

Praxistipp

## Flexible Zoomoptik



Werth Messtechnik GmbH  
Siemensstr. 19  
35394 Gießen  
Telefon: +49 641 7938-0  
Telefax: +49 641 7938-719  
E-Mail: [mail@werth.de](mailto:mail@werth.de)  
Internet: [www.werth.de](http://www.werth.de)

Sonderdruck



#### BILDVERARBEITUNGSSENSOR FÜR JEDE ANWENDUNG

## Flexible Zoomoptik

**Ein Bildverarbeitungssensor mit Zoomoptik ermöglicht unterschiedliche Vergrößerungen und erweitert so die Einsatzmöglichkeiten des Koordinatenmessgeräts. Ein Vergrößerungswechsel beeinflusst jedoch auch die anderen Parameter des Zoomobjektivs. Dies muss beim Einsatz eines solchen Objektivs berücksichtigt werden.**

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sind Koordinatenmessgeräte mit Bildverarbeitungssensor und Zoomoptik weit verbreitet. Bei einer niedrigen Vergrößerung steht ein großes Sehfeld zur Verfügung, das zur groben Ausrichtung des Werkstücks genutzt werden kann. Zum Beispiel werden bei Serienmessungen die ungenau in eine Vorrichtung gelegten Messobjekte sicher „gefunden“. Dabei wird die

Werkstücklage registriert (Ausrichtung), sodass alle weiteren Messungen auch in hohen Vergrößerungen prozesssicher funktionieren. Einzelne Merkmale sind „im Bild“ vollständig sichtbar und können ohne Verfahren der Achsen des Koordinatenmessgeräts ausreichend genau gemessen werden. Der Vorteil einer solchen „Im Bild“-Messung ist die hohe Messgeschwindigkeit, der Nachteil eine relativ hohe Messunsicherheit.

Für genauere Messungen wählt man anschließend eine hohe Vergrößerung mit entsprechend kleinem Sehfeld, einzelne Merkmale sind nur teilweise sichtbar. Um ein Merkmal vollständig zu erfassen, muss in diesem Fall das Werkstück für eine „Am Bild“-Messung relativ zum Sensor verfahren werden. Der Vorteil einer höheren Vergrößerung ist die geringere Messunsicher-



heit, die wesentlich durch die effektive Pixelgröße bestimmt wird. Diese nimmt mit zunehmender Vergrößerung ab, da immer kleinere Bereiche der Werkstückoberfläche auf einem Pixel abgebildet werden.

Eine niedrige Vergrößerung dient aufgrund des großen Sehfelds also hauptsächlich der Orientierung. Um Effizienz und Messprozesseignung zu optimieren, wird für die Messungen dagegen eine jeweils passende Zoomstufe gewählt, mit der die Messunsicherheit etwa um den Faktor zehn kleiner ist als die Merkmals-toleranz.

### Zoomstufen, Telezentrie und Abbildungsfehler

Zoomobjektive bestehen aus mehreren Linsenpaketen, von denen einige beweglich sind. Die Stellung der Linsenpakete zueinander bestimmt die Vergrößerung. Bei konventionellen Zoomobjektiven wird die Bewegung der Linsenpakete mithilfe einer

mechanischen Steuerkurve realisiert. Durch Reibung (Stick-Slip-Effekte, Umkehrspiel/Hysterese) ist die Position der Linsenpakete und somit die betreffende Vergrößerung wenig reproduzierbar. Um präzise zu messen, müsste nach jedem Zoomvorgang zeitaufwendig eingemessen werden. Häufige Vergrößerungswechsel sind deshalb zu vermeiden, und die einzelnen Elemente für ein Maß sollten in derselben Zoomstufe gemessen werden. Durch moderne Zoomoptiken mit motorischen Linearführungen für das Verstellen der Linsenpakete werden diese Effekte vernachlässigbar (Bild 1).

Bei Objektiven, die über eine unzureichende Telezentrie verfügen, verändert sich schon bei geringer Defokussierung der Abbildungsmaßstab, d. h. die Bildgröße und damit die gemessenen Maße. Die Fokusebene muss bei solchen Objektiven vor jeder Messung mithilfe einer Autofokussierung bestimmt und der Sensor neu »

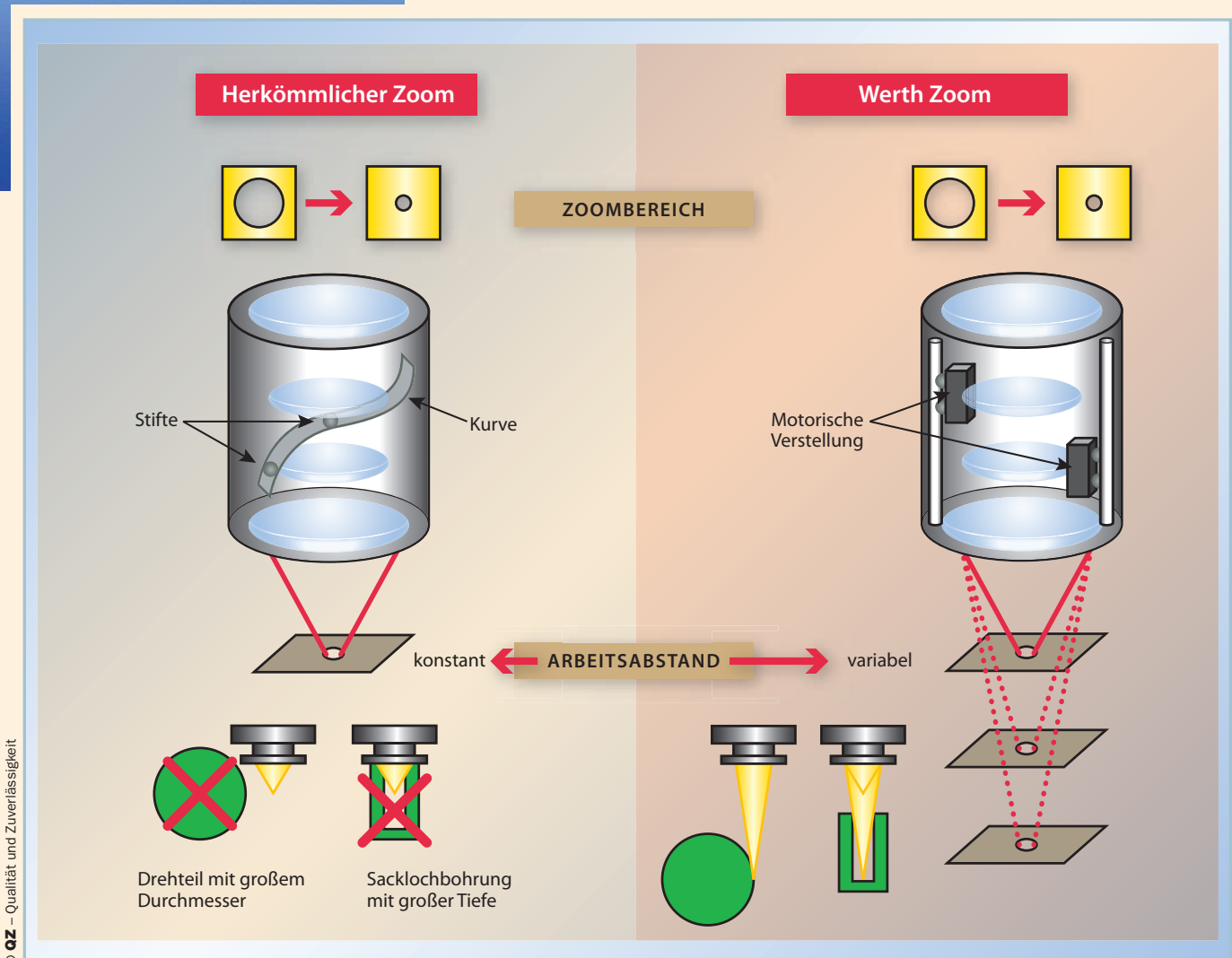
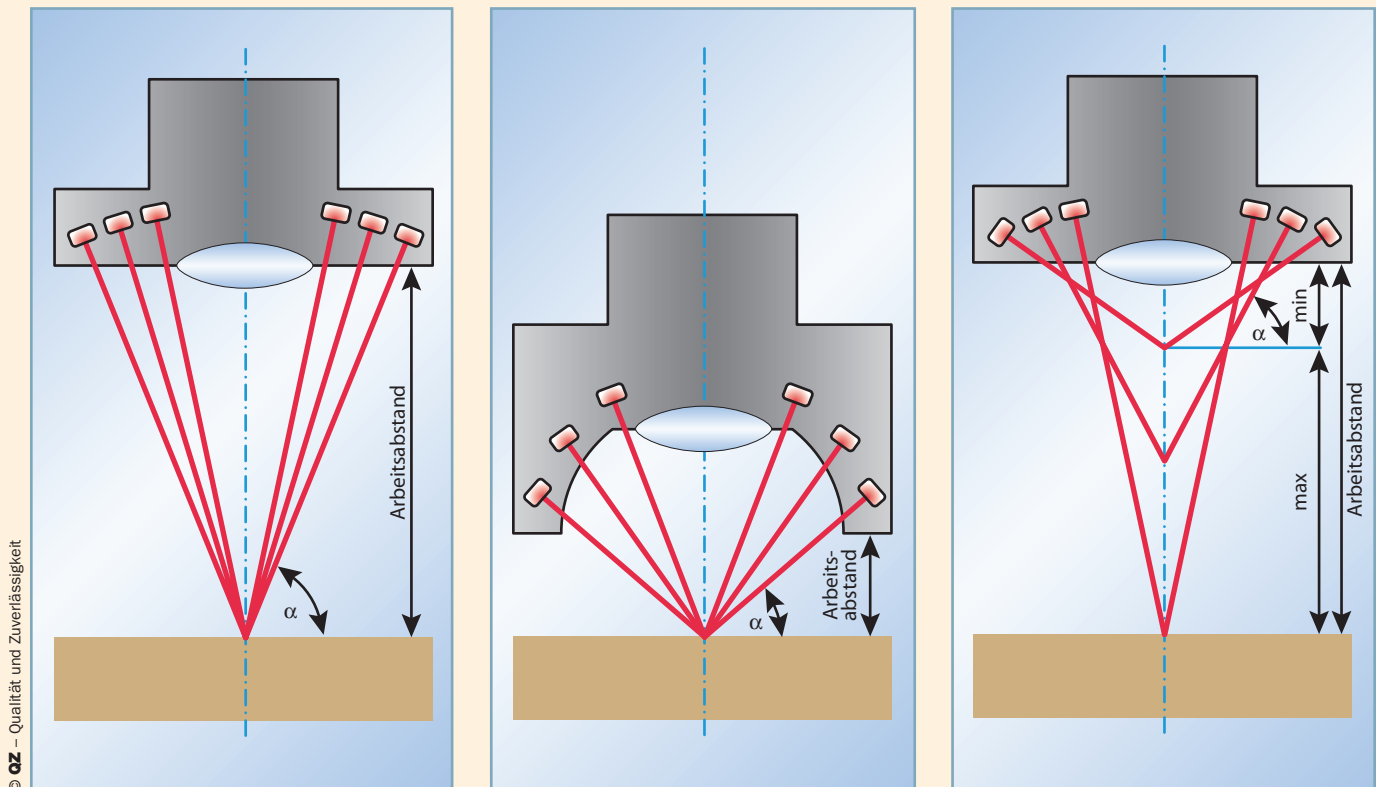


Bild 1. Zoom mit mechanischer Steuerkurve (links), WerthZoom mit motorischen Linearführungen und variablem Arbeitsabstand (rechts)



**Bild 2. Winkelverstellbares Dunkelfeld-Auflicht: mit kleinem Winkelbereich bei konstantem Arbeitsabstand (links) oder mit mittlerem Winkelbereich bei kleinem Arbeitsabstand (Mitte) und MultiRing mit großem Winkelbereich bei variablem Arbeitsabstand (rechts)**

positioniert werden. Bei telezentrischen Objektiven dagegen bewirkt eine Blende im Strahlengang, dass die Bildgröße innerhalb des Telezentriebereichs nahezu konstant bleibt. Damit sind diese Messabweichungen vernachlässigbar, und man verschenkt keine Messzeit durch zusätzliche Autofokusmessungen.

Abbildungsfehler treten bei allen optischen Systemen auf. Bei Zoomoptiken fallen besonders die Verzeichnung in X- und Y-Richtung sowie die Bildfeldwölbung in Z-Richtung ins Gewicht. Hier empfiehlt sich die Verwendung von Optiken mit integrierter Verzeichnungskorrektur. Da die Verzeichnung zum Bildfeldrand zunimmt, kann zur Genauigkeitsoptimierung das Messfenster möglichst mittig im Bild gesetzt und nur der notwendige Teil des Bildfelds ausgenutzt werden.

### Arbeitsabstand und Beleuchtung

Der Einsatz von Zoomobjektiven mit motorischen Linearführungen ermöglicht das Einmessen beliebiger Linsenstellungen, da die Linsenspakete unabhängig voneinander bewegt werden können. Dadurch können nicht nur unterschiedliche Vergrößerungen festgelegt, sondern es kann zusätzlich auch der Arbeitsabstand variiert werden. Jedes Zoomsystem ist für einen

bestimmten Arbeitsabstand optimiert, mit dem die genauesten Messungen möglich sind. Ein größerer Arbeitsabstand mit etwas geringerer Genauigkeit erlaubt dagegen Messungen von z. B. rotationssymmetrischen Werkstücken mit großem Durchmesser oder in tiefen Bohrungen, die sonst durch Kollisionen nicht möglich wären (Bild 1).

Auch bei der Wahl der Beleuchtung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Wie bei Objektiven mit konstanter Vergrößerung stehen Durchlicht und Hellfeld-Auflicht zur Verfügung. Von besonderem Interesse ist das Dunkelfeld-Auflicht, z. B. der MultiRing aus mehreren LED-Ringen, die unabhängig voneinander eingeschaltet werden können. Jeder Ring besteht aus ebenfalls unabhängigen Diodengruppen, die die Beleuchtung aus unterschiedlichen Raumrichtungen ermöglichen. So kann der Einfallswinkel des Lichts variiert werden. Bei Zoomobjektiven mit konstantem Arbeitsabstand wird allerdings nur ein kleiner Winkelbereich abgedeckt (Bild 2, links).

Es besteht die Möglichkeit, auf Kosten des Arbeitsabstands, d. h. bei konstantem sehr geringen Arbeitsabstand, den Winkelbereich zu vergrößern (Bild 2, Mitte). In diesem Fall sind die Messungen jedoch in

allen Zoomstufen auf flache Objekte beschränkt.

Verfügt das Zoomobjektiv über einen variablen Arbeitsabstand, kann der Einfallswinkel des Dunkelfeld-Auflichts relativ zur optischen Achse über einen großen Bereich variiert werden (Bild 2, rechts). Für manche Messungen sind sehr flache Einfallswinkel bei geringem Arbeitsabstand von Vorteil, die sich ansonsten kaum realisieren lassen. Mithilfe eines flachen Einfallswinkels kann sowohl der Kontrast erhöht als auch der Schlagschatten vergrößert werden. Insbesondere bei Übergängen mit geringem Höhenunterschied kann die Kantenerkennung dadurch deutlich verbessert werden. Die höchste Flexibilität bietet also ein CNC-verstellbarer Arbeitsabstand in Kombination mit MultiRing, da die Beleuchtung und der Arbeitsabstand der jeweiligen Messaufgabe angepasst werden können. □

► **Werth Messtechnik GmbH**  
Dipl.-Phys. Bernd Weidemeyer  
T 0641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de

### QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/958403](http://www.qz-online.de/958403)