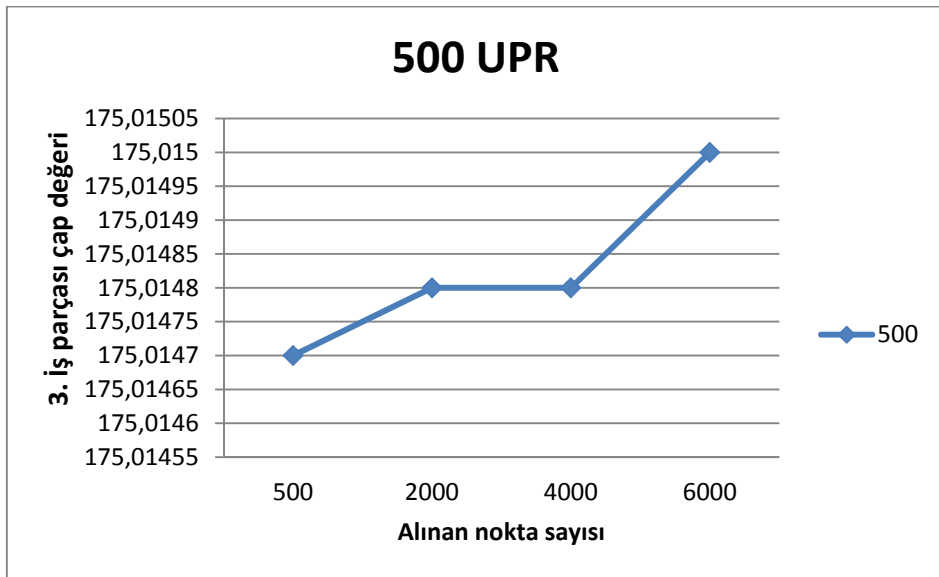
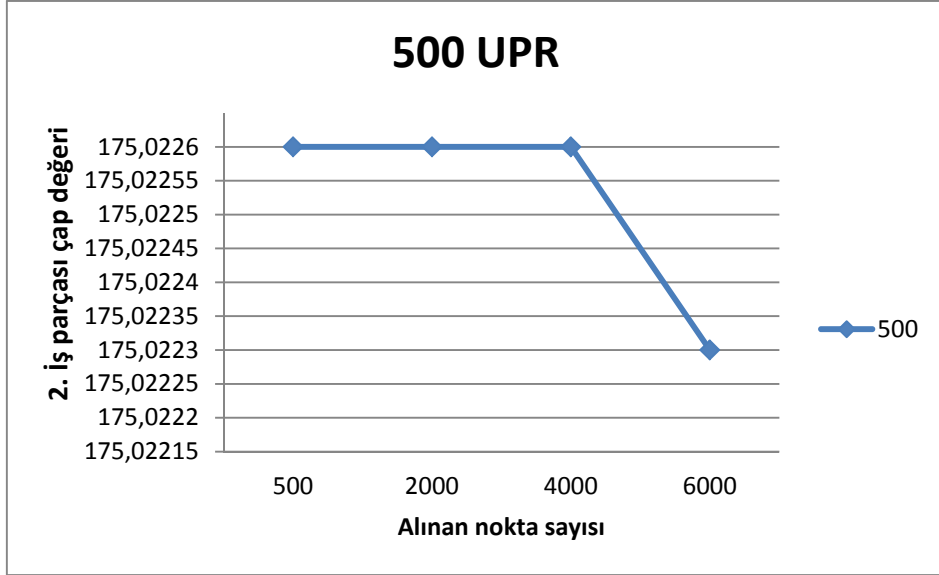
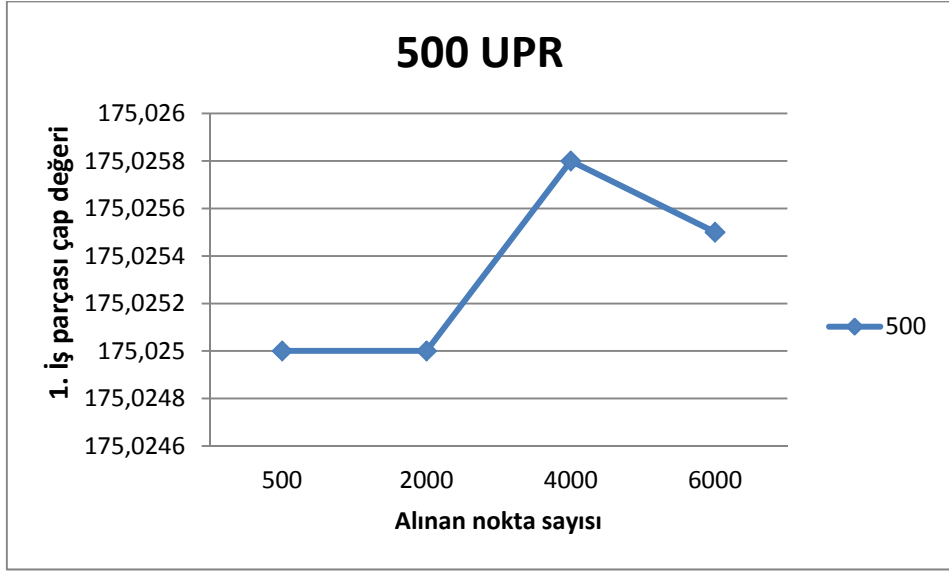
Silindir Gömleği

Yıldız Teknik Üni.
Makina Fakültesi
Mak. Müh. Bölümü

Ek 2 Sırasıyla Farklı Nokta Sayıları Ve 500 UPR İçin Dairesellik Sapması Grafikleri



Ek 3 Sırasıyla Farklı Nokta Sayıları Ve 500 UPR İçin Çap Değişim Grafikleri



Ek 4 Ölçüm Raporlarından Elde Edilen Dairesellik Ve Çap Değerlerinin Ortalama Ve Standart Sapma Tabloları

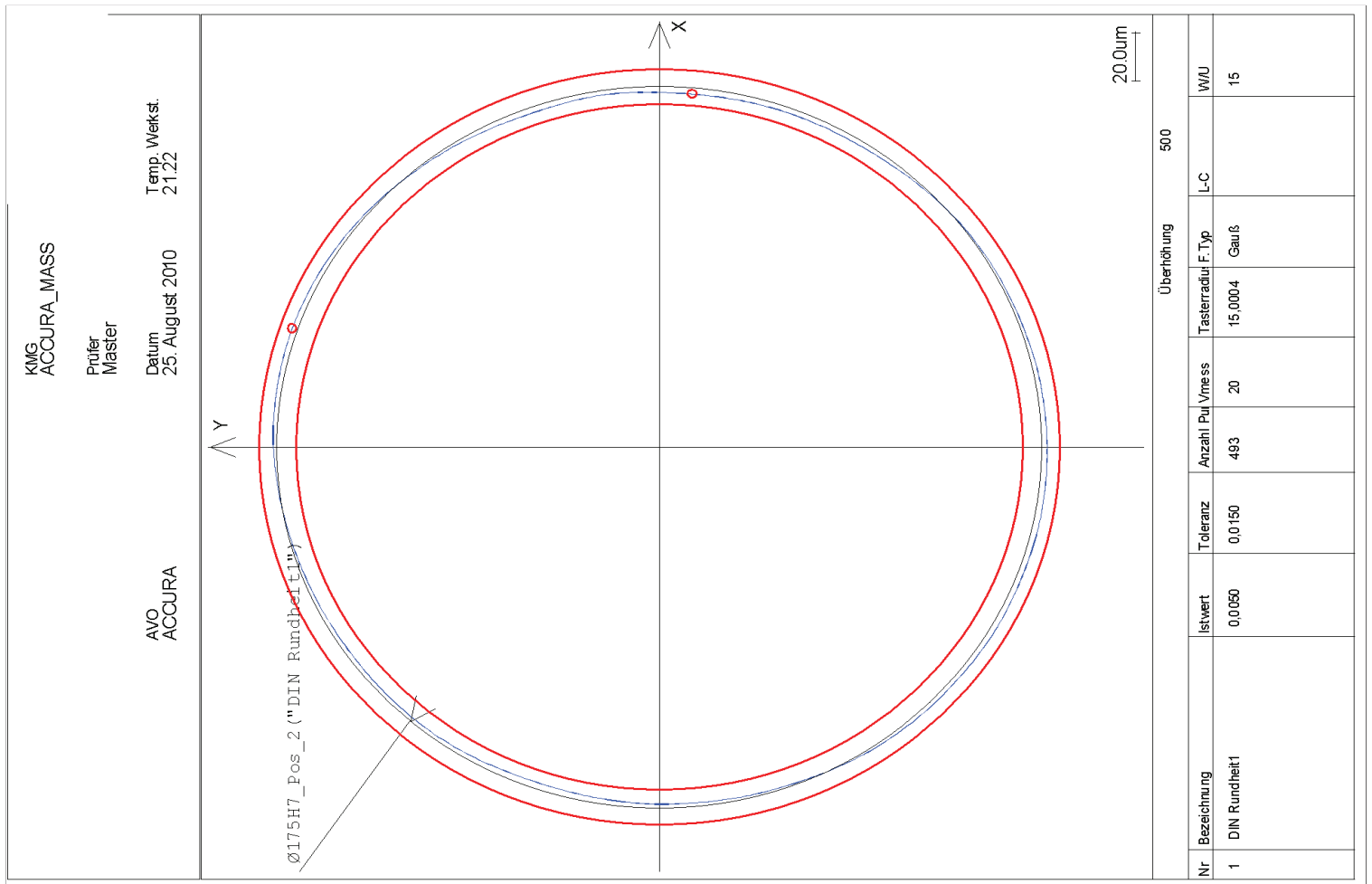
Ortalama Dairesellik Sapması (µm)				
UPR				
Nokta sayısı	15	50	150	500
500	3,17	3,47	6,13	6,10
2000	3,13	3,50	4,50	7,03
4000	3,07	3,70	4,43	6,10
6000	3,03	3,67	4,57	6,30

Standart Sapma (Dairesellik)				
UPR				
Nokta sayısı	15	50	150	500
500	1,76	1,80	1,86	1,83
2000	1,79	1,77	1,71	2,15
4000	1,46	1,81	1,75	2,16
6000	1,59	1,84	2,00	2,26

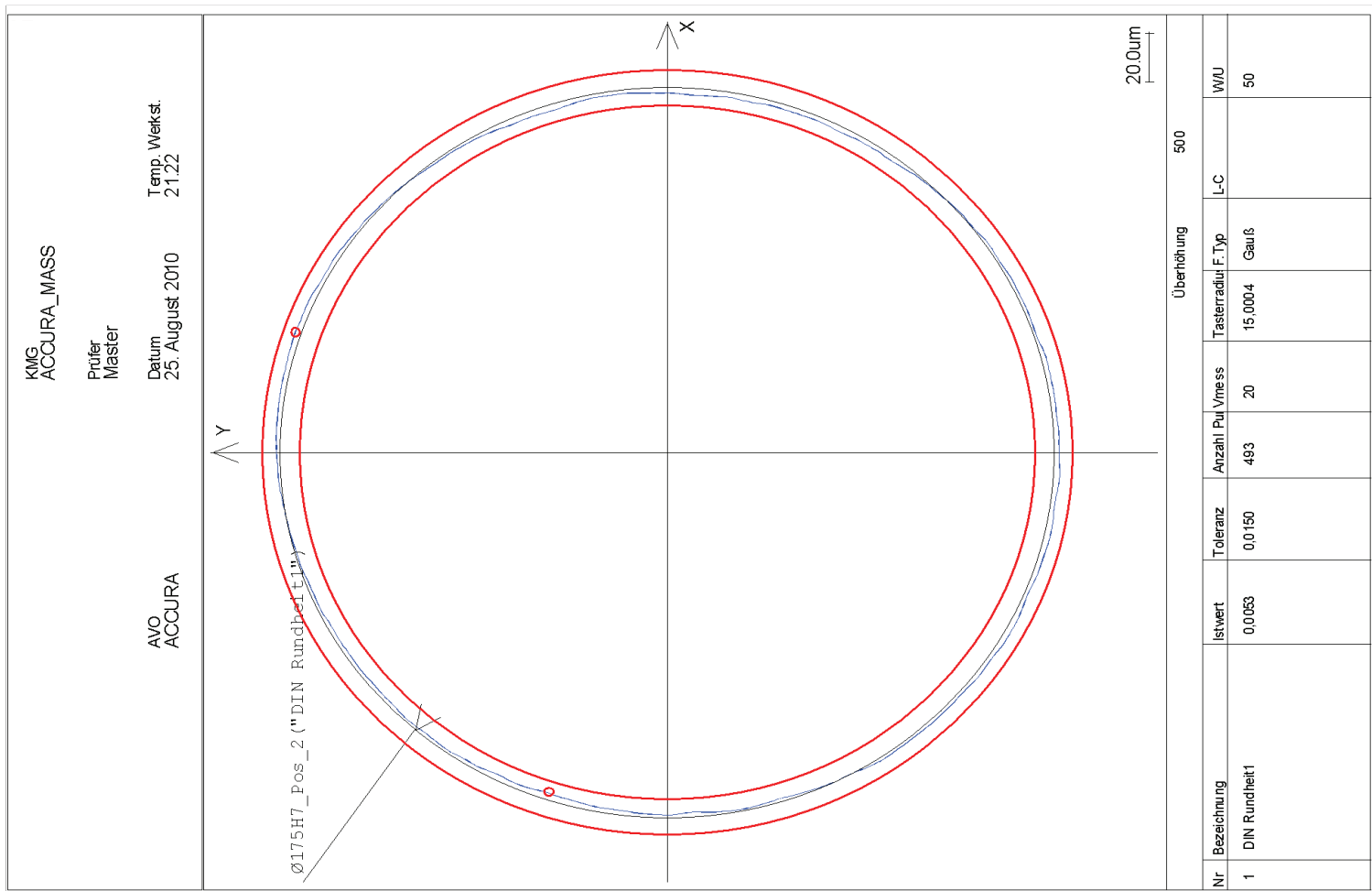
Ortalama Çap Değerleri				
UPR				
Nokta sayısı	15	50	150	500
500	175,021	175,0211	175,0209	175,0208
2000	175,0209	175,0207	175,0208	175,0208
4000	175,0209	175,021	175,0209	175,0211
6000	175,021	175,0207	175,0207	175,0209



Standart Sapma (Çap)				
UPR				
Nokta sayısı	15	50	150	500
500	0,005534	0,005652	0,005524	0,005389
2000	0,00527	0,005717	0,005311	0,005333
4000	0,005561	0,005382	0,00545	0,005658
6000	0,005311	0,005522	0,005401	0,005382

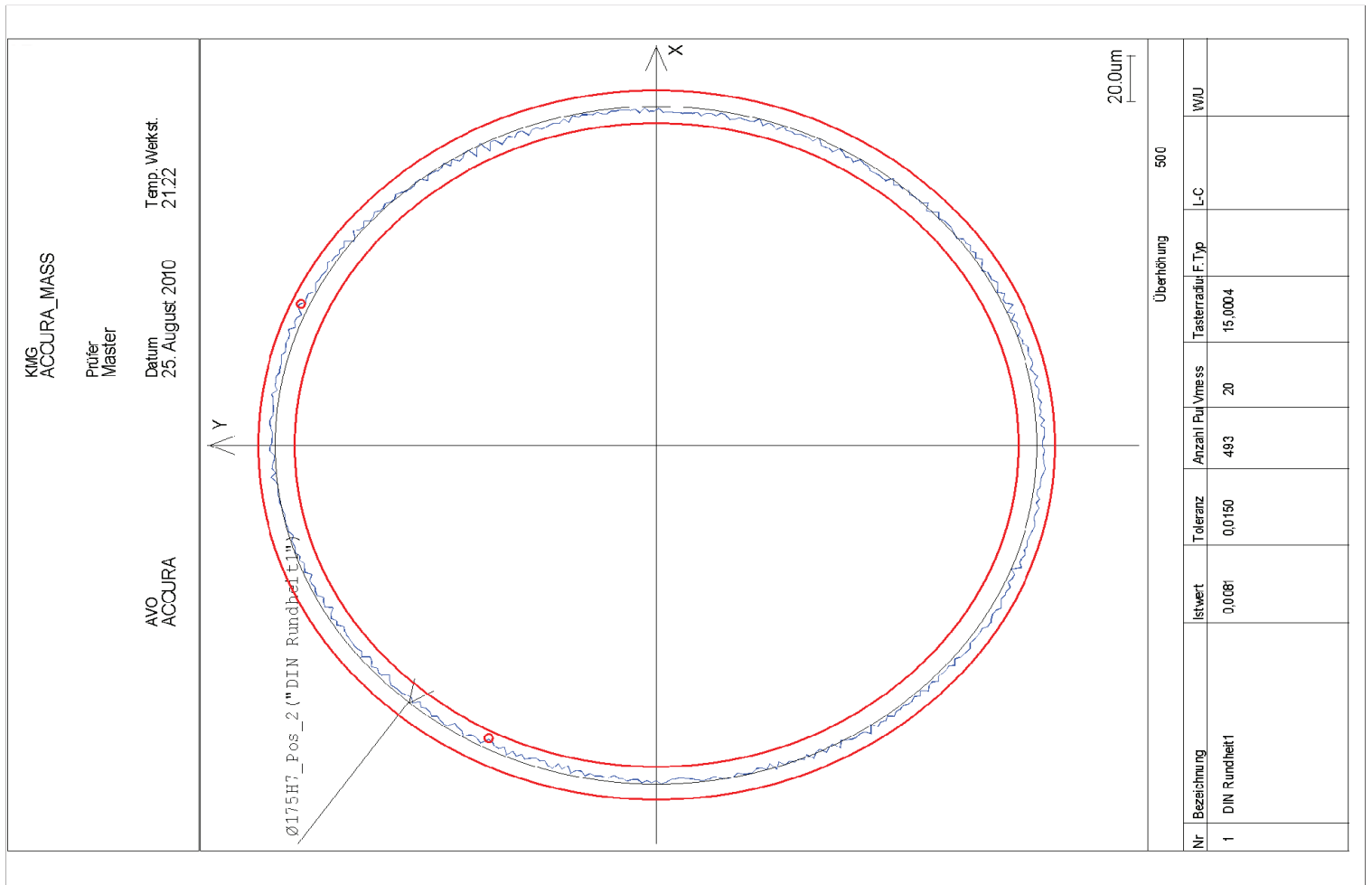
Ek 5 İlk İş Parçası için Ölçüm Raporları



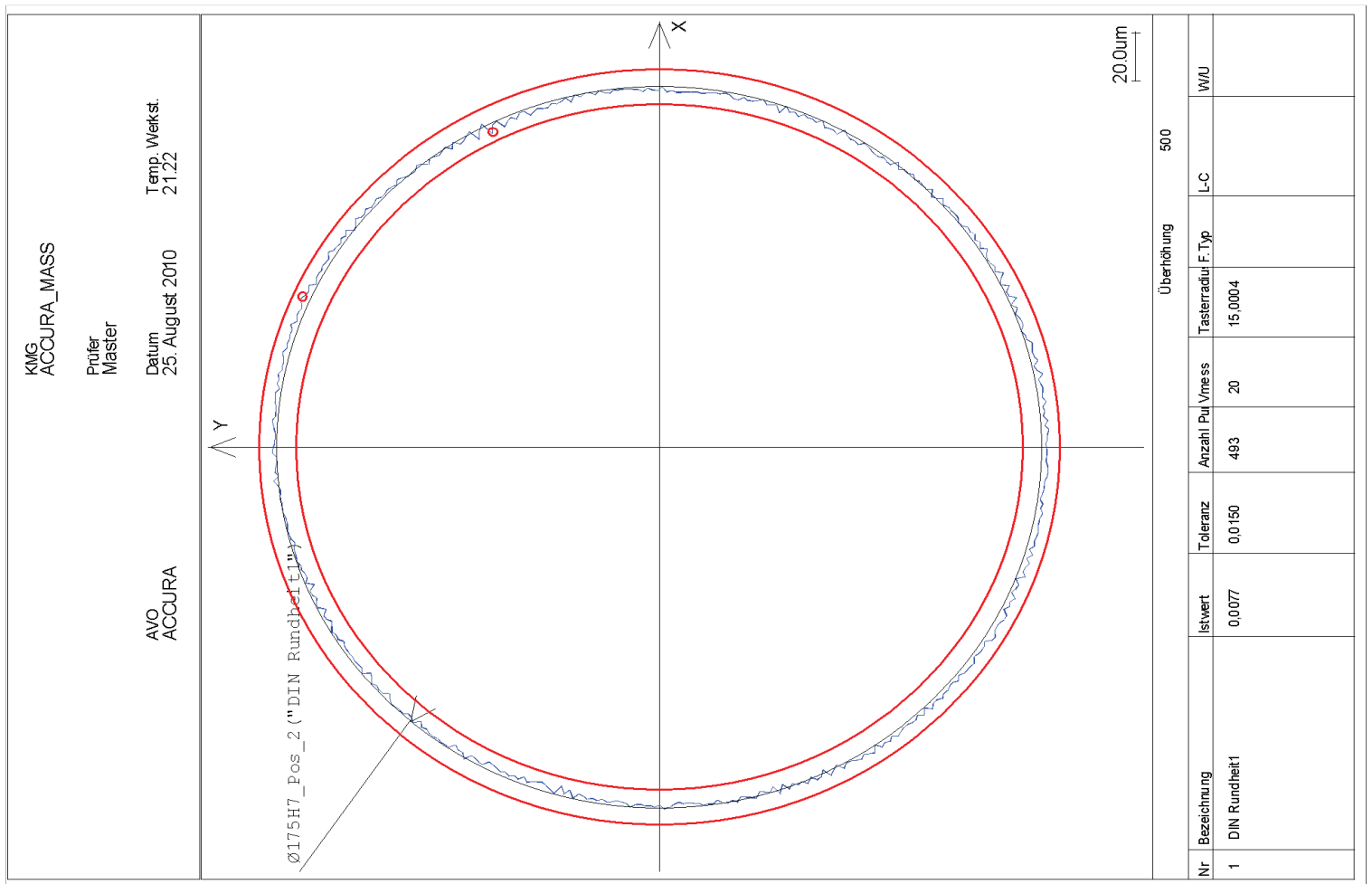
Prüfplan	Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.22		
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0255	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0050	0.0000	0.0150	-	0.0050



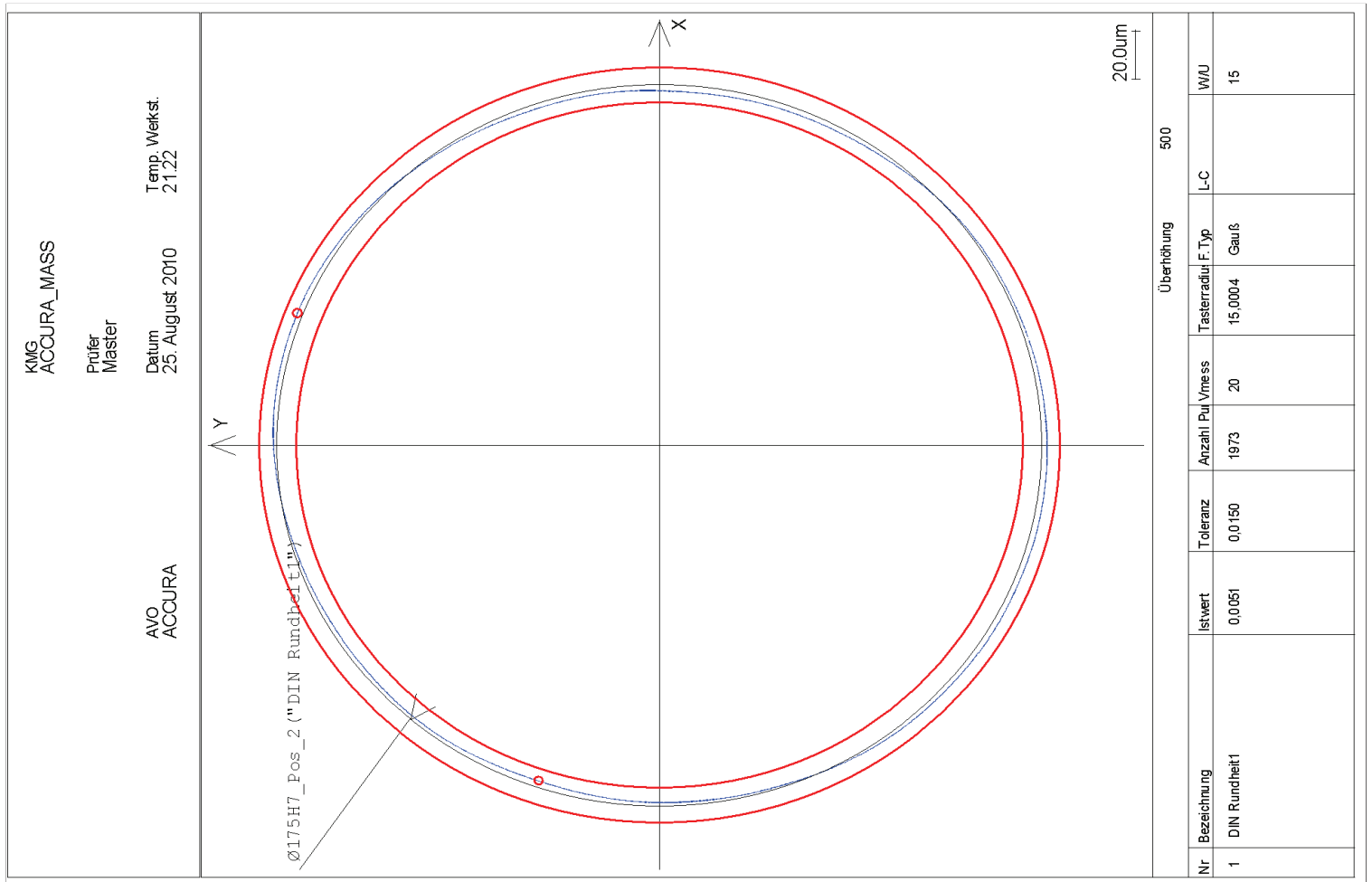
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____		Temp. Werkst. 21.22			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
 Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0253	175.0000	0.0400	0.0000	± 0.0253
 DIN Rundheit1	0.0053	0.0000	0.0150		± 0.0053



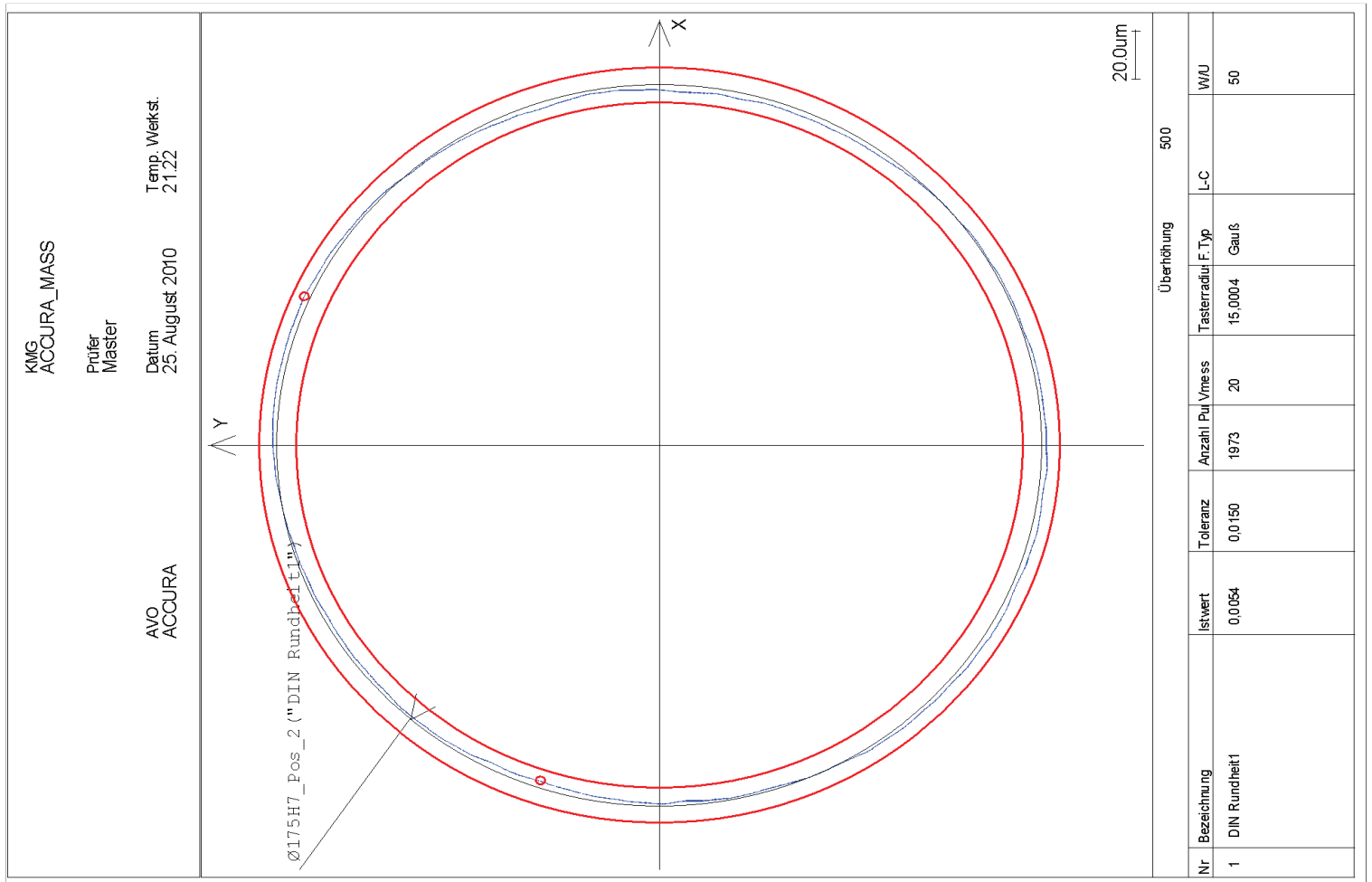
	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.22				
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Bearb.maschine: _____				
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0253	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0253
	DIN Rundheit1 0.0081	0.0000	0.0150		- 0.0081



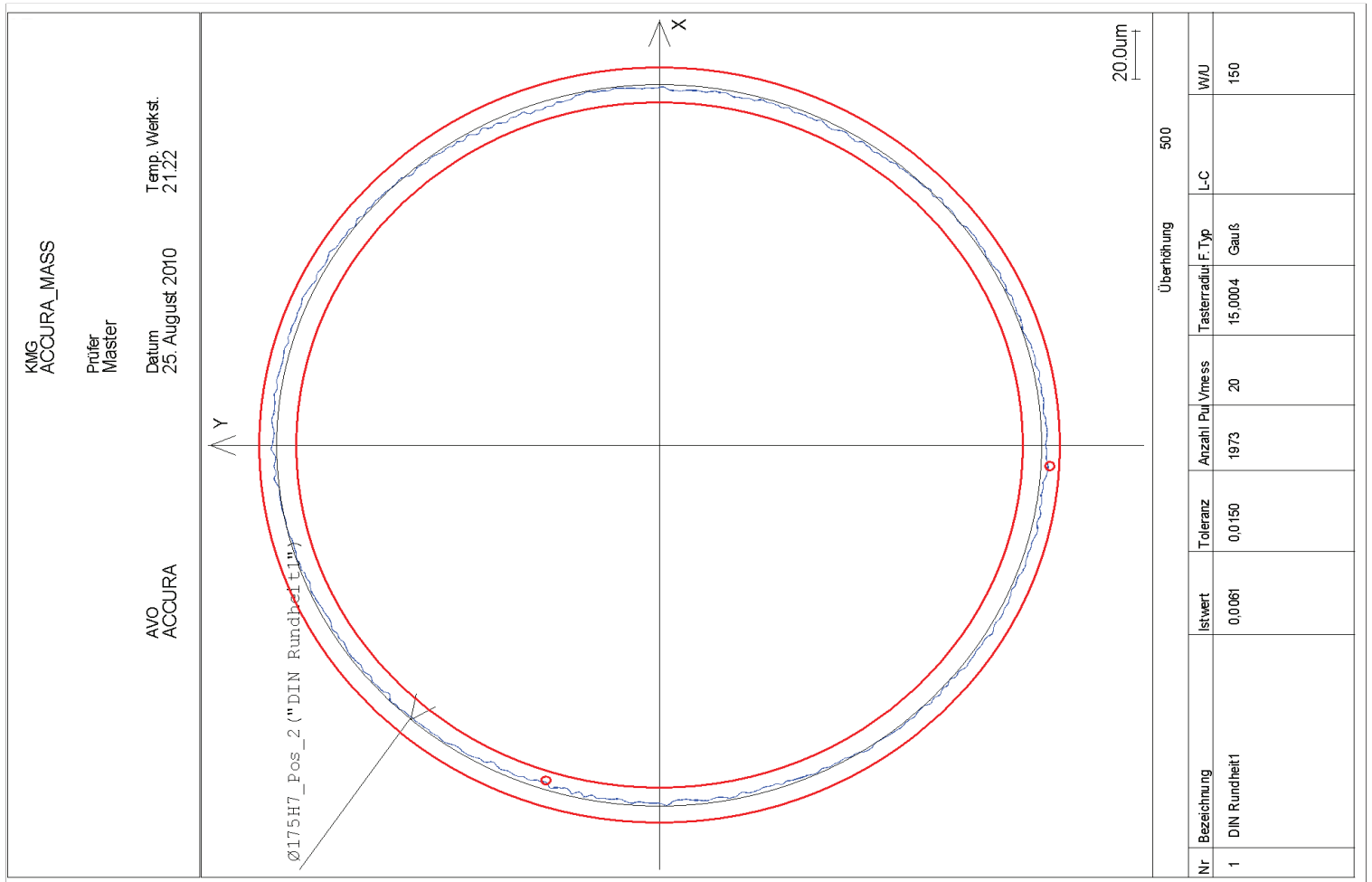
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.22		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS Bearb.maschine: _____			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0250	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0250
DIN Rundheit1	0.0077	0.0000	0.0150		+ 0.0077



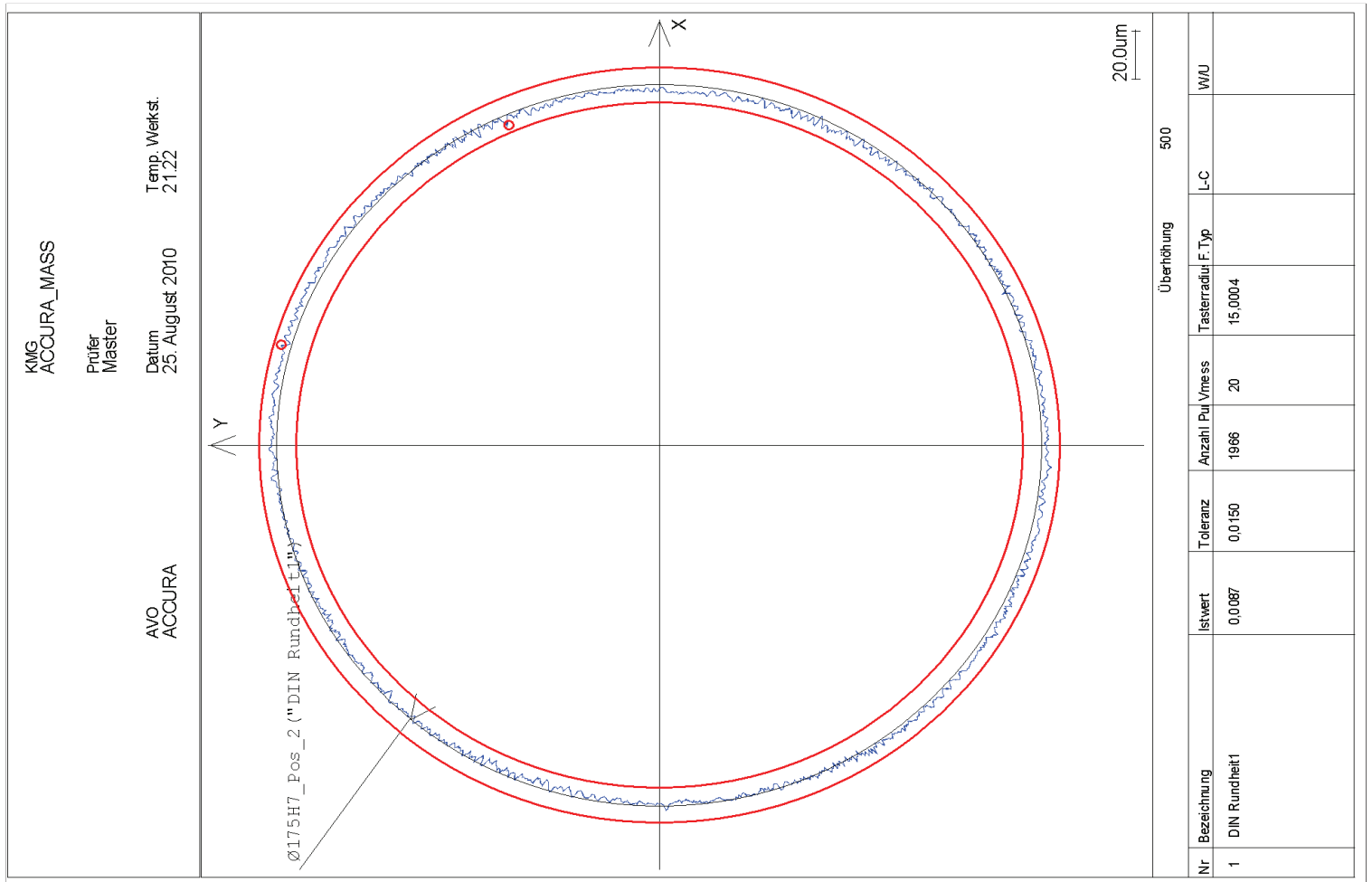
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.22			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0252	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0252
DIN Rundheit1	0.0051	0.0000	0.0150		- 0.0051



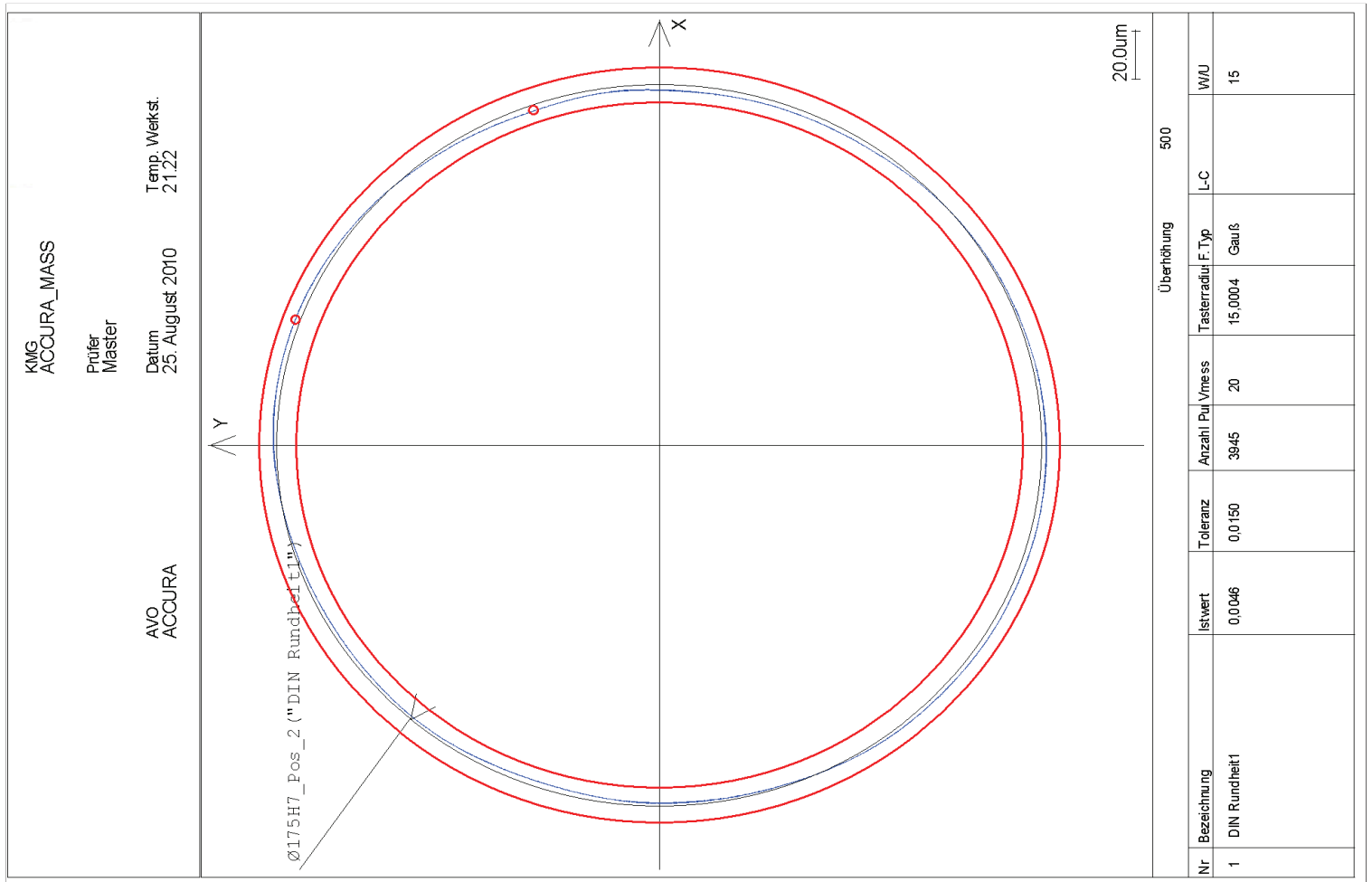
<p>Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS</p>		<p>Datum 25.8.10</p> <p>Prüfer Master</p> <p>Messdauer 00:00:35,0</p> <p>Bearb.maschine: _____</p>		<p>Temp. Werkst. 21.22</p>	
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0253	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0253
DIN Rundheit1	0.0054	0.0000	0.0150		- 0.0054



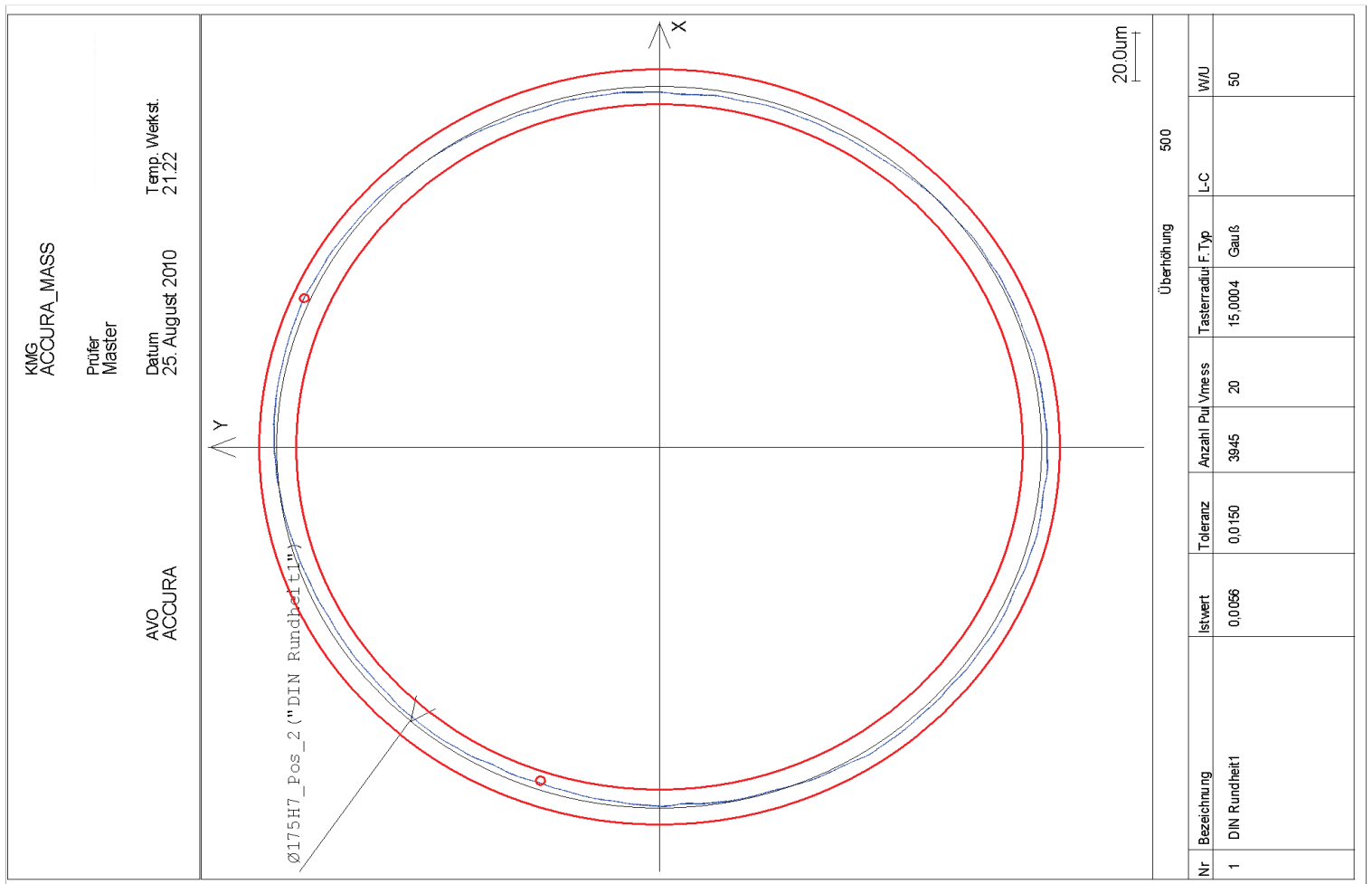
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.22			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0249	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0249
DIN Rundheit1	0.0061	0.0000	0.0150		+ 0.0061



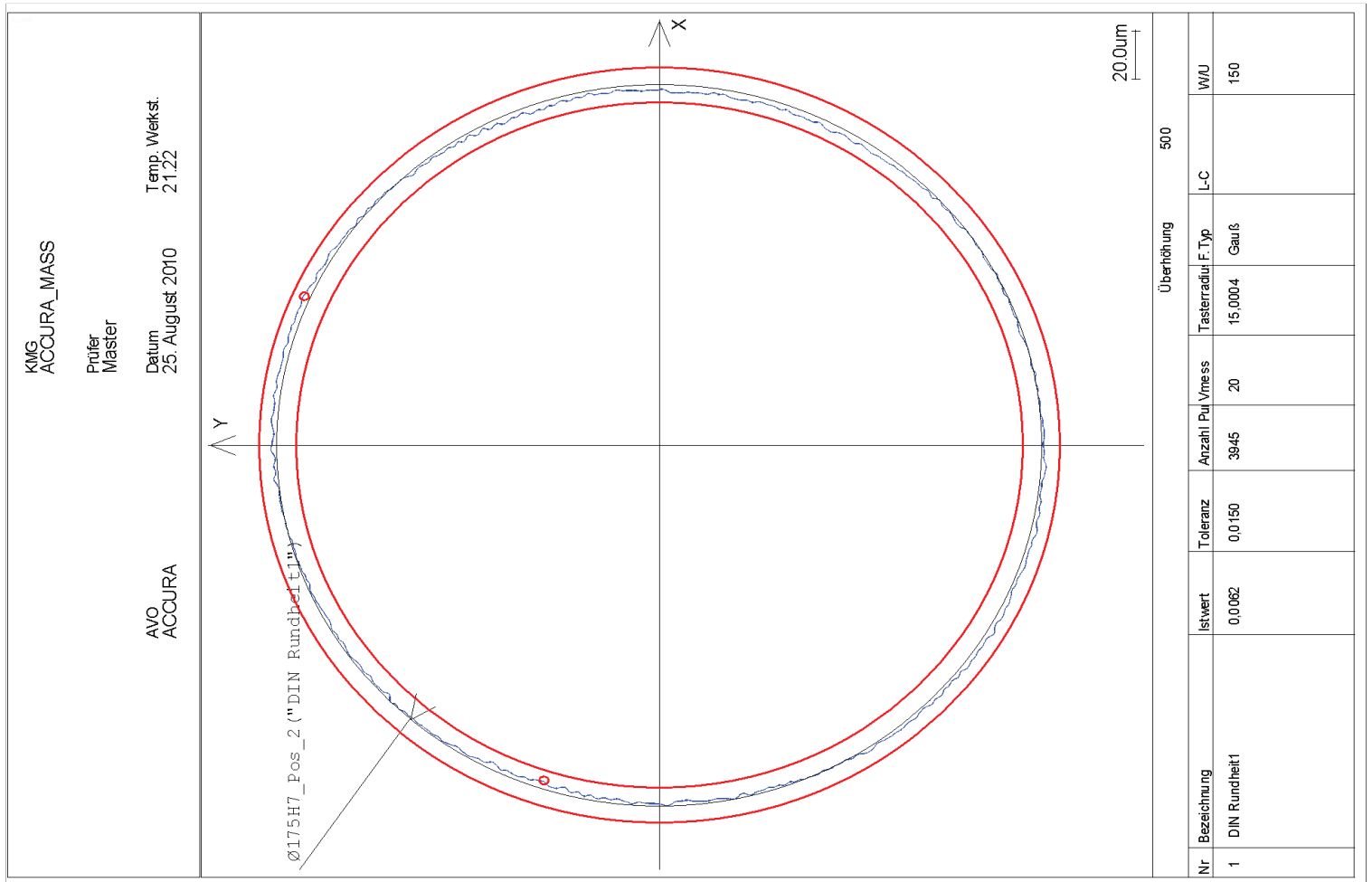
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.22		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS		Bearb.maschine: _____	
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0250	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0250
DIN Rundheit1	0.0087	0.0000	0.0150		+ 0.0087



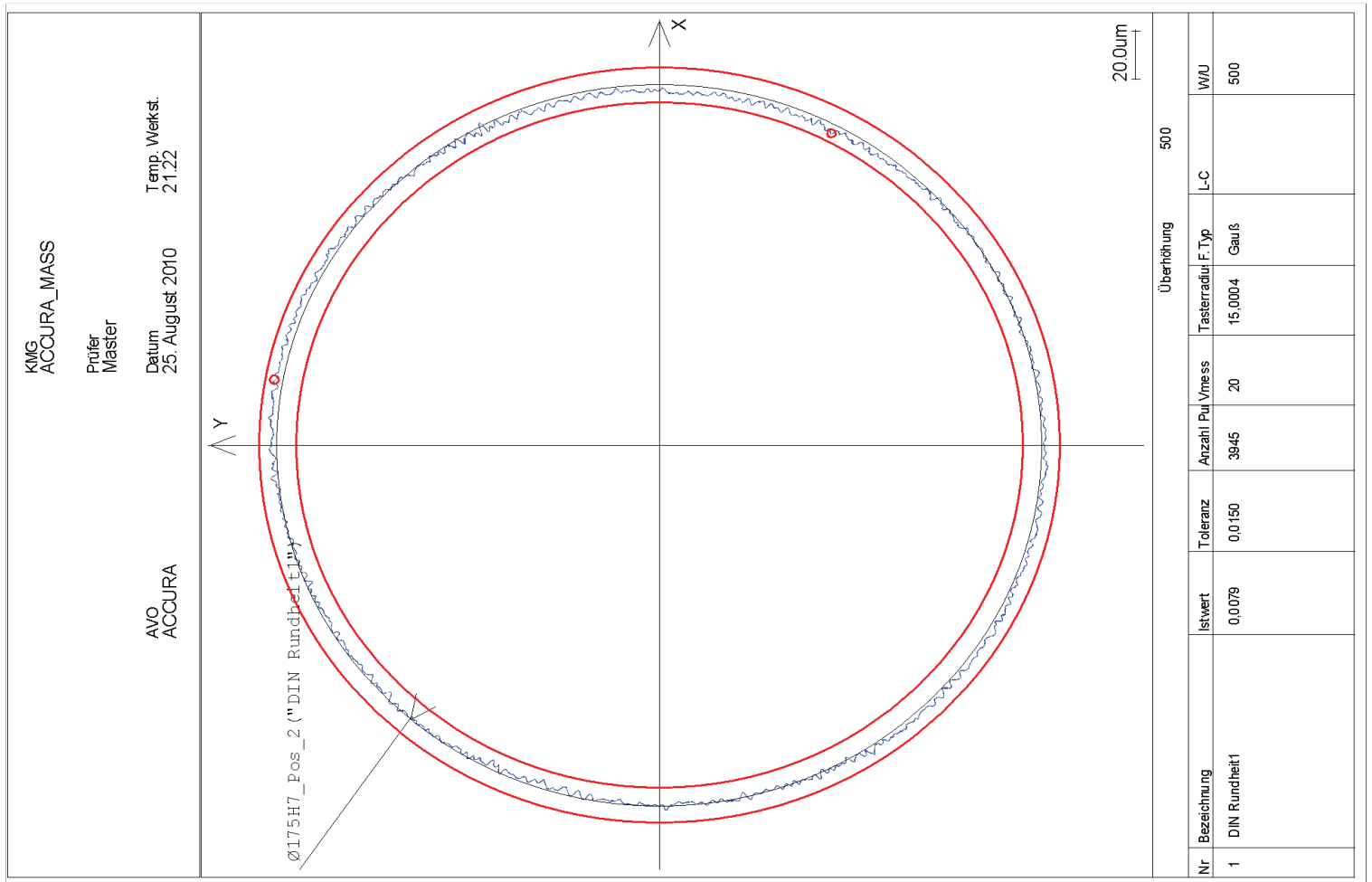
Ä-INDEX -C		Datum 25.8.10		Temp. Werkst. 21.22	
KMG ACCURA_MASS		Prüfer Master			
		Messdauer 00:00:36,0			
		Bearb.maschine:			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0255	175.0000	0.0400	0.0000	± 0.0255
DIN Rundheit1	0.0046	0.0000	0.0150		± 0.0046



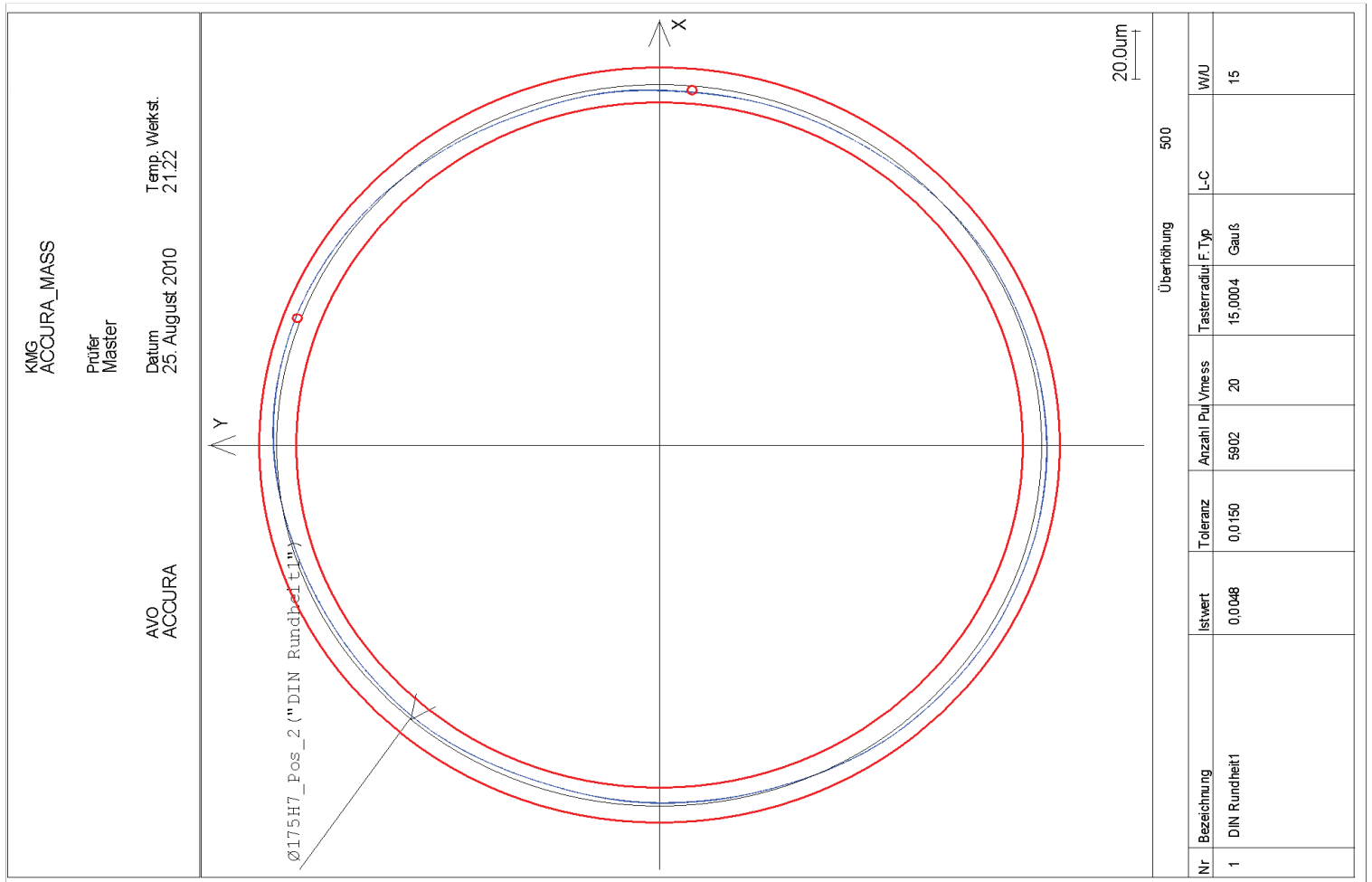
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Temp. Werkst. 21.22 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0256	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0256
DIN Rundheit1	0.0056	0.0000	0.0150		- 0.0056



Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Temp. Werkst. 21.22 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0255	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0255
DIN Rundheit1	0.0062	0.0000	0.0150		- 0.0062

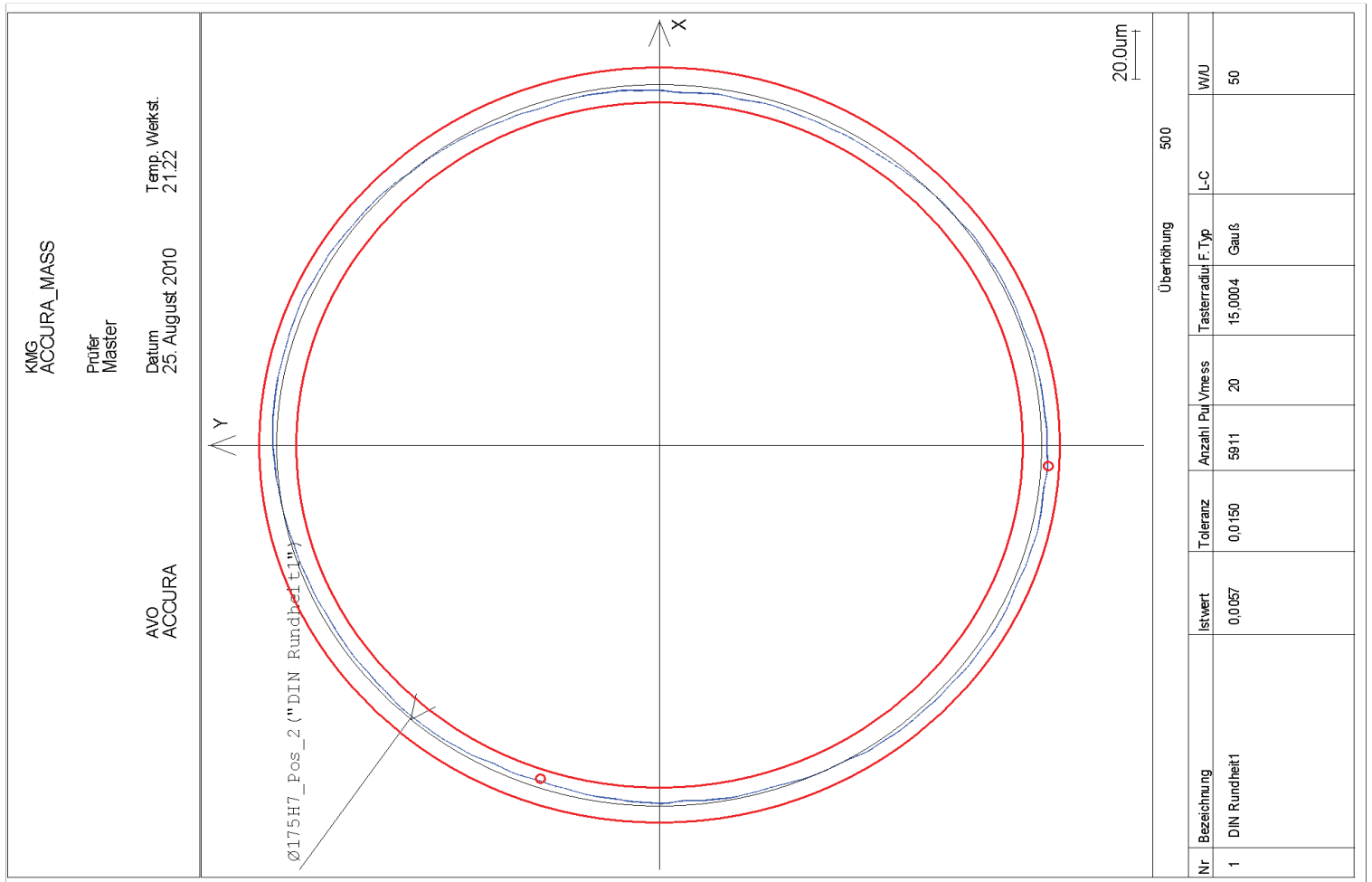


Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.22			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0258	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0258
	DIN Rundheit1 0.0079	0.0000	0.0150		- 0.0079



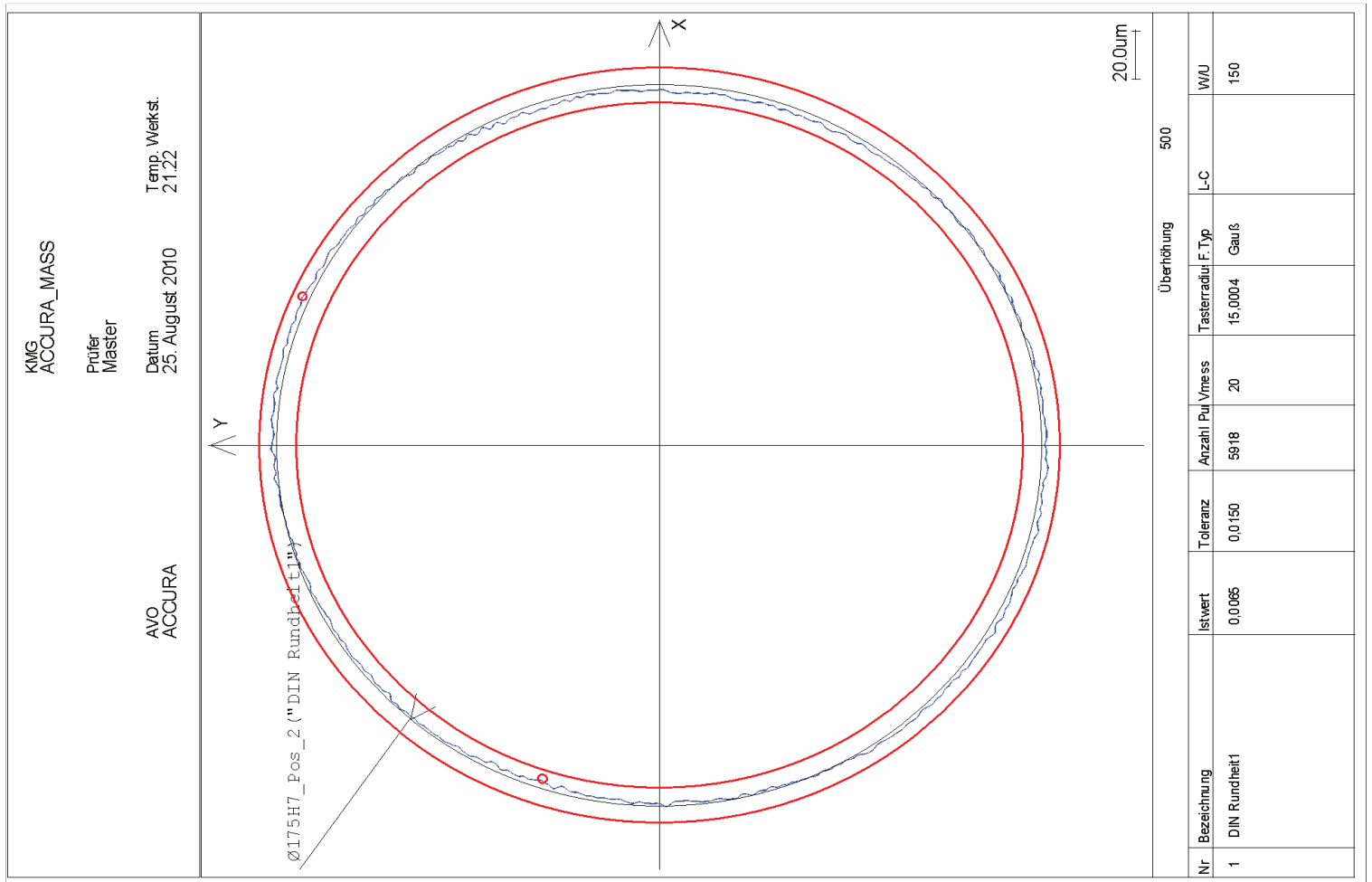
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.22
-------------------------------------	---	------------------------

	Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0254	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0254
	DIN Rundheit1	0.0048	0.0000	0.0150		- 0.0048



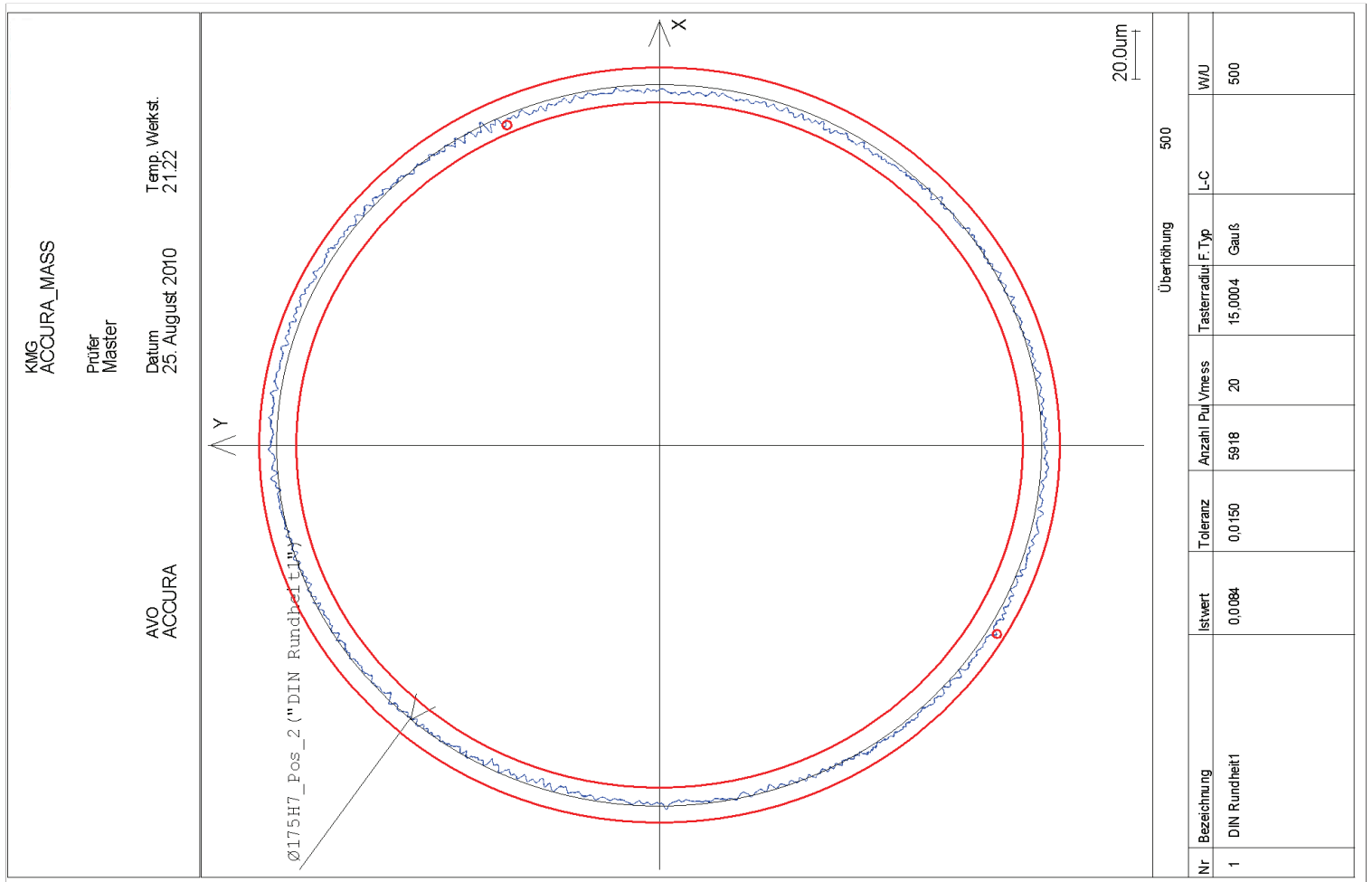
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.22
-------------------------------------	---	------------------------

	Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Td.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0254	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0254
	DIN Rundheit1	0.0057	0.0000	0.0150		- 0.0057



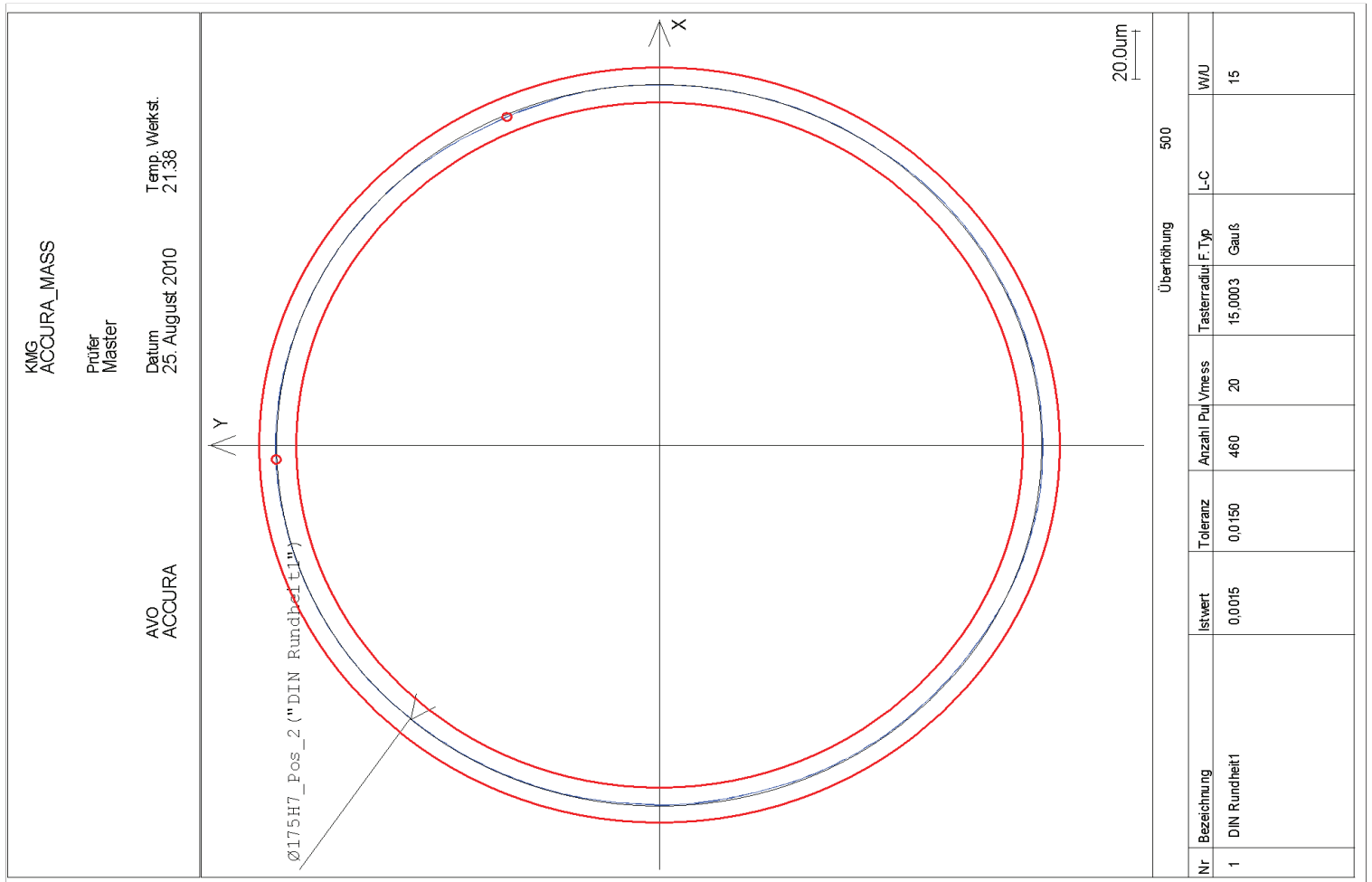
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.22
-------------------------------------	---	------------------------

Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0254	175.0254	175.0000	0.0400	0.0000	+- 0.0254
DIN Rundheit1 0.0065	0.0065	0.0000	0.0150		+- 0.0065

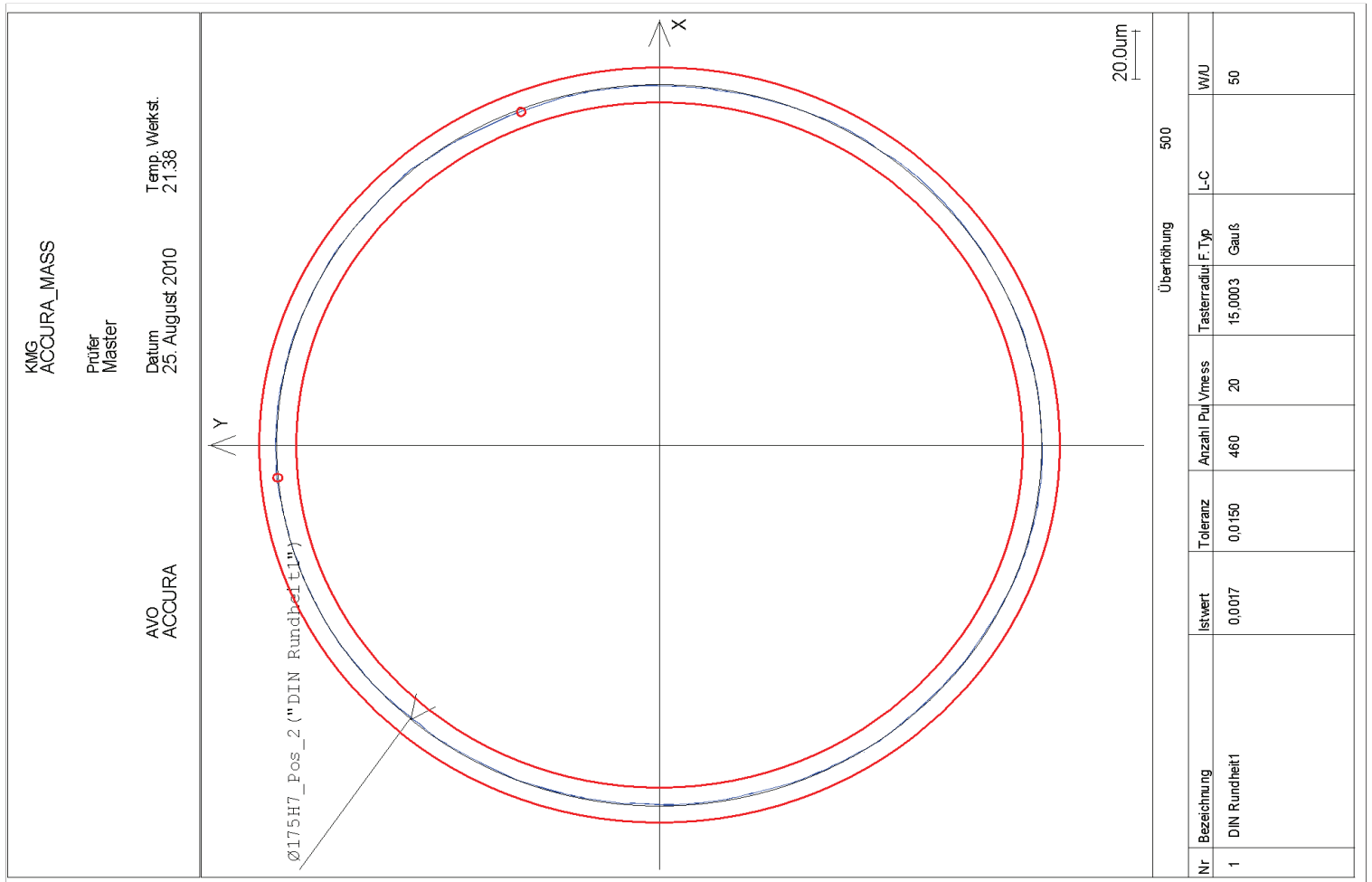


Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.22			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0255	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0255
DIN Rundheit1	0.0084	0.0000	0.0150		- 0.0084

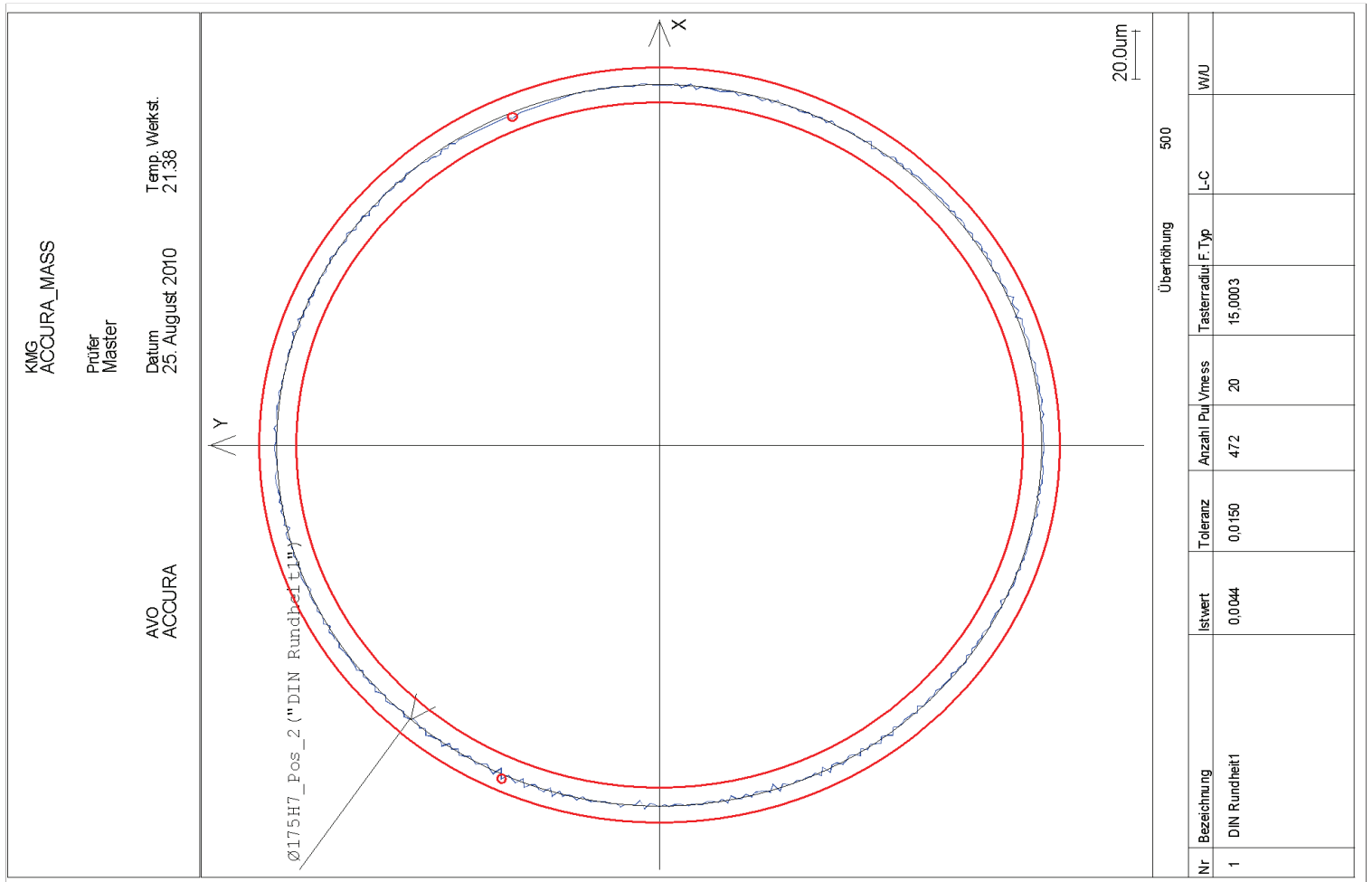
Ek 6 İkinci İş Parçası için Ölçüm Raporları



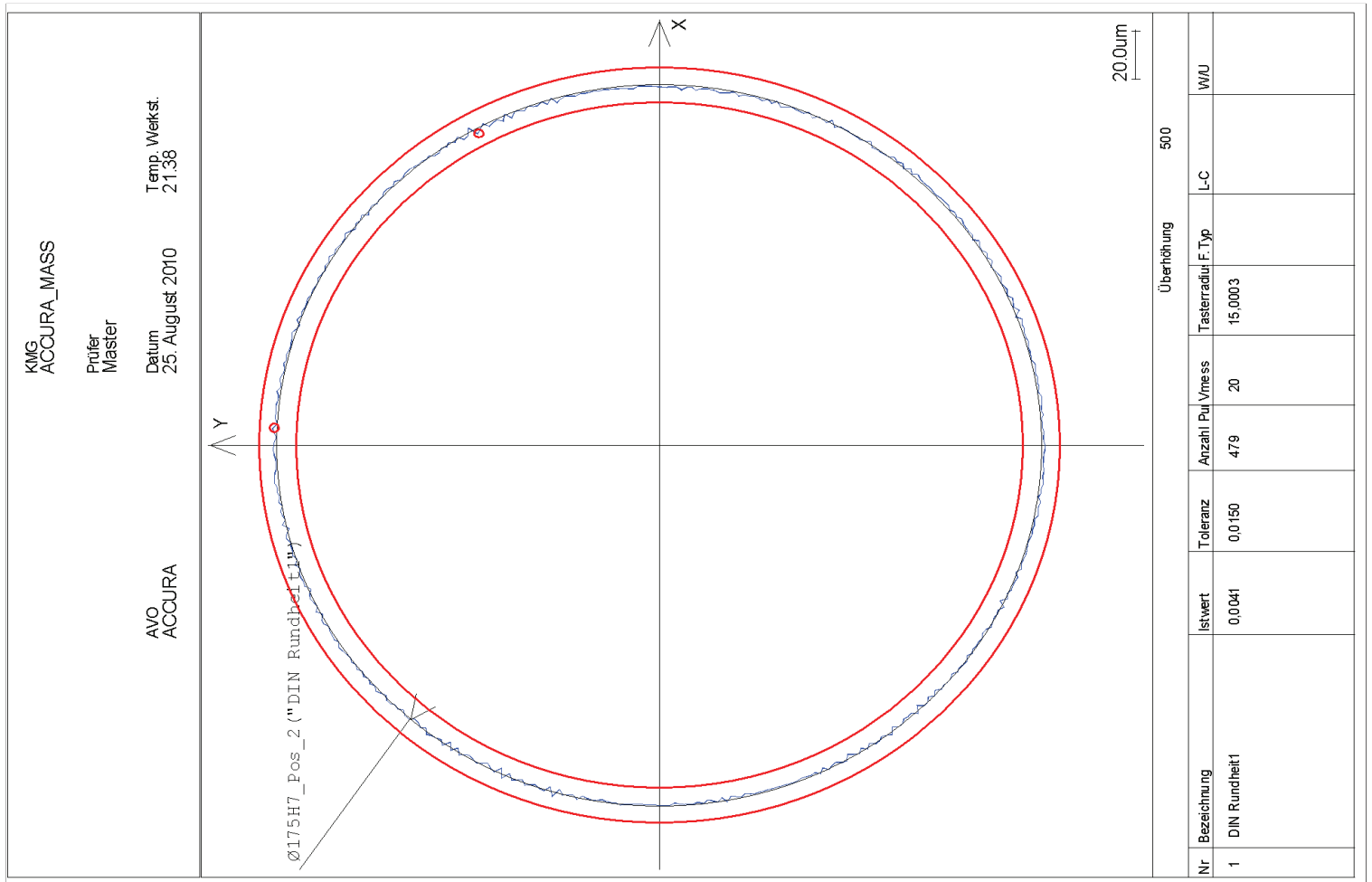
	Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.38		
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0226	175.0000	0.0400	0.0000	† 0.0226
	DIN Rundheit1 0.0015	0.0000	0.0150		† 0.0015



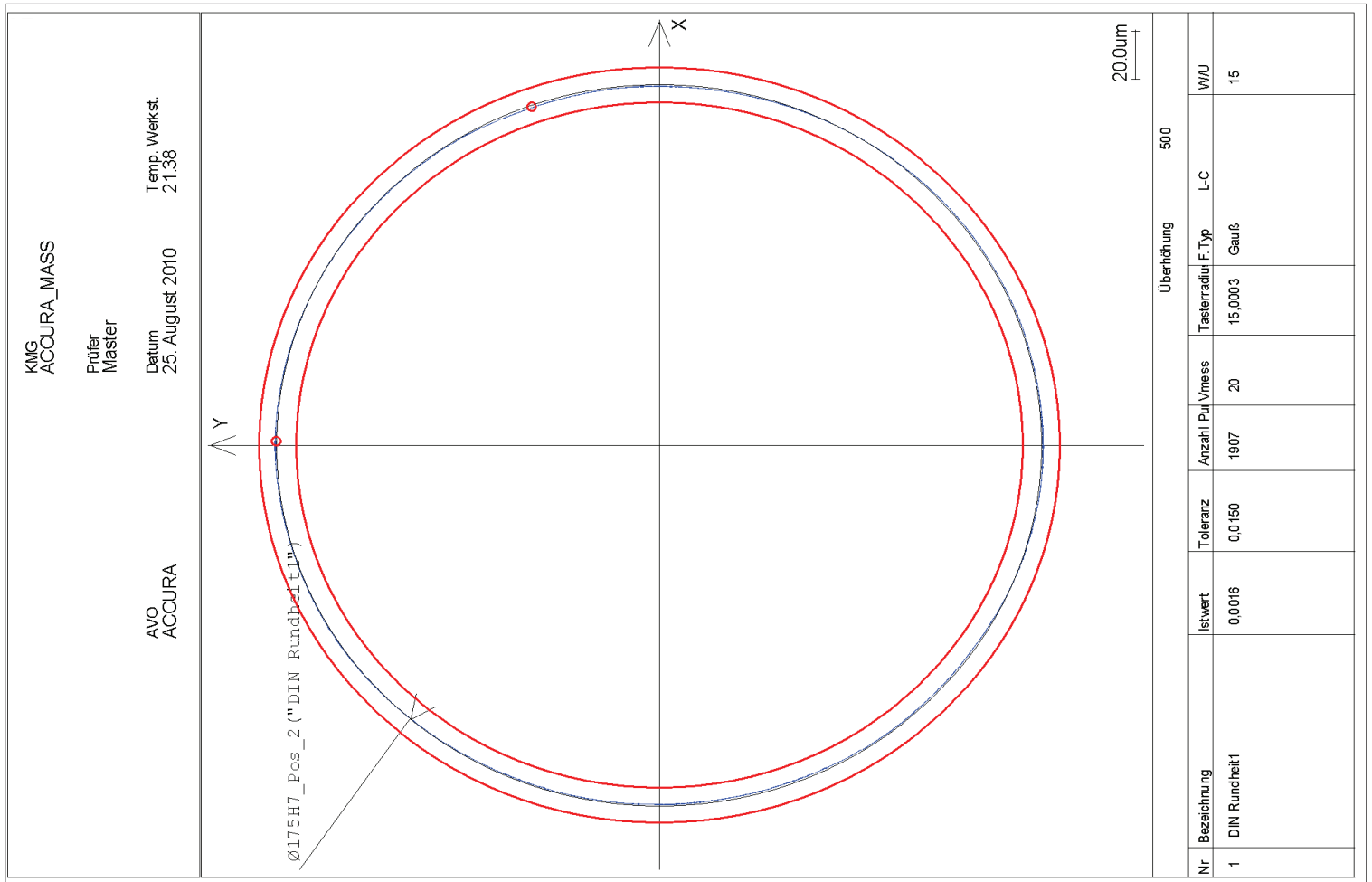
Datum 25.8.10		Prüfer Master		Temp. Werkst. 21.38	
Ä-INDEX -C		Messdauer 00:00:35,0		Bearb.maschine:	
KMG ACCURA_MASS					
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0234	175.0234	175.0000	0.0400	0.0000	⊢ 0.0234
DIN Rundheit1 0.0017	0.0017	0.0000	0.0150		⊢ 0.0017



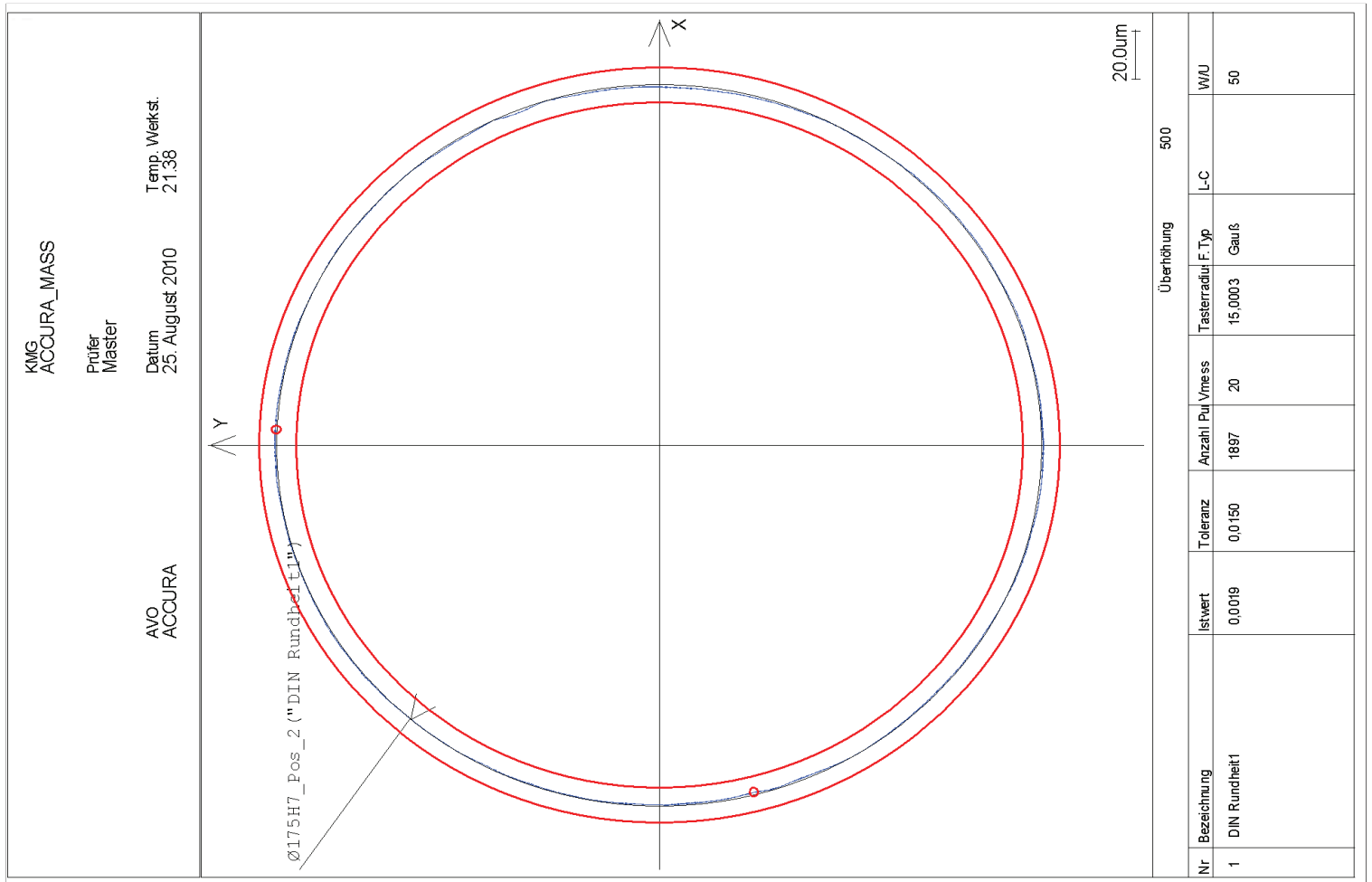
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____		Temp. Werkst. 21.38			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0227	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0227
DIN Rundheit1	0.0044	0.0000	0.0150		+ 0.0044



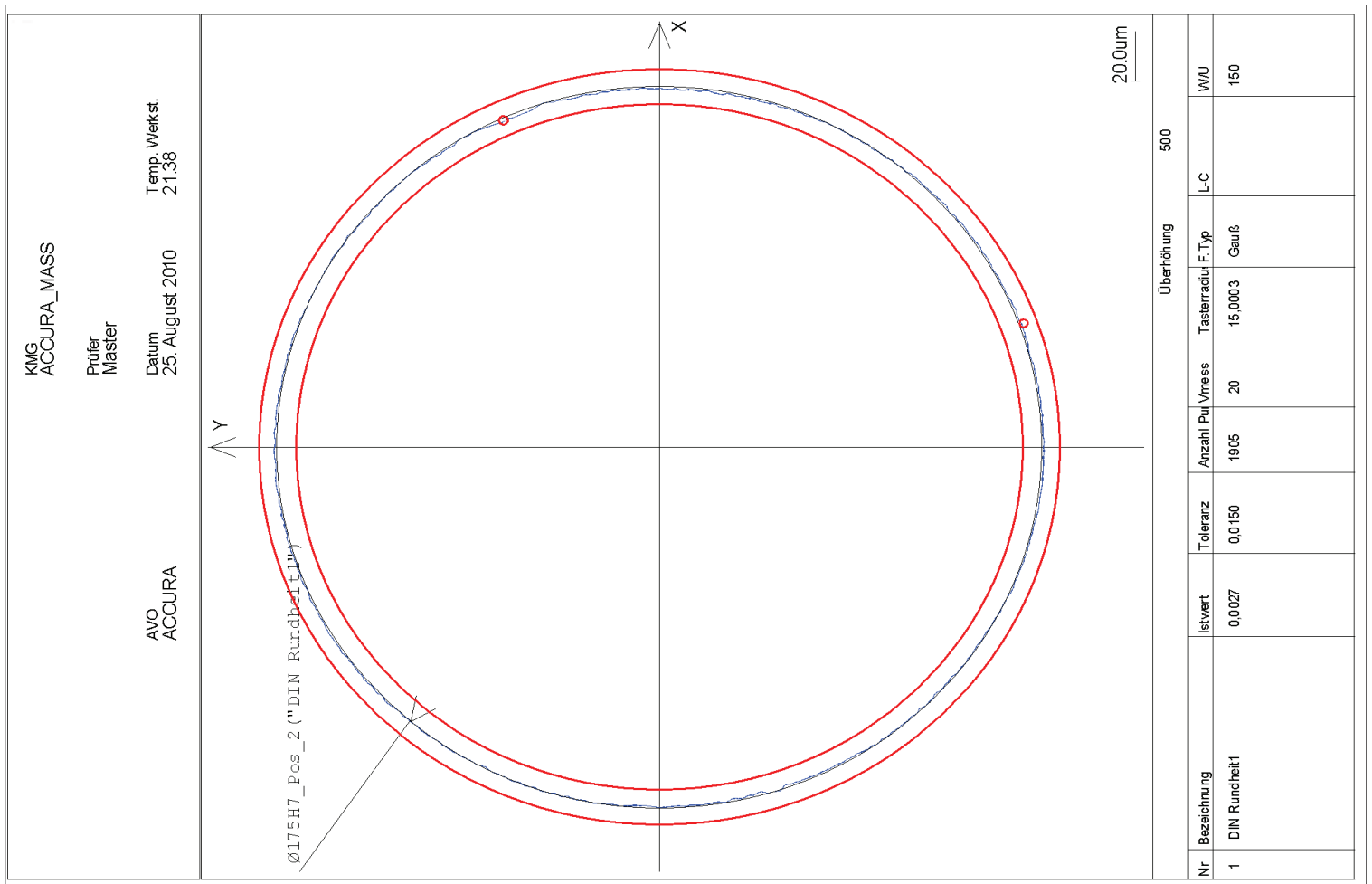
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.38			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0226	175.0000	0.0400	0.0000	┌ 0.0226
DIN Rundheit1	0.0041	0.0000	0.0150		┌- 0.0041



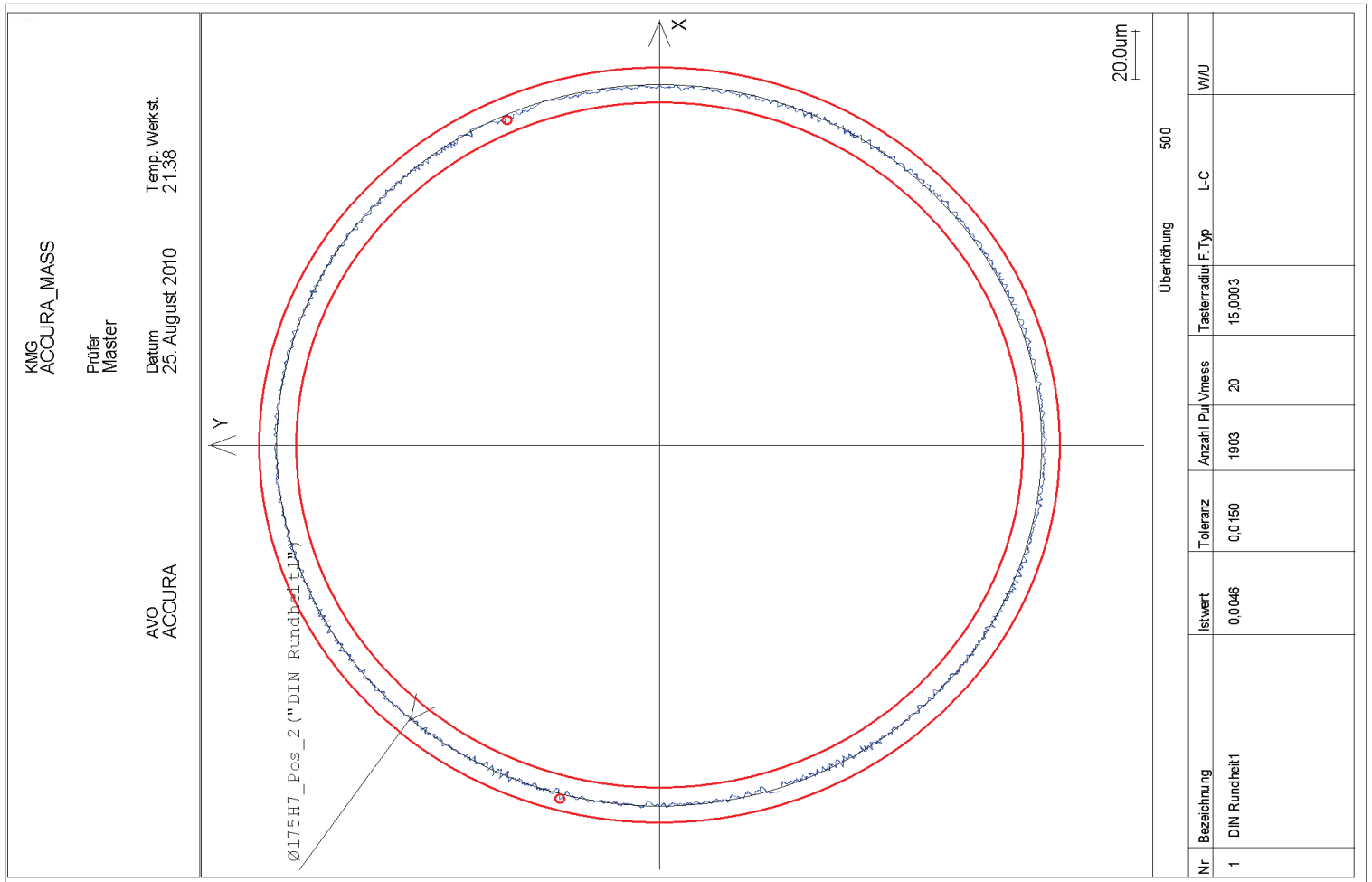
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.38			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0224	175.0224	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0224
DIN Rundheit1 0.0016	0.0016	0.0000	0.0150		┆ 0.0016



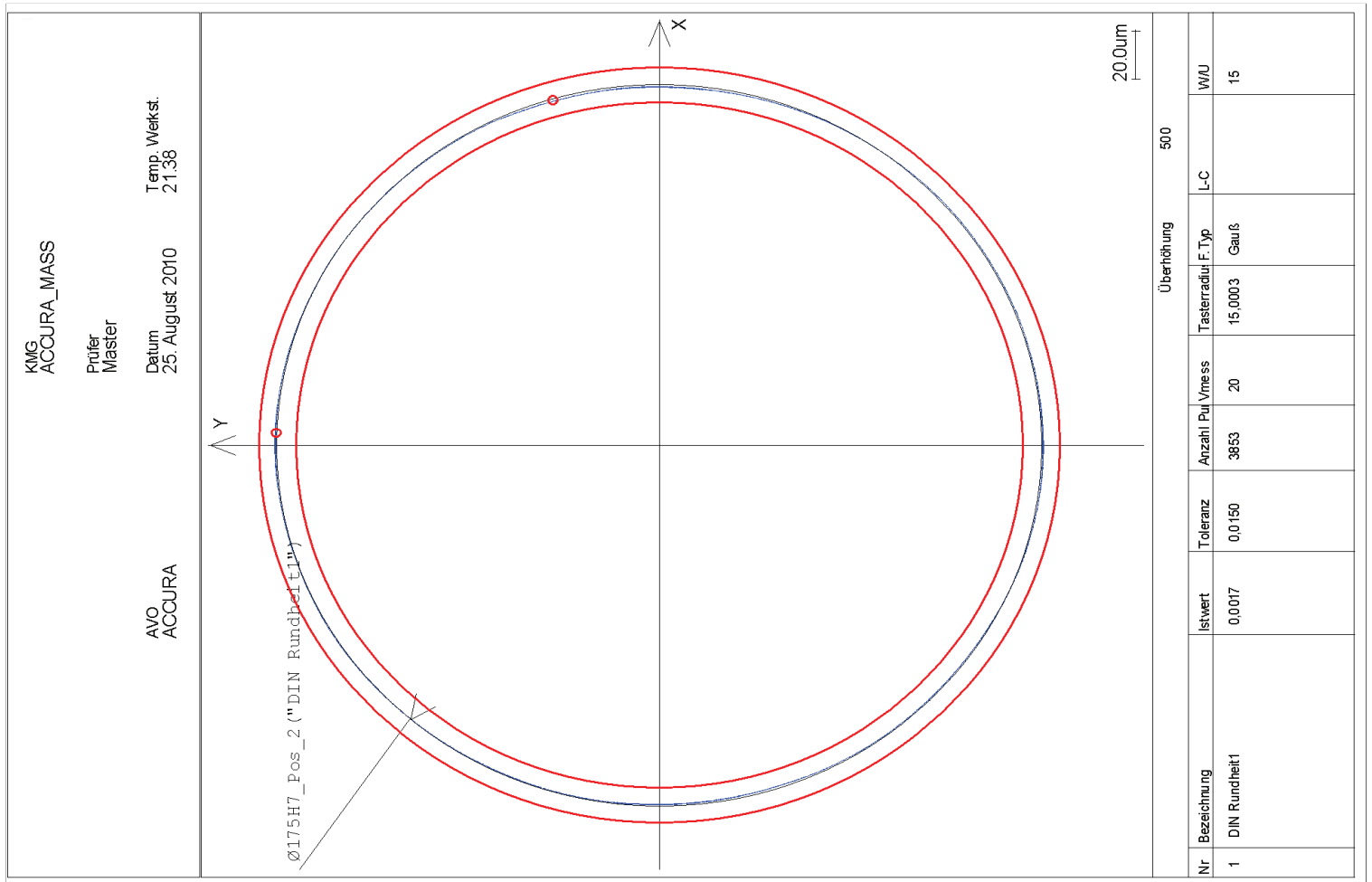
	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.38			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0225	175.0225	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0225
DIN Rundheit1 0.0019	0.0019	0.0000	0.0150		┆ 0.0019



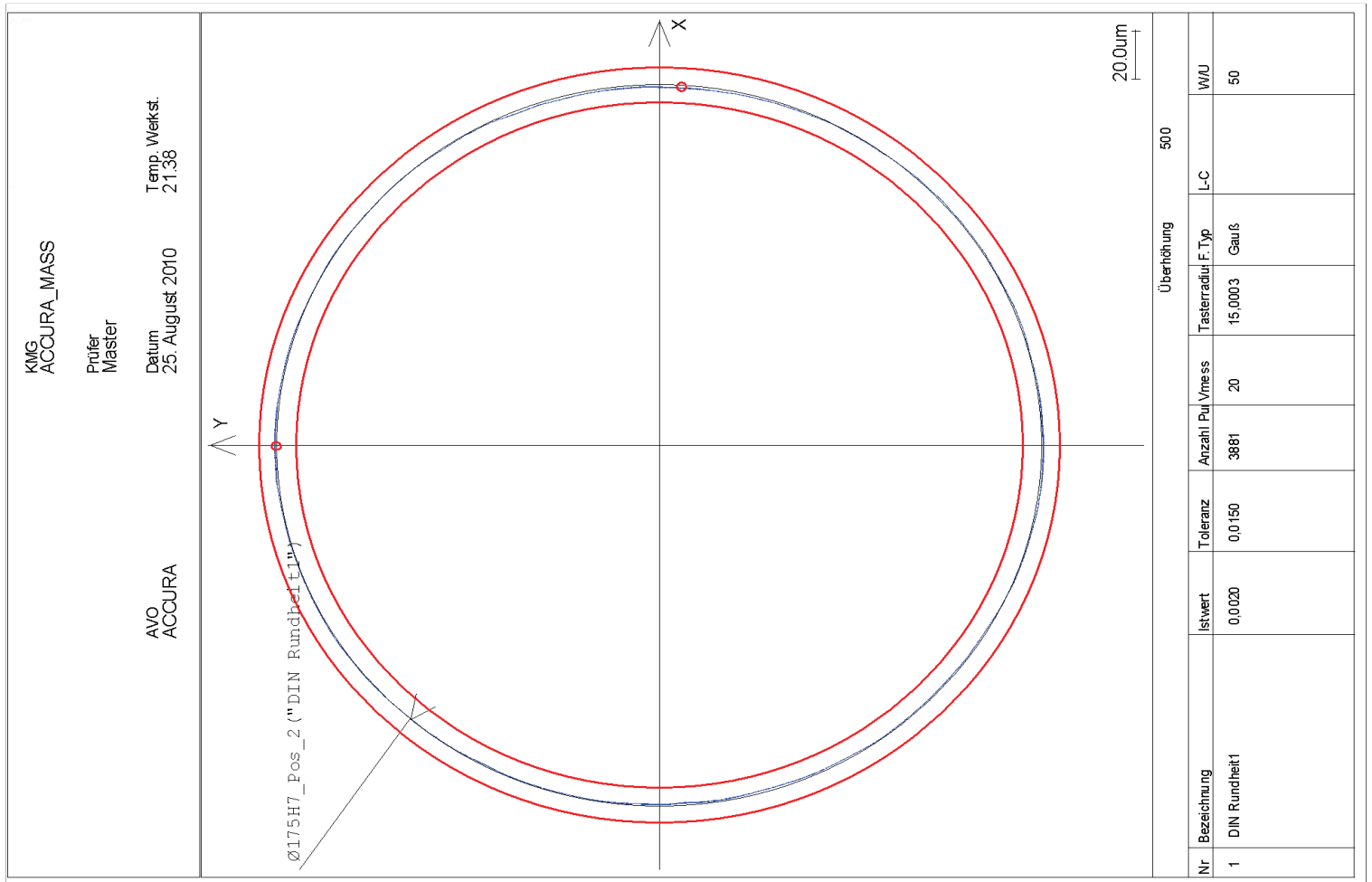
	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.38			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0227	175.0227	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0227
DIN Rundheit1 0.0027	0.0027	0.0000	0.0150		┆ 0.0027



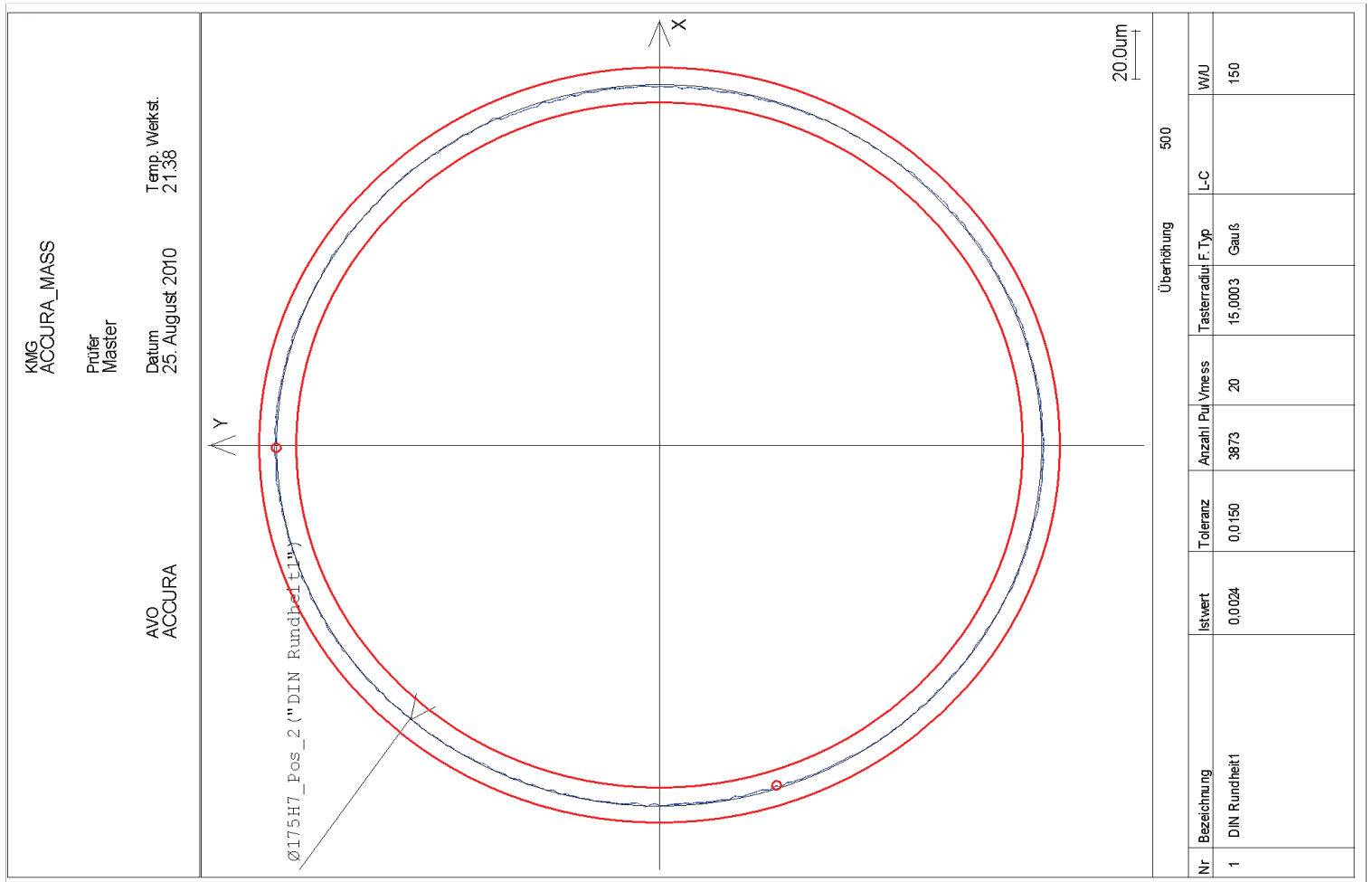
Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____		Temp. Werkst. 21.38			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0226	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0226
DIN Rundheit1	0.0046	0.0000	0.0150		+ 0.0046



Ä-INDEX -C		Datum 25.8.10		Temp. Werkst. 21.38	
KMG ACCURA_MASS		Prüfer Master		Messdauer 00:00:35,0	
		Bearb.maschine:			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0224	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0224
DIN Rundheit1	0.0017	0.0000	0.0150		┆ 0.0017

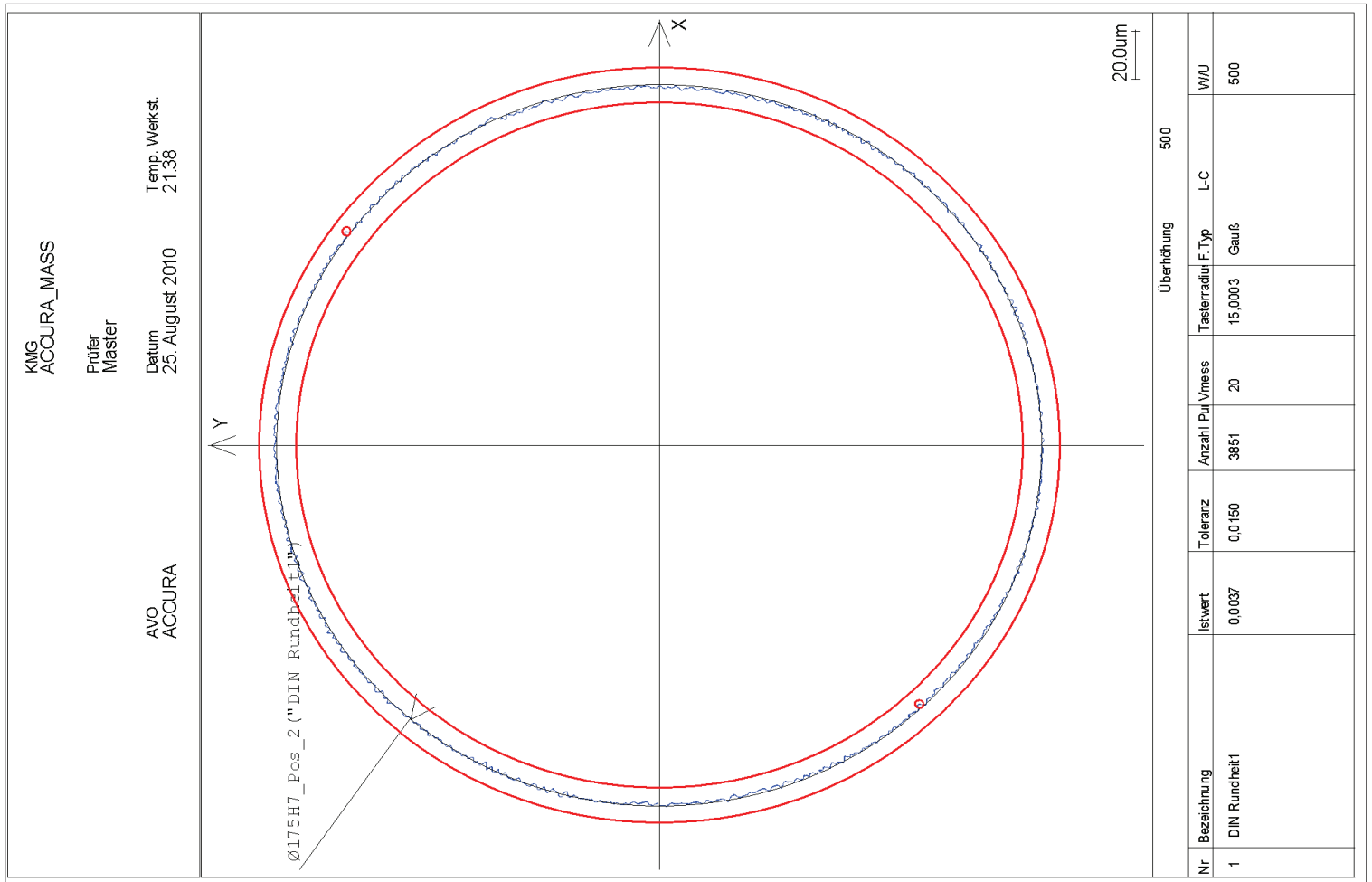


	Datum 25.8.10				
	Prüfer Master				
Ä-INDEX -C	Messdauer 00:00:36,0		Temp. Werkst. 21.38		
KMG ACCURA_MASS	Bearb.maschine: _____				
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0224	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0224
DIN Rundheit1	0.0020	0.0000	0.0150		┆ 0.0020

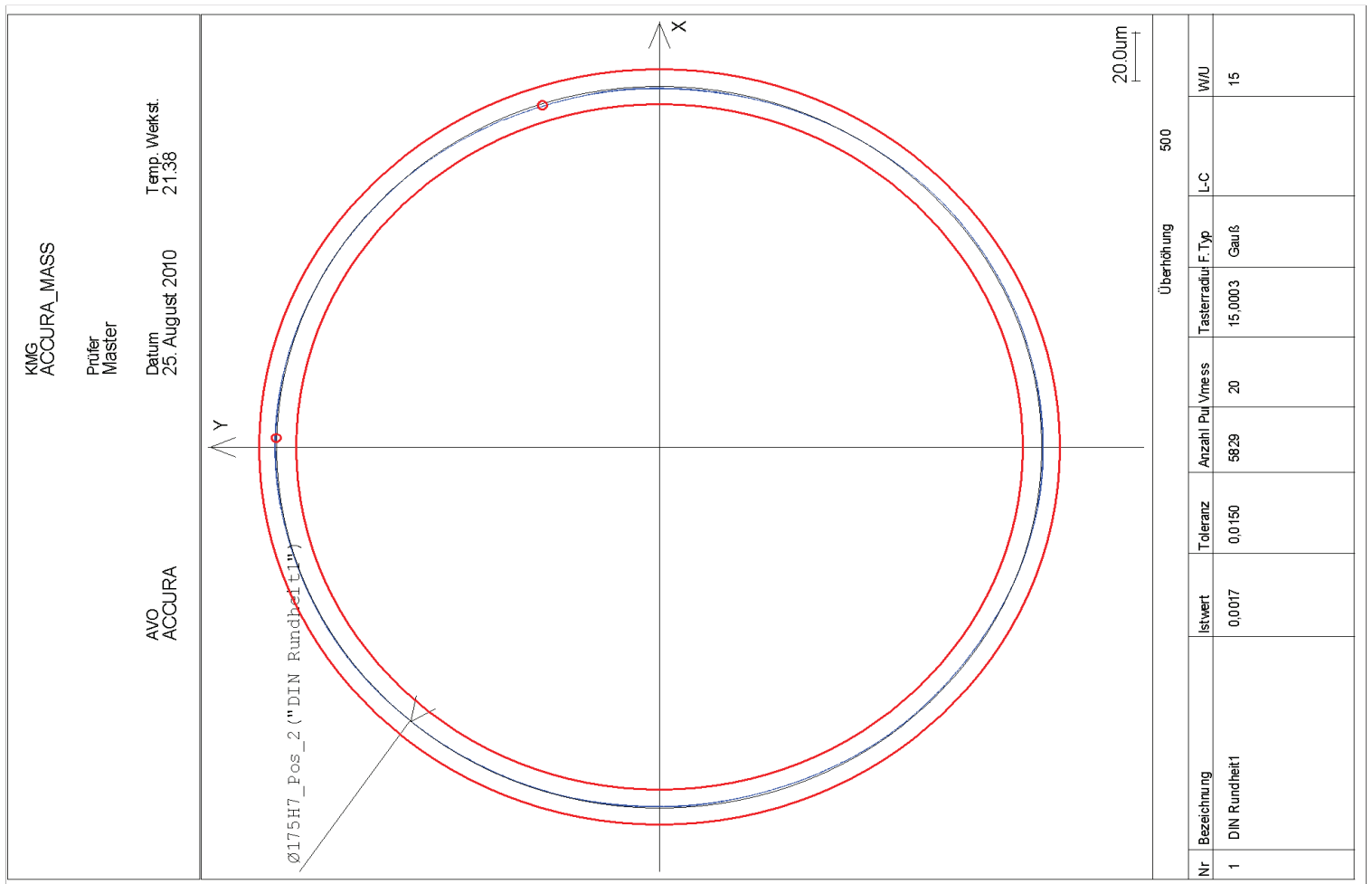


	Datum 25.8.10		
	Prüfer Master		
Ä-INDEX -C	Messdauer 00:00:35,0		Temp. Werkst. 21.38
KMG ACCURA_MASS	Bearb.maschine: _____		

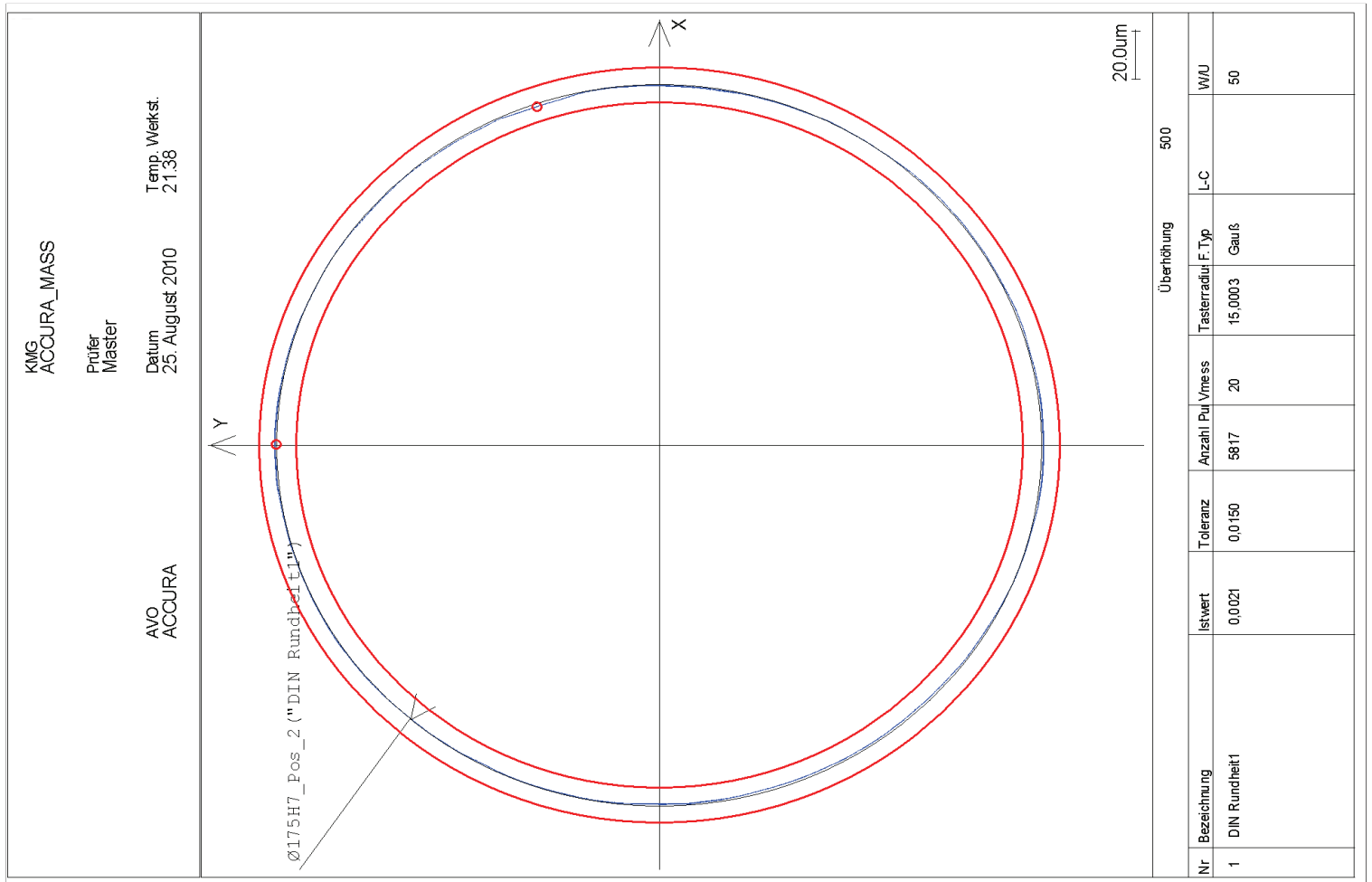
	Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0224	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0224
	DIN Rundheit1	0.0024	0.0000	0.0150		┆ 0.0024





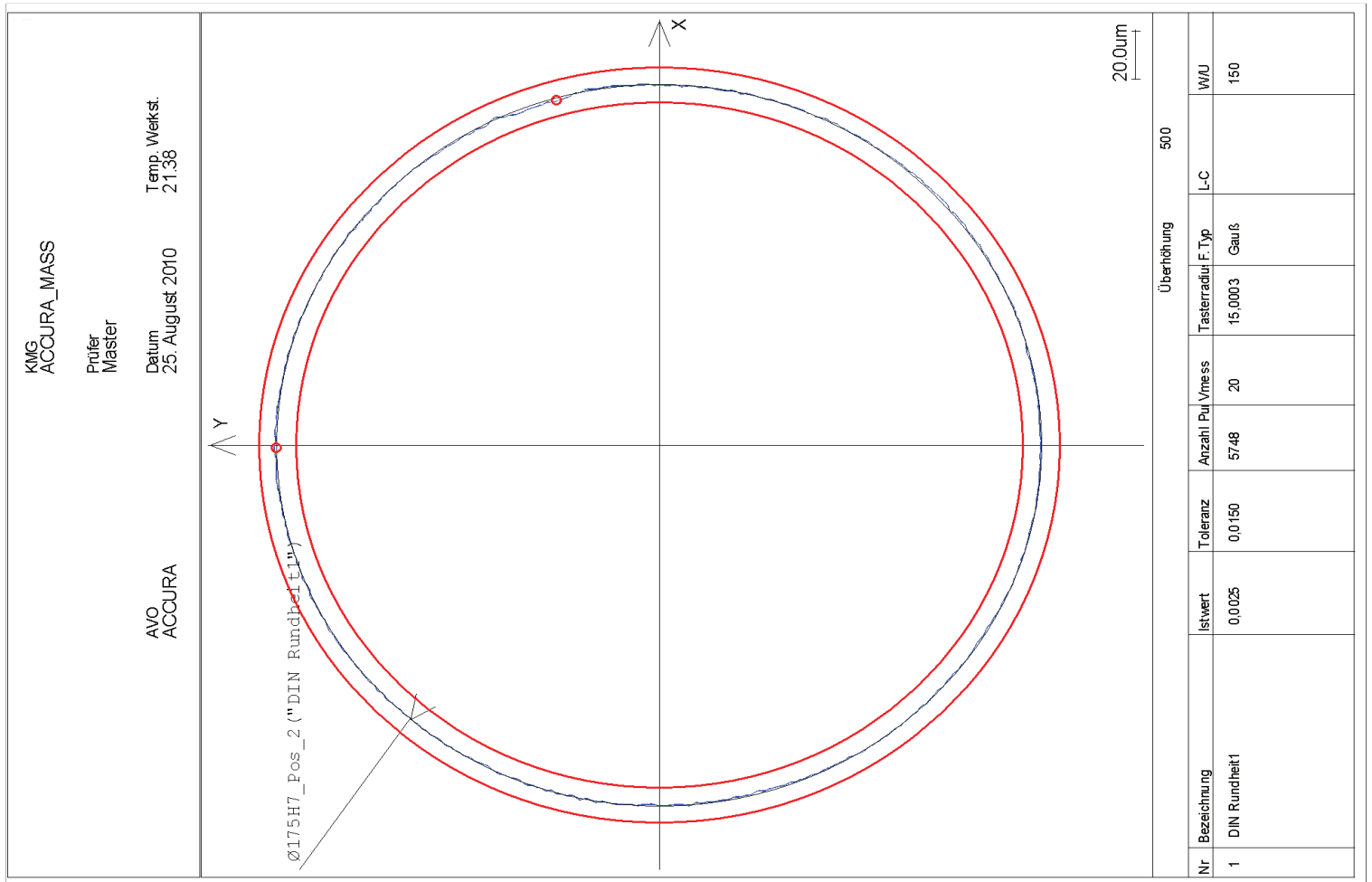
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.38			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0226	175.0226	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0226
DIN Rundheit1 0.0037	0.0037	0.0000	0.0150		┆ 0.0037



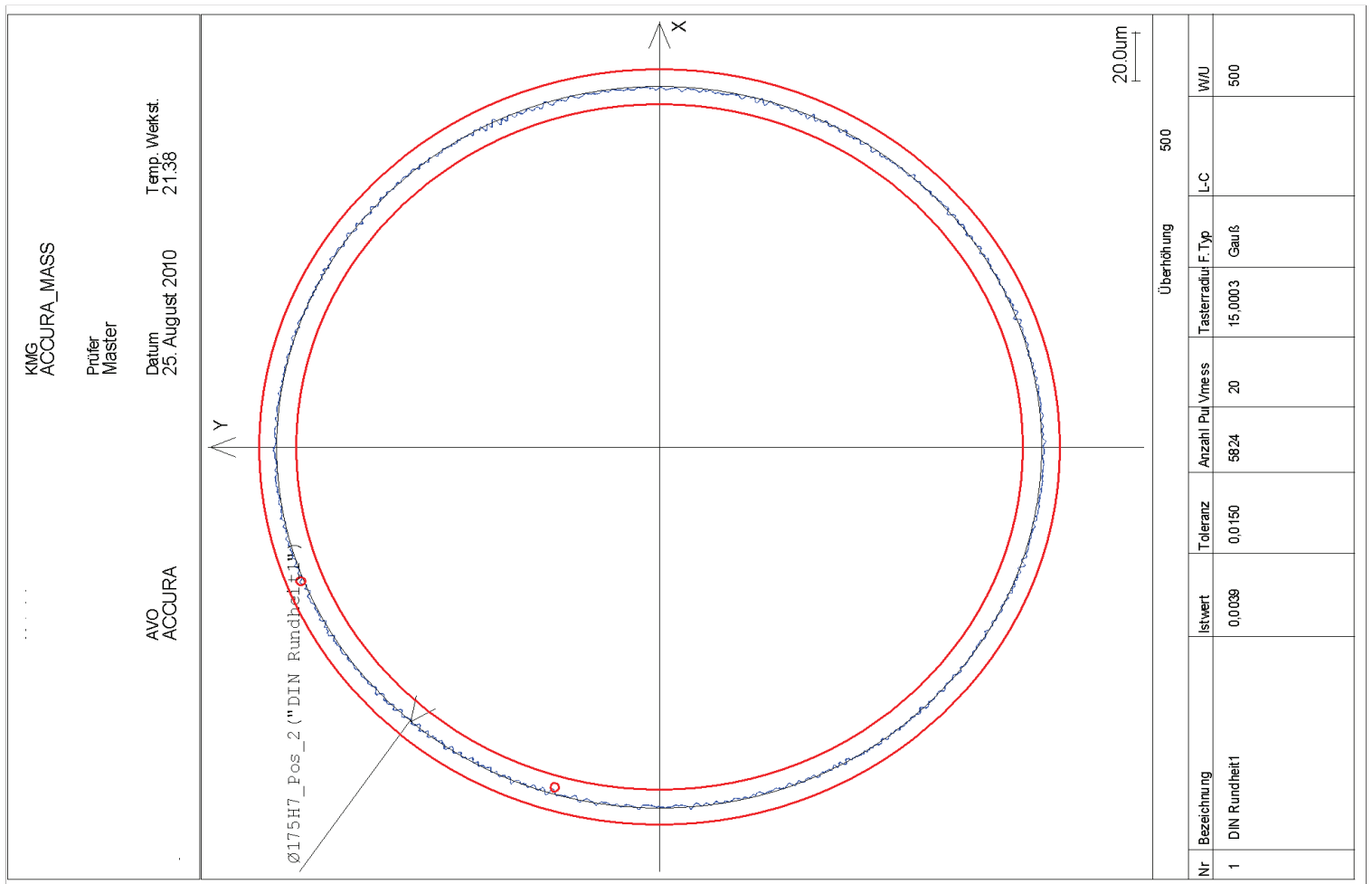
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:02:29,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.38			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0225	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0225
DIN Rundheit1	0.0017	0.0000	0.0150		┆ 0.0017



Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Temp. Werkst. 21.38		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS Bearb.maschine: _____			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
 Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0220	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0220
 DIN Rundheit1	0.0021	0.0000	0.0150		┆ 0.0021

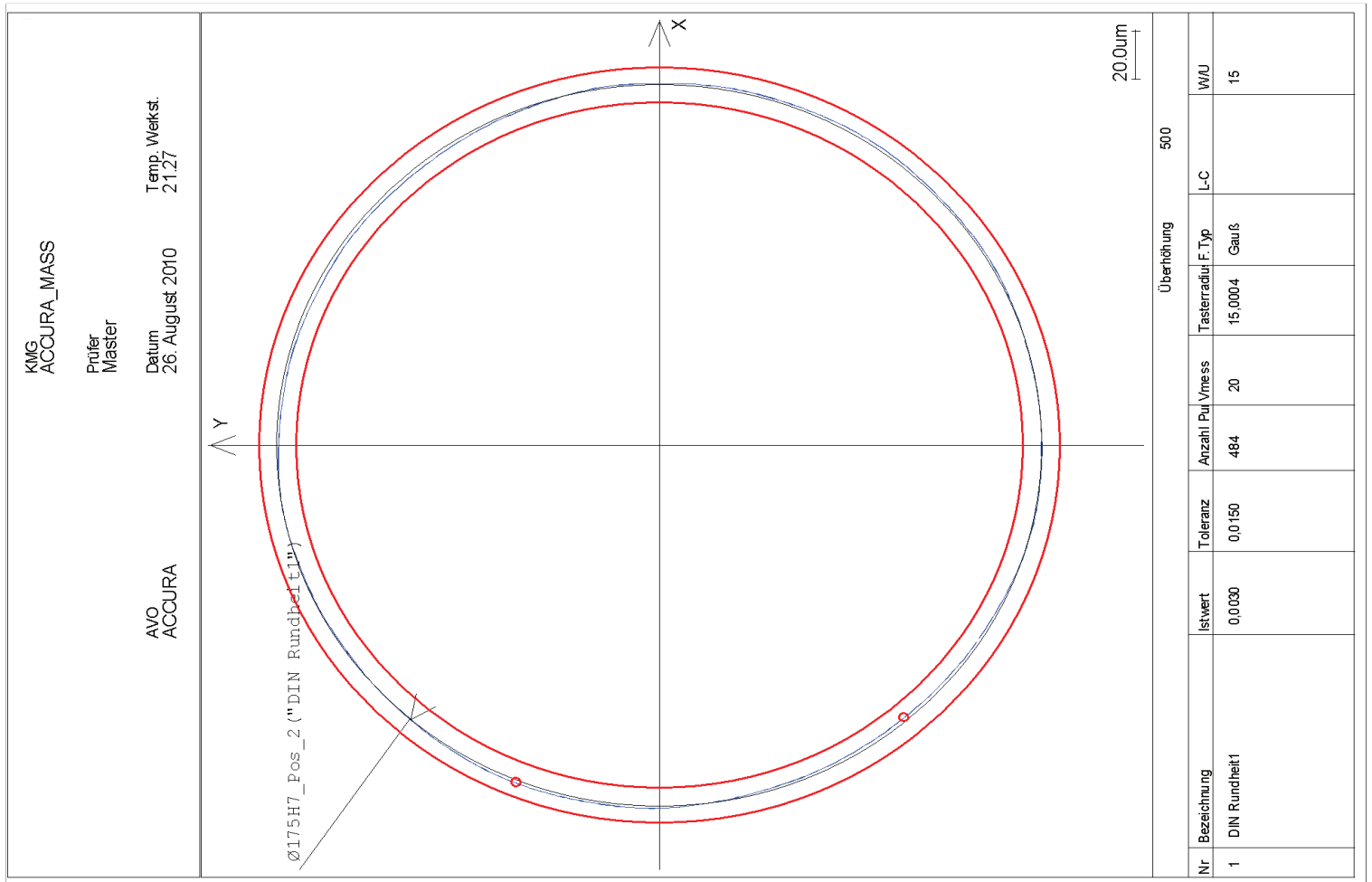




	Datum 25.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.38			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 <div style="margin-left: 20px;">175.0219</div>	175.0219	175.0000	0.0400	0.0000	┆ 0.0219
DIN Rundheit1 <div style="margin-left: 20px;">0.0025</div>	0.0025	0.0000	0.0150		┆ 0.0025

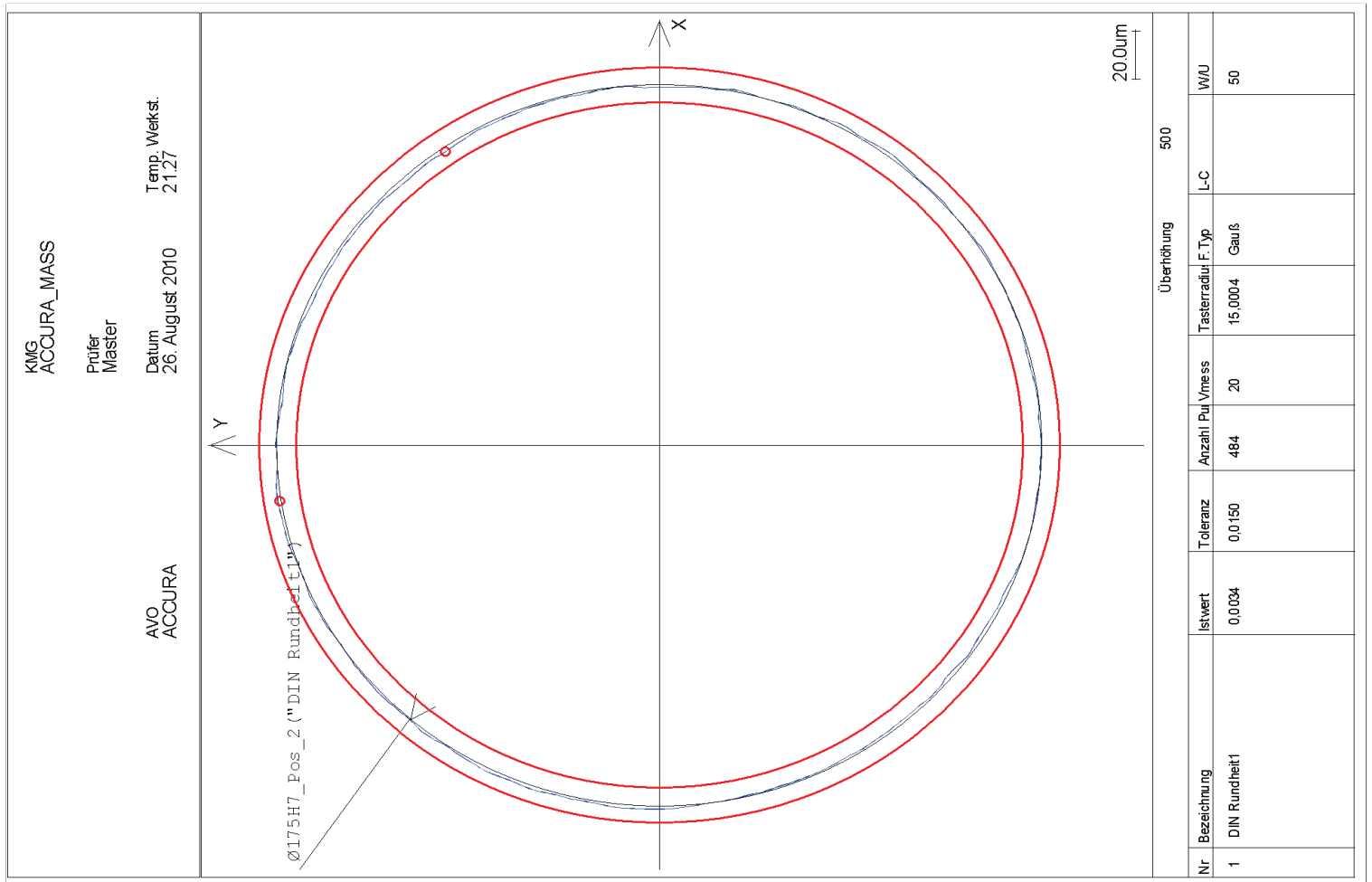


Datum 25.8.10		Prüfer Master		Temp. Werkst. 21.38	
Ä-INDEX -C		Messdauer 00:00:36,0		Bearb.maschine:	
KMG ACCURA_MASS					
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0223	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0223
DIN Rundheit1	0.0039	0.0000	0.0150		+ 0.0039

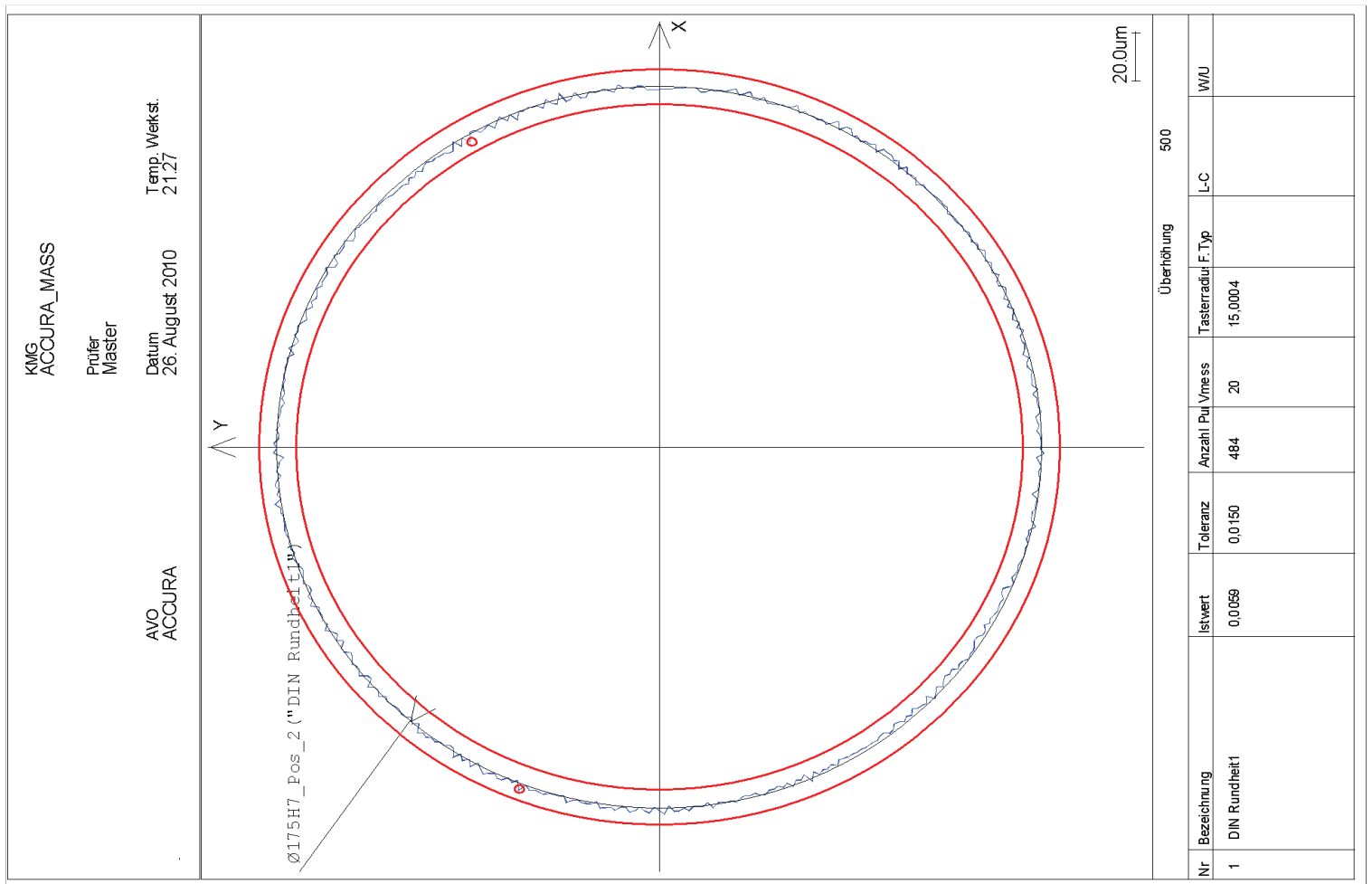
Ek 7 Üçüncü İş Parçası için Ölçüm Raporları



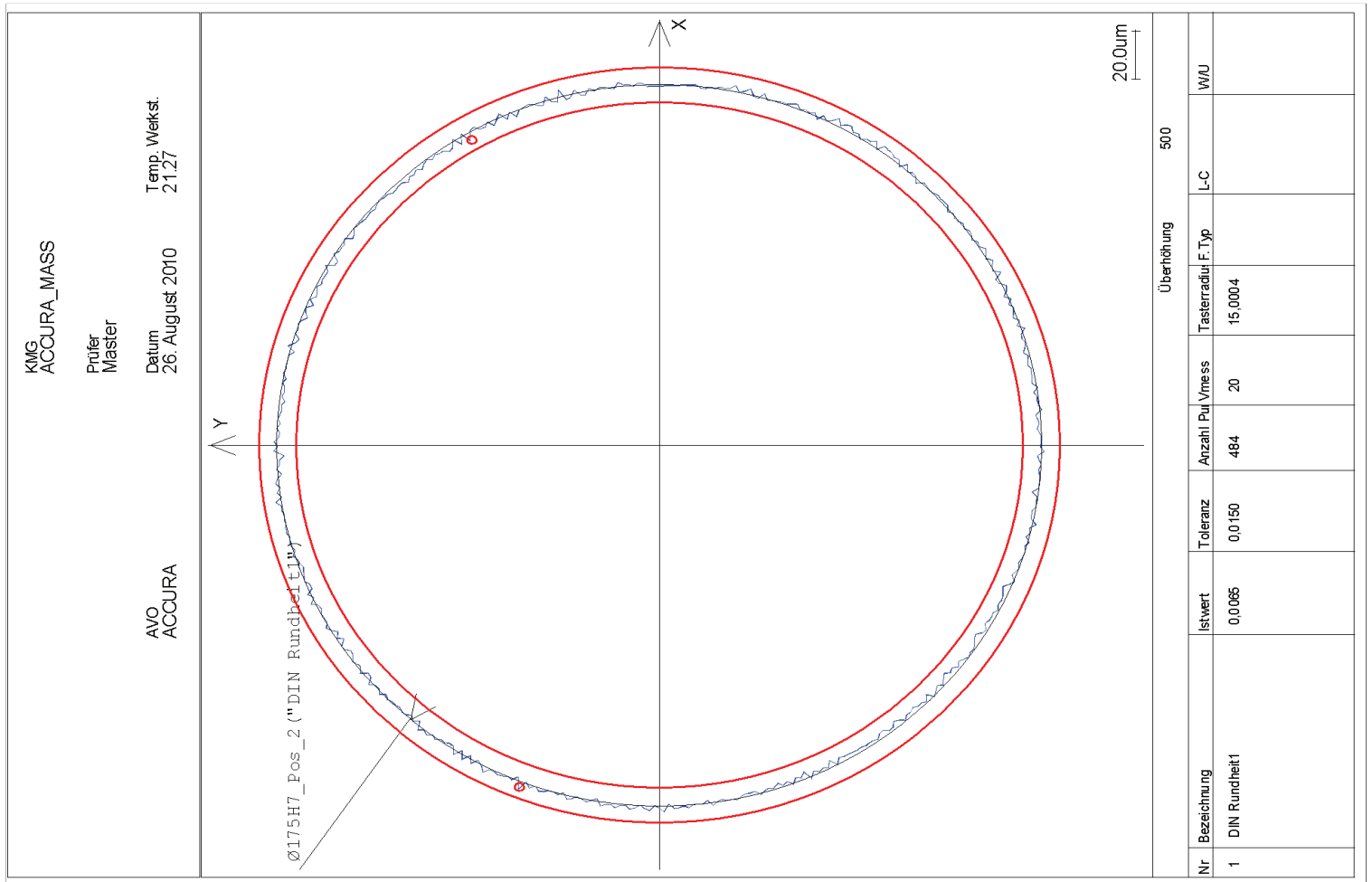
<p>Ä-INDEX -C</p> <p>KMG ACCURA_MASS</p>		<p>Datum 26.8.10</p> <p>Prüfer Master</p> <p>Messdauer 00:00:35,0</p> <p>Bearb.maschine: _____</p>		<p>Temp. Werkst. 21.27</p>	
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
 Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0148	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0148
 DIN Rundheit1	0.0030	0.0000	0.0150		 0.0030



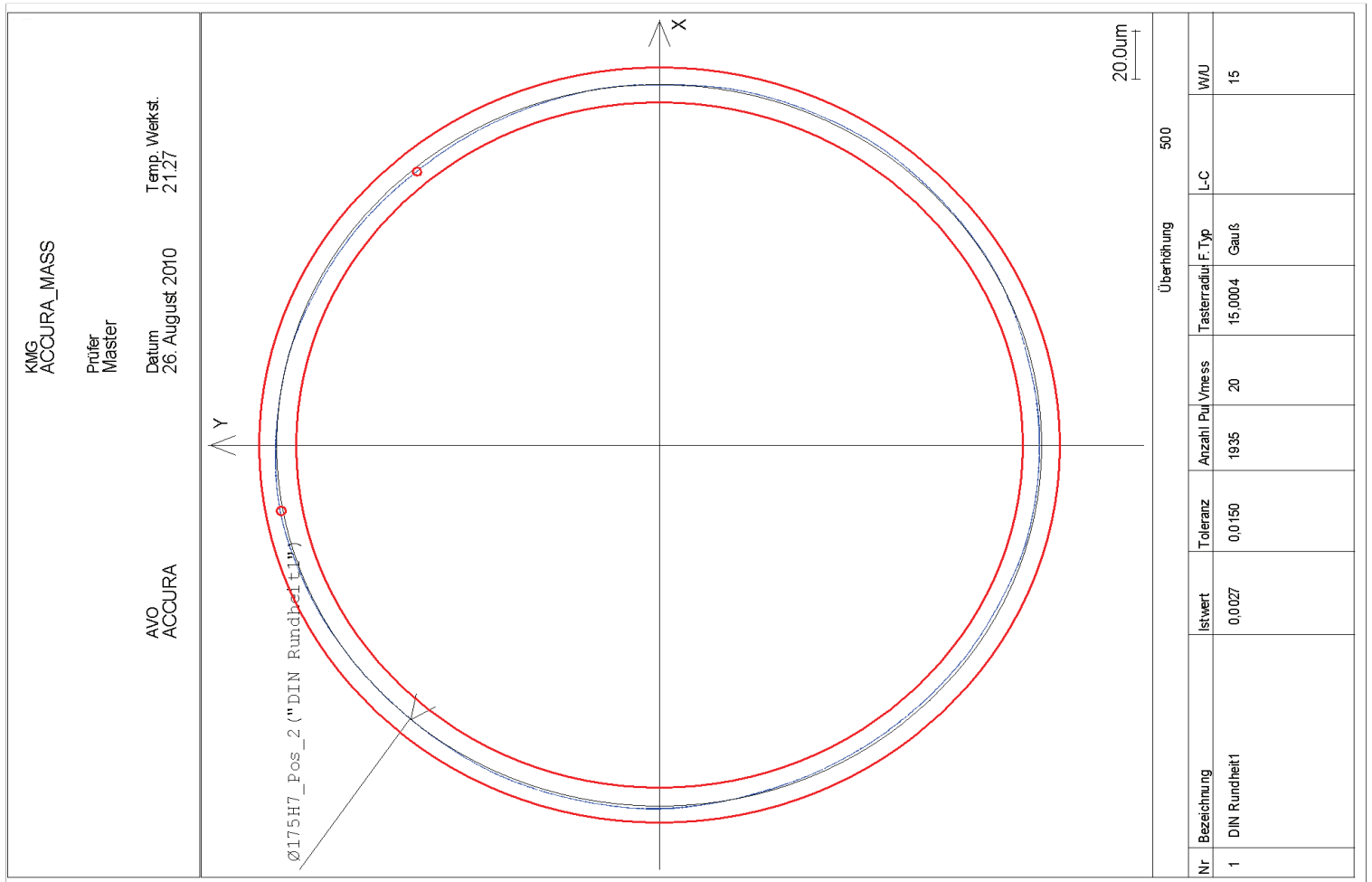
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0147		175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0147
DIN Rundheit1 0.0034		0.0000	0.0150		 0.0034



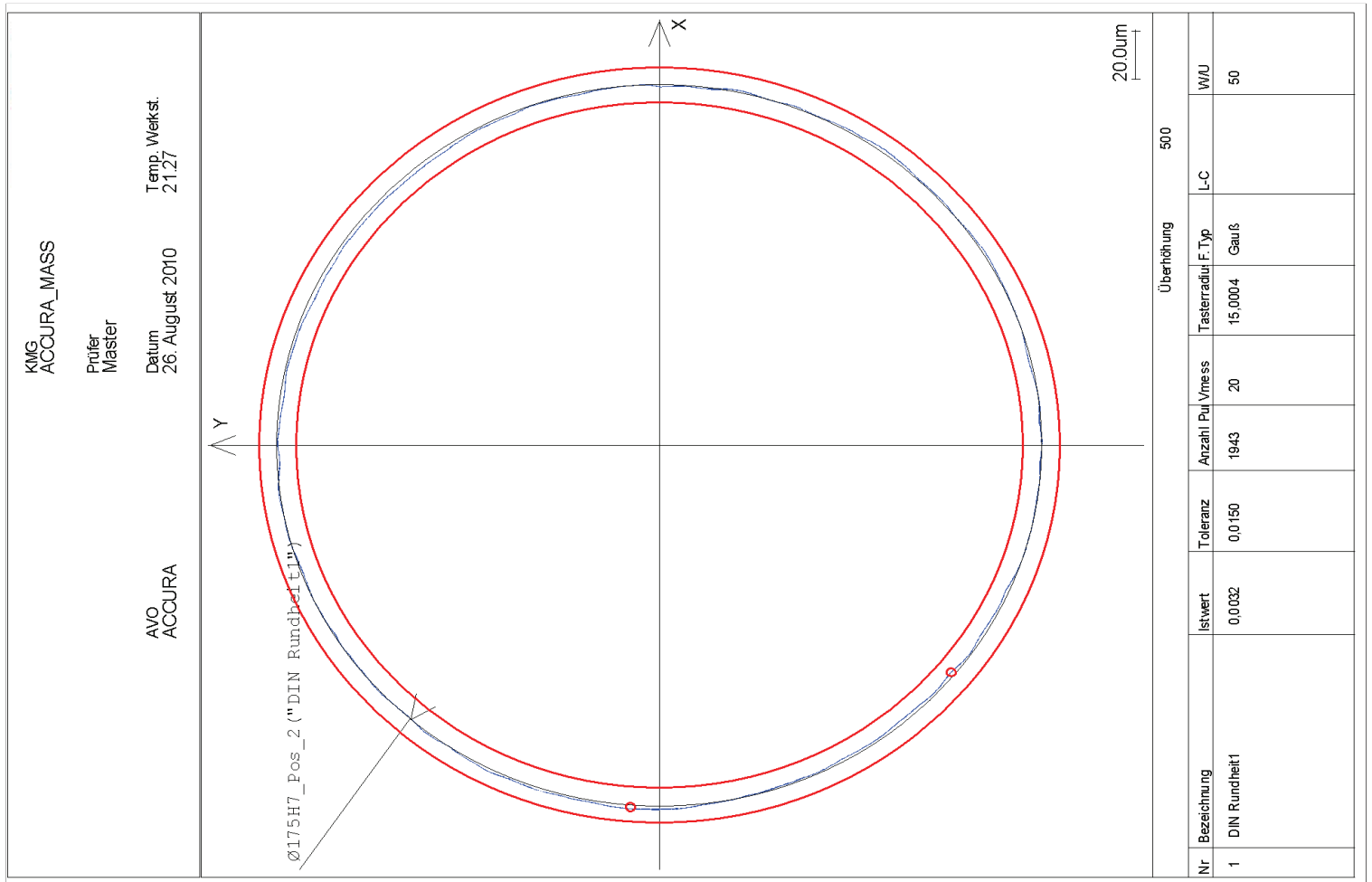
Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.27 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0147	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0147
DIN Rundheit1	0.0059	0.0000	0.0150		- 0.0059



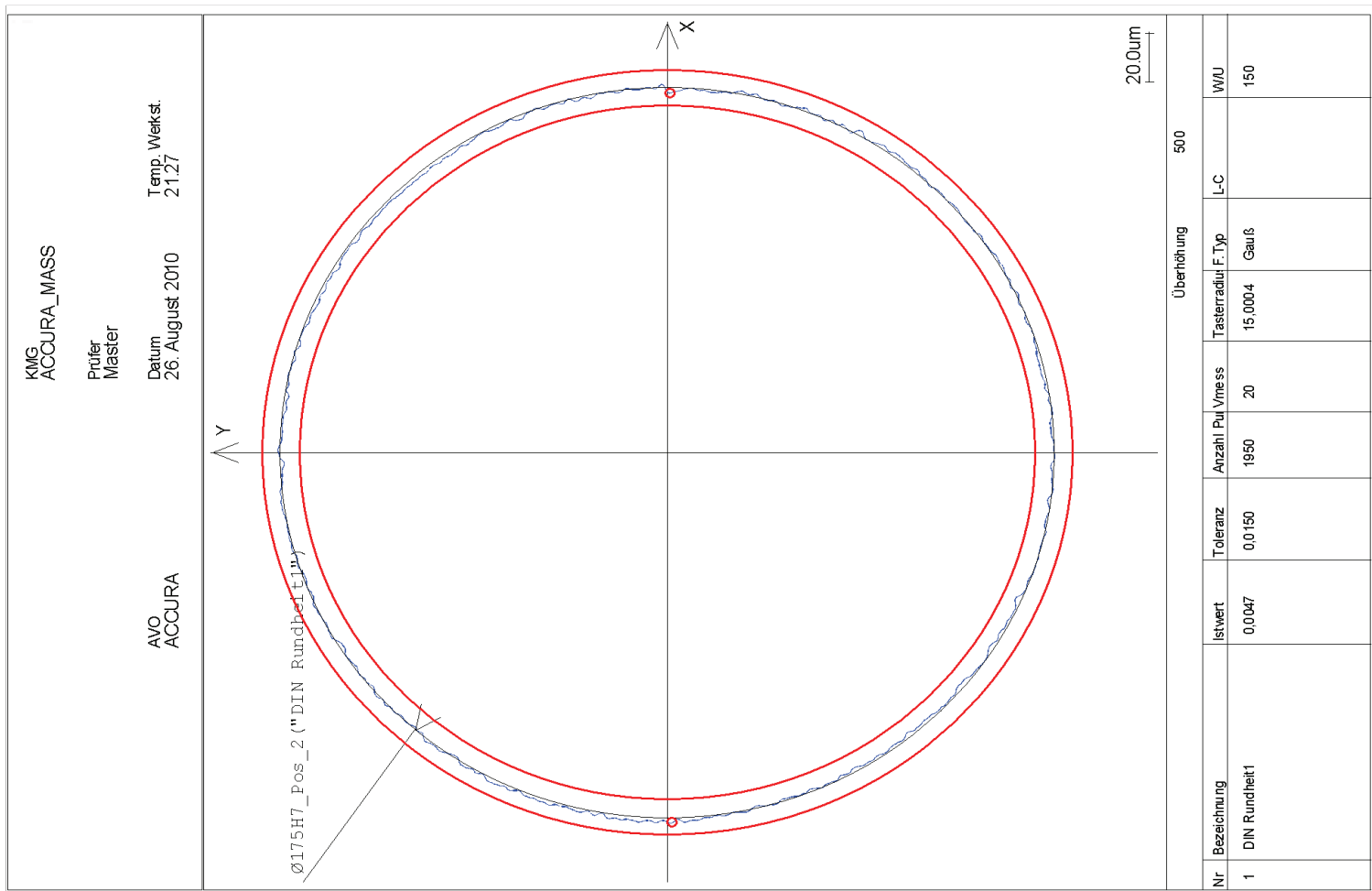
Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.27 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
	Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0147	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0147
	DIN Rundheit1 0.0065	0.0000	0.0150		- 0.0065



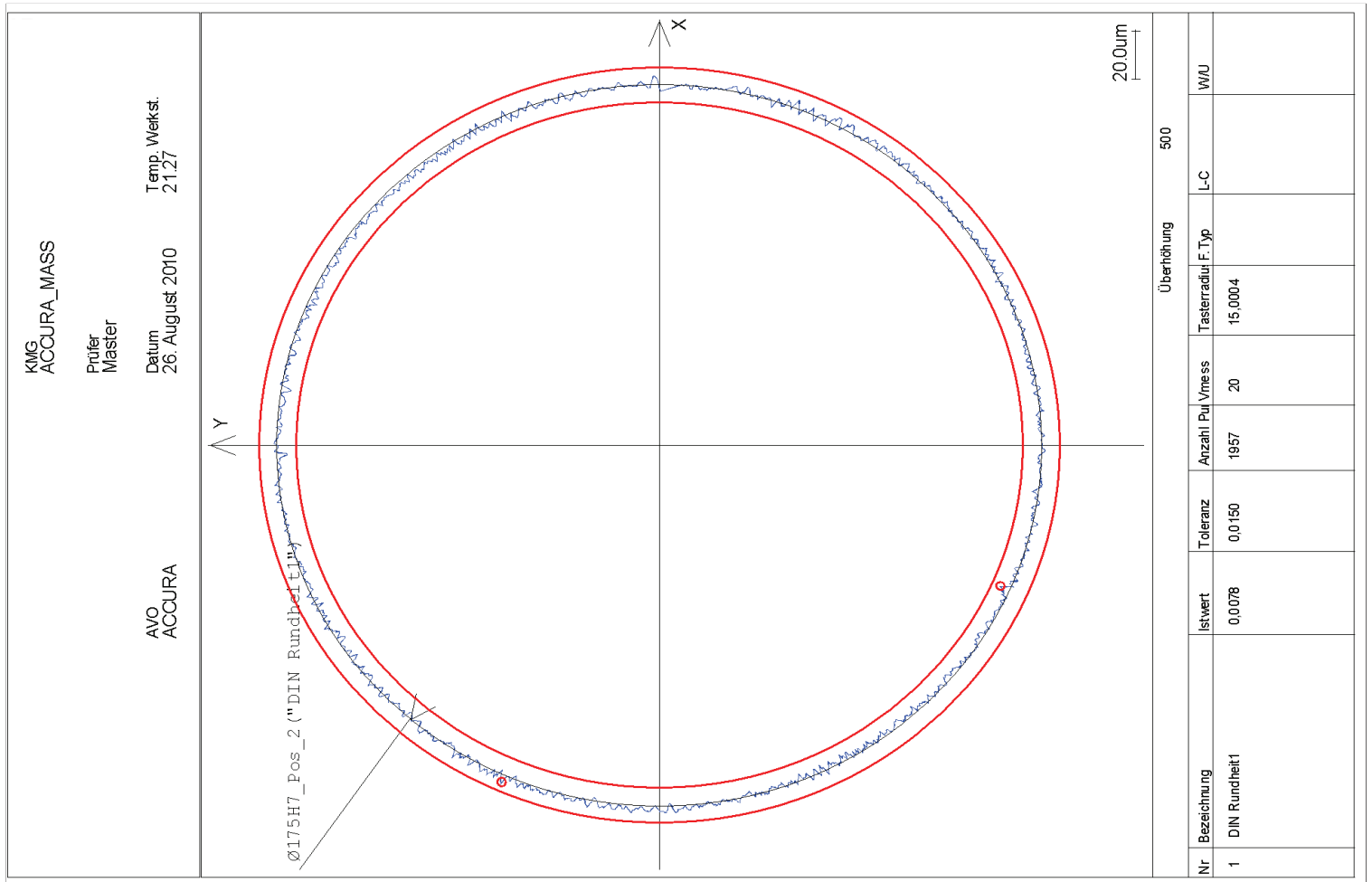
Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.27 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0150	175.0000	0.0400	0.0000	⊖ 0.0150
DIN Rundheit1	0.0027	0.0000	0.0150		⊖ 0.0027



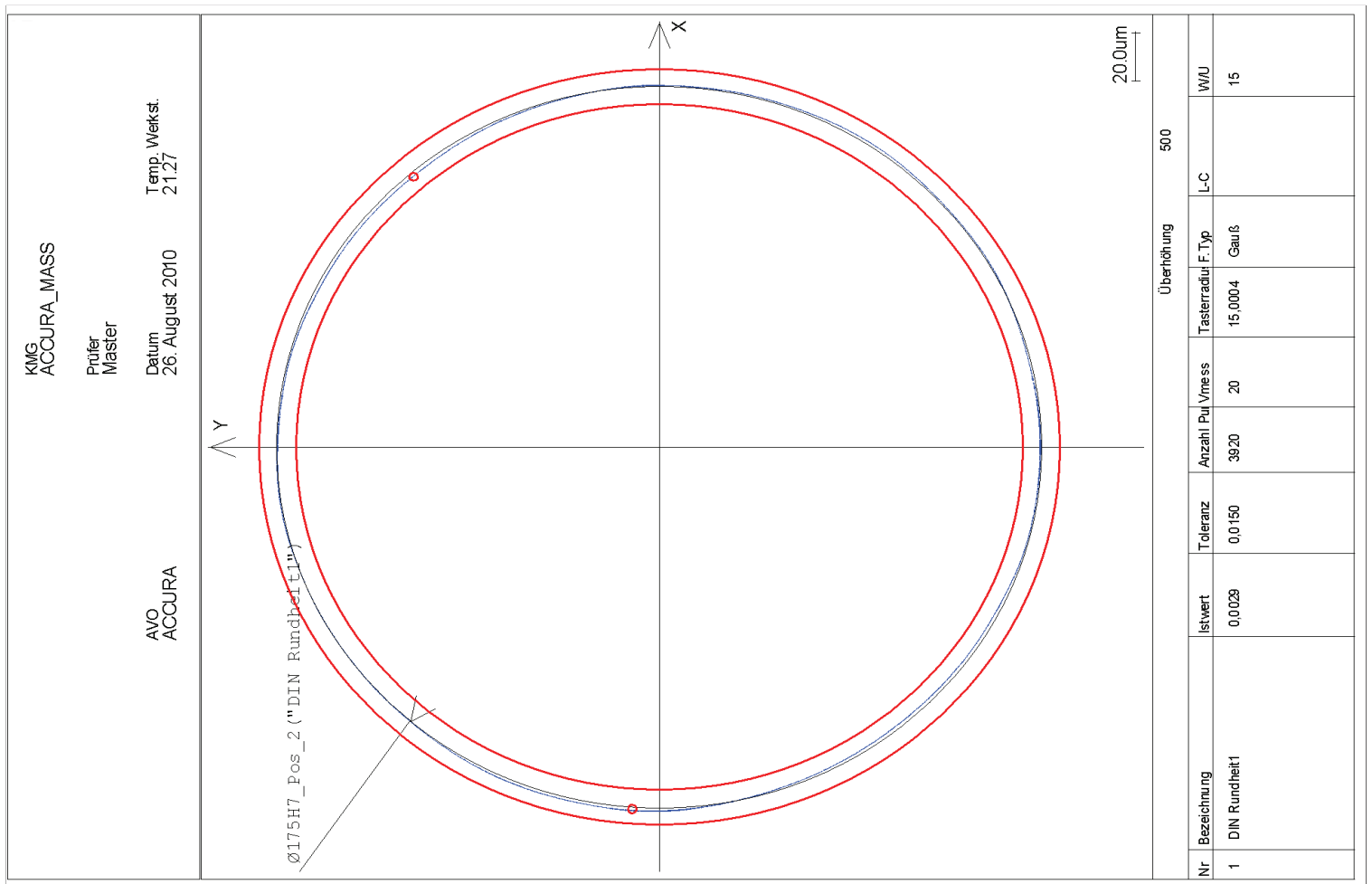
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0143	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0143
DIN Rundheit1	0.0032	0.0000	0.0150		0.0032



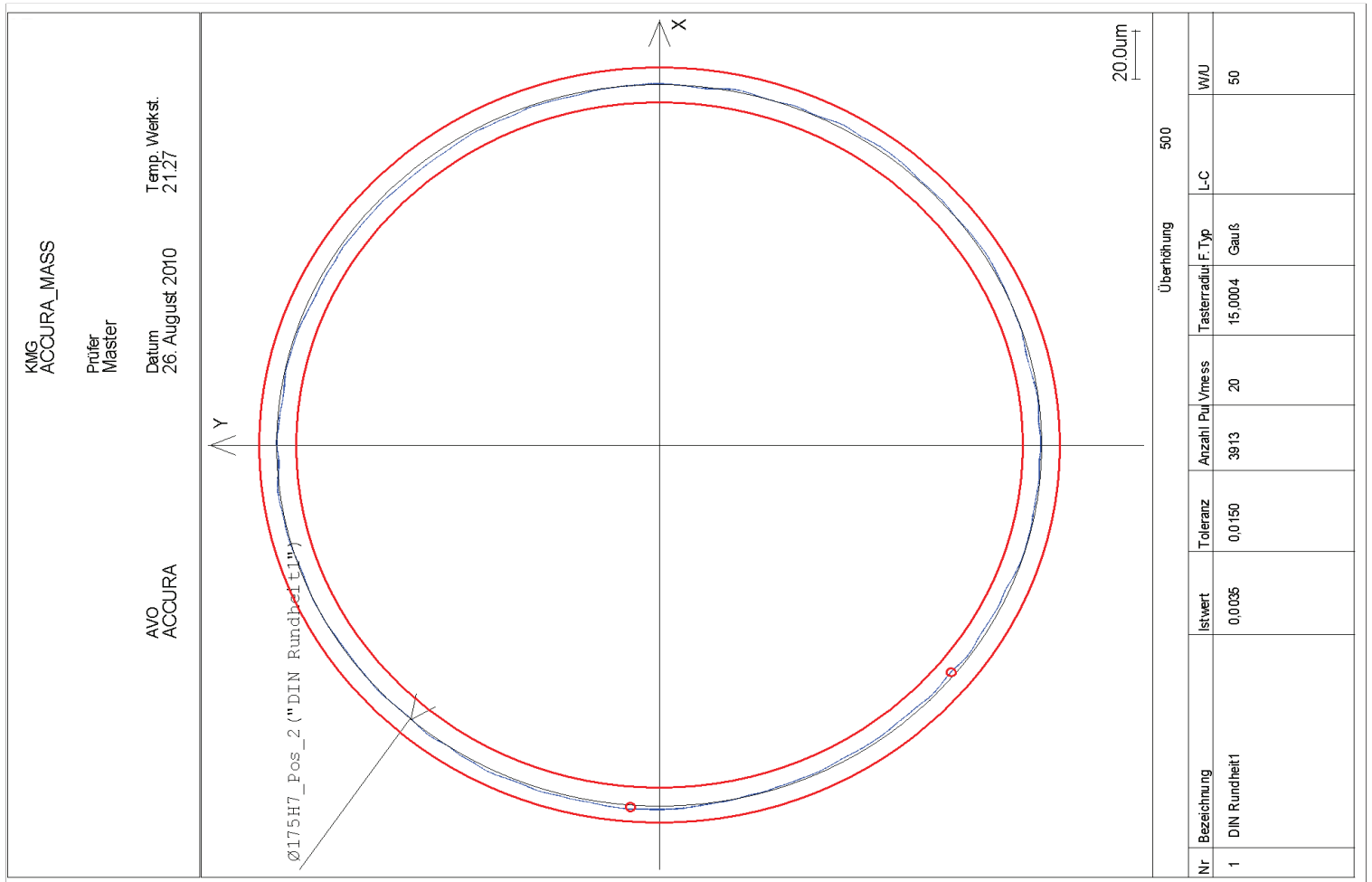
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0148	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0047	0.0000	0.0150		-



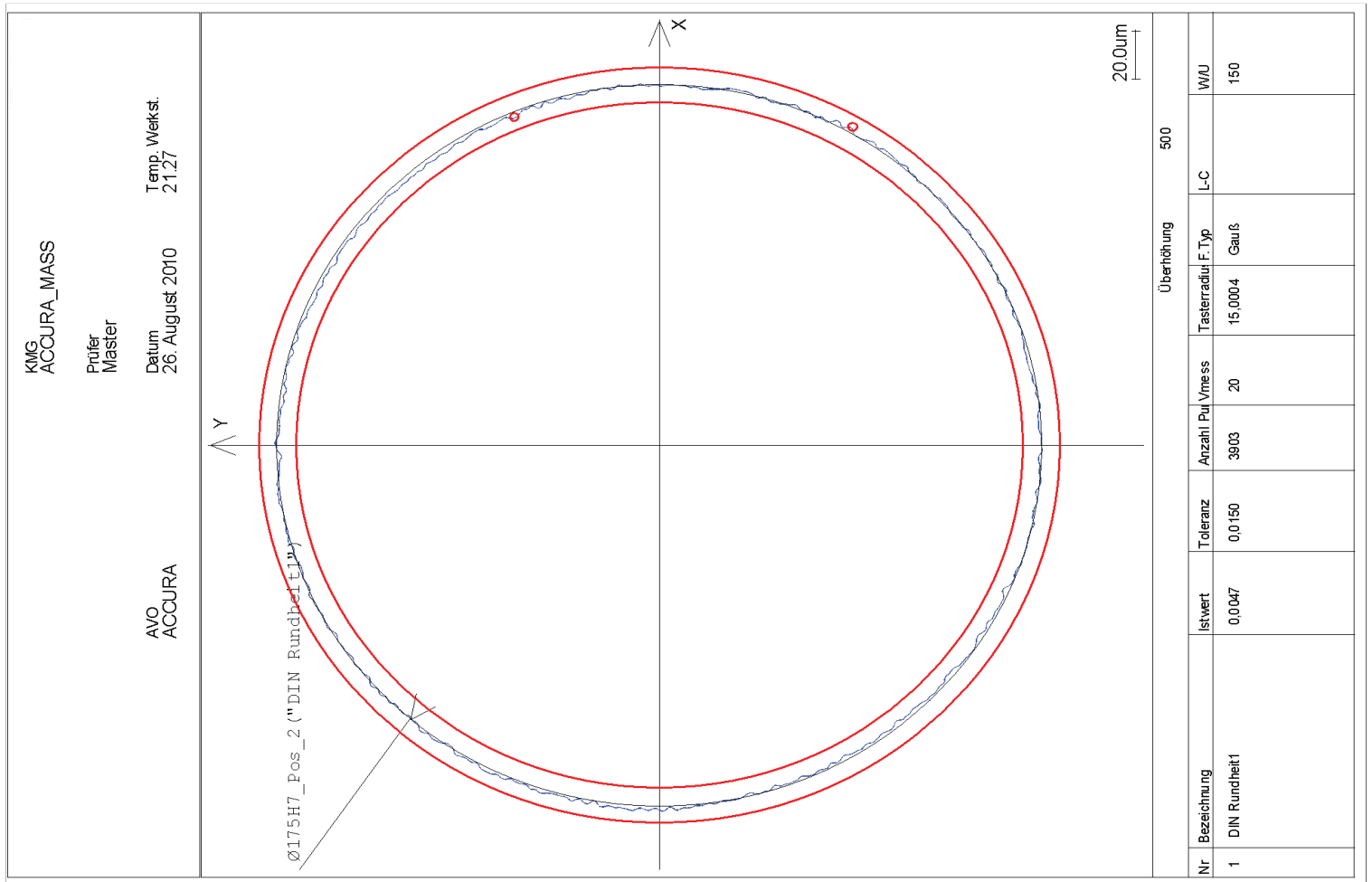
Ä-INDEX -C		Datum 26.8.10		Temp. Werkst. 21.27	
KMG ACCURA_MASS		Prüfer Master		Messdauer 00:00:35,0	
		Bearb.maschine:			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0148	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0078	0.0000	0.0150		--



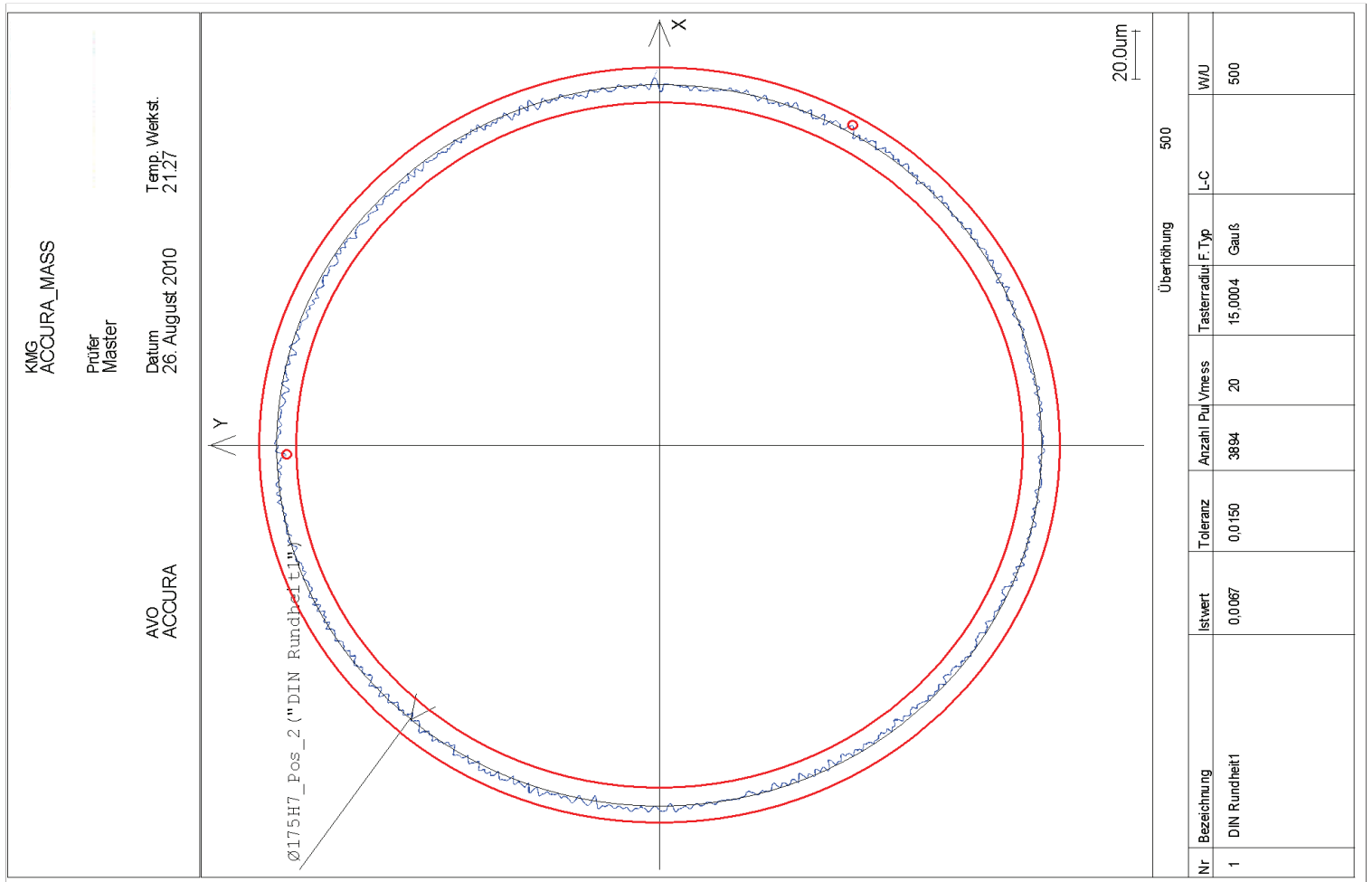
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0147	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0147
DIN Rundheit1	0.0029	0.0000	0.0150		0.0029



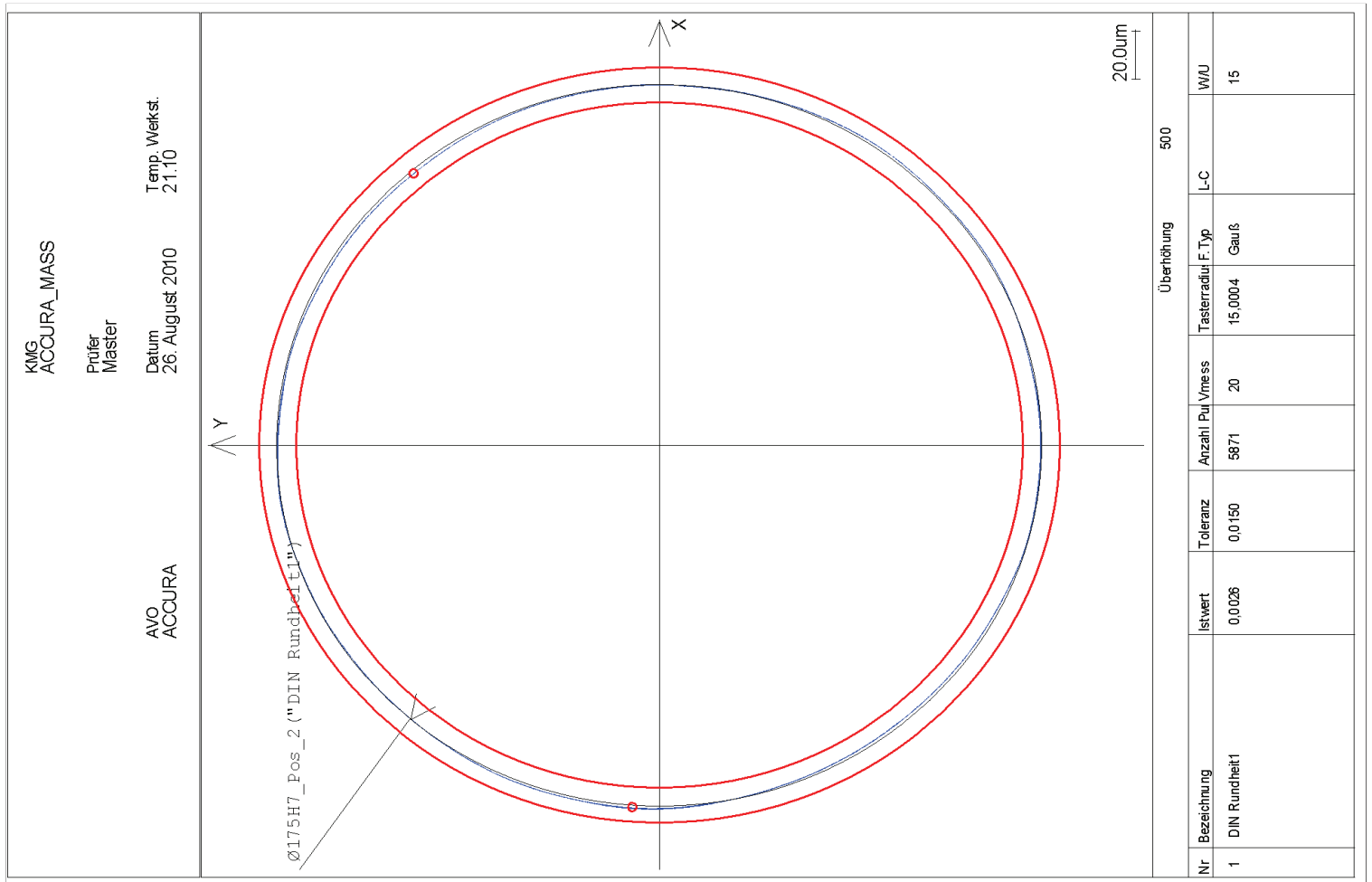
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2 175.0151	175.0151	175.0000	0.0400	0.0000	+ 0.0151
DIN Rundheit1 0.0035	0.0035	0.0000	0.0150		+ 0.0035



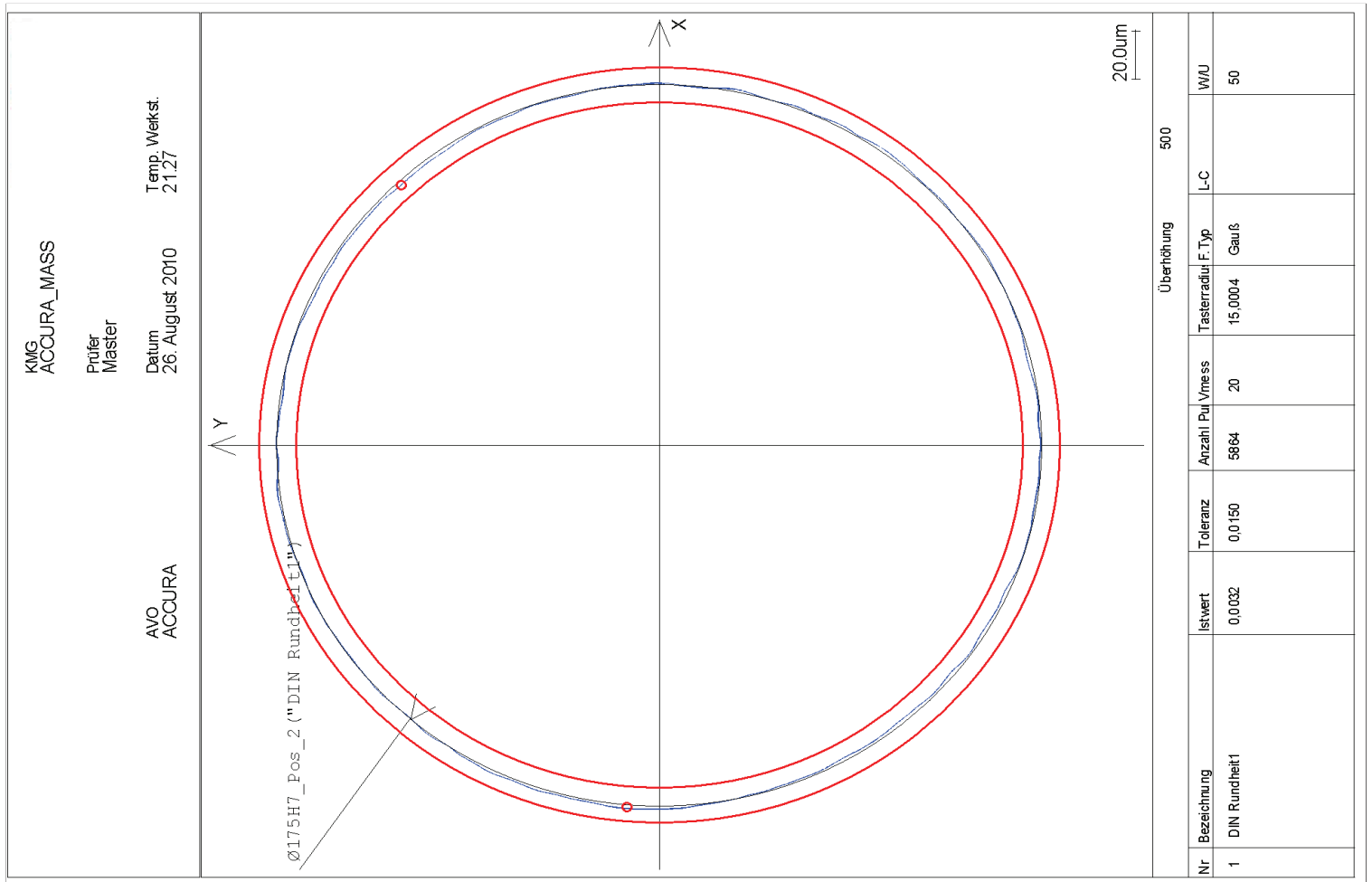
<p>Ä-INDEX -C</p> <p>KMG ACCURA_MASS</p>		<p>Datum 26.8.10</p> <p>Prüfer Master</p> <p>Messdauer 00:00:35,0</p> <p>Bearb.maschine: _____</p>		<p>Temp. Werkst. 21.27</p>	
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0149	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0149
DIN Rundheit1	0.0047	0.0000	0.0150		- 0.0047



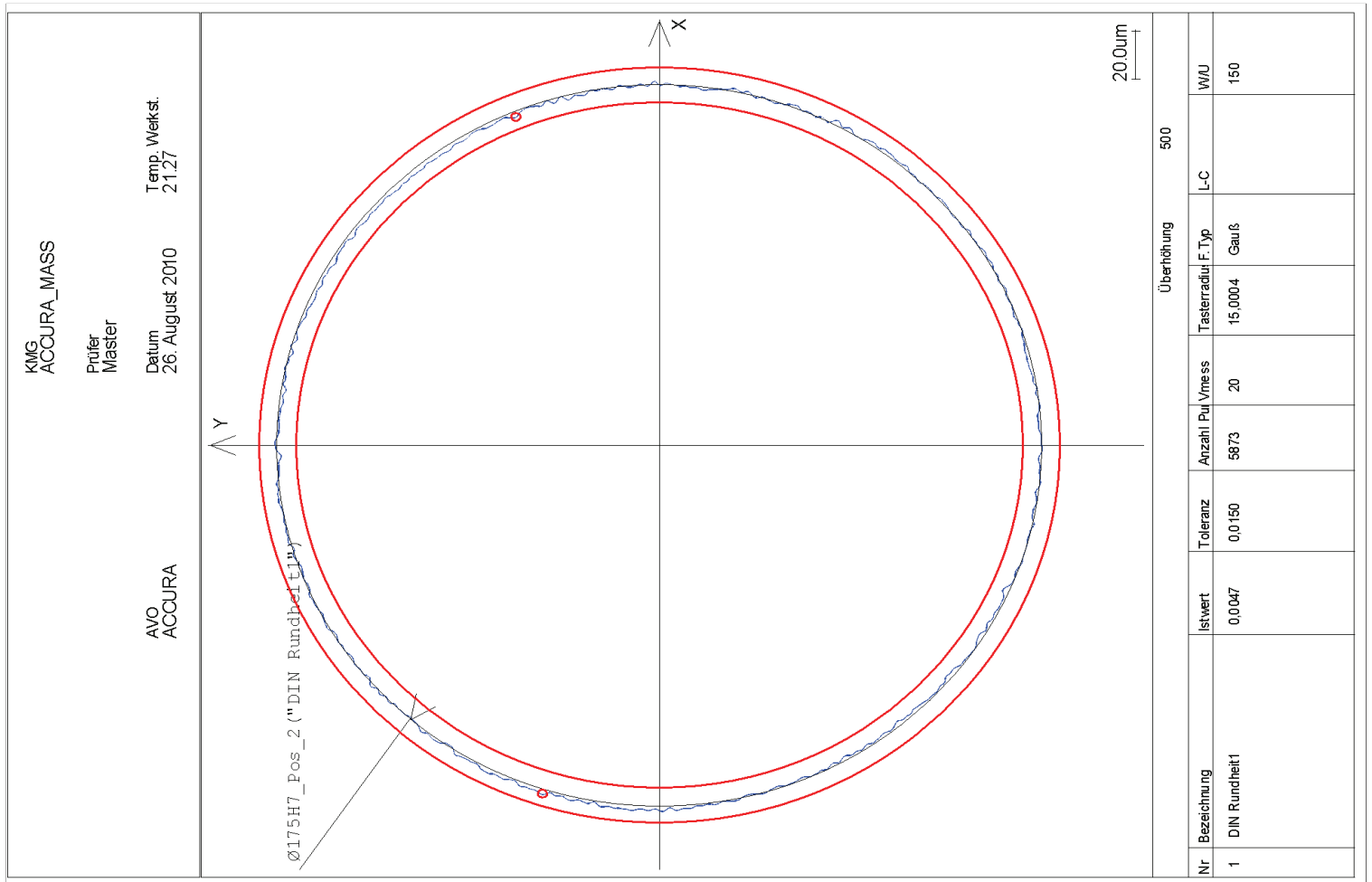
Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:35,0 Temp. Werkst. 21.27 Bearb.maschine: _____		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0148	175.0000	0.0400	0.0000	- 0.0148
DIN Rundheit1	0.0067	0.0000	0.0150		- 0.0067



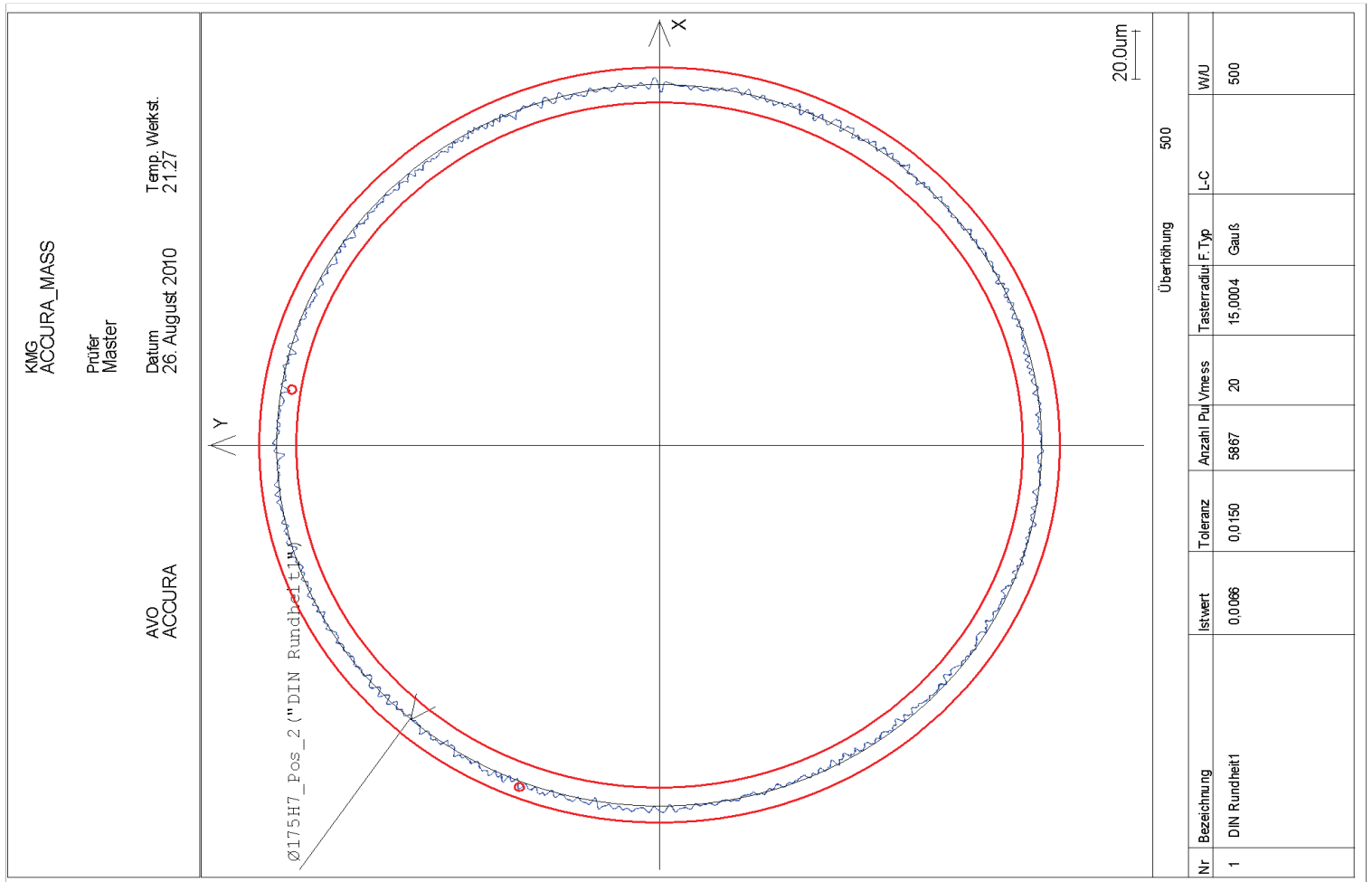
Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:02:33,0 Temp. Werkst. 21.10		Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS Bearb.maschine:			
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0151	175.0000	0.0400	0.0000	⊖ 0.0151
DIN Rundheit1	0.0026	0.0000	0.0150		⊖ 0.0026



Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:02:28,0 Bearb.maschine: _____	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0146	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0032	0.0000	0.0150		



Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS	Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine:	Temp. Werkst. 21.27			
Merkmal	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Td.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0148	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0047	0.0000	0.0150		-



Datum 26.8.10 Prüfer Master Messdauer 00:00:36,0 Bearb.maschine: _____		Temp. Werkst. 21.27			
Ä-INDEX -C KMG ACCURA_MASS					
Merkm.	Istwert	Sollwert	Obere Tol.	Untere Tol.	Abweichung
Ø_Kreis_175_Pos_2	175.0150	175.0000	0.0400	0.0000	-
DIN Rundheit1	0.0066	0.0000	0.0150		--

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 09.02.1985

Doğum yeri Lüleburgaz

Lise 1996-2003 Lüleburgaz Anadolu Lisesi

Lisans 2003-2007 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2007-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurum

2009-Devam ediyor Mercedes Benz Türk Üretim Planlama Mühendisi