# Multisensor

Une métrologie innovante pour vos produits de qualité

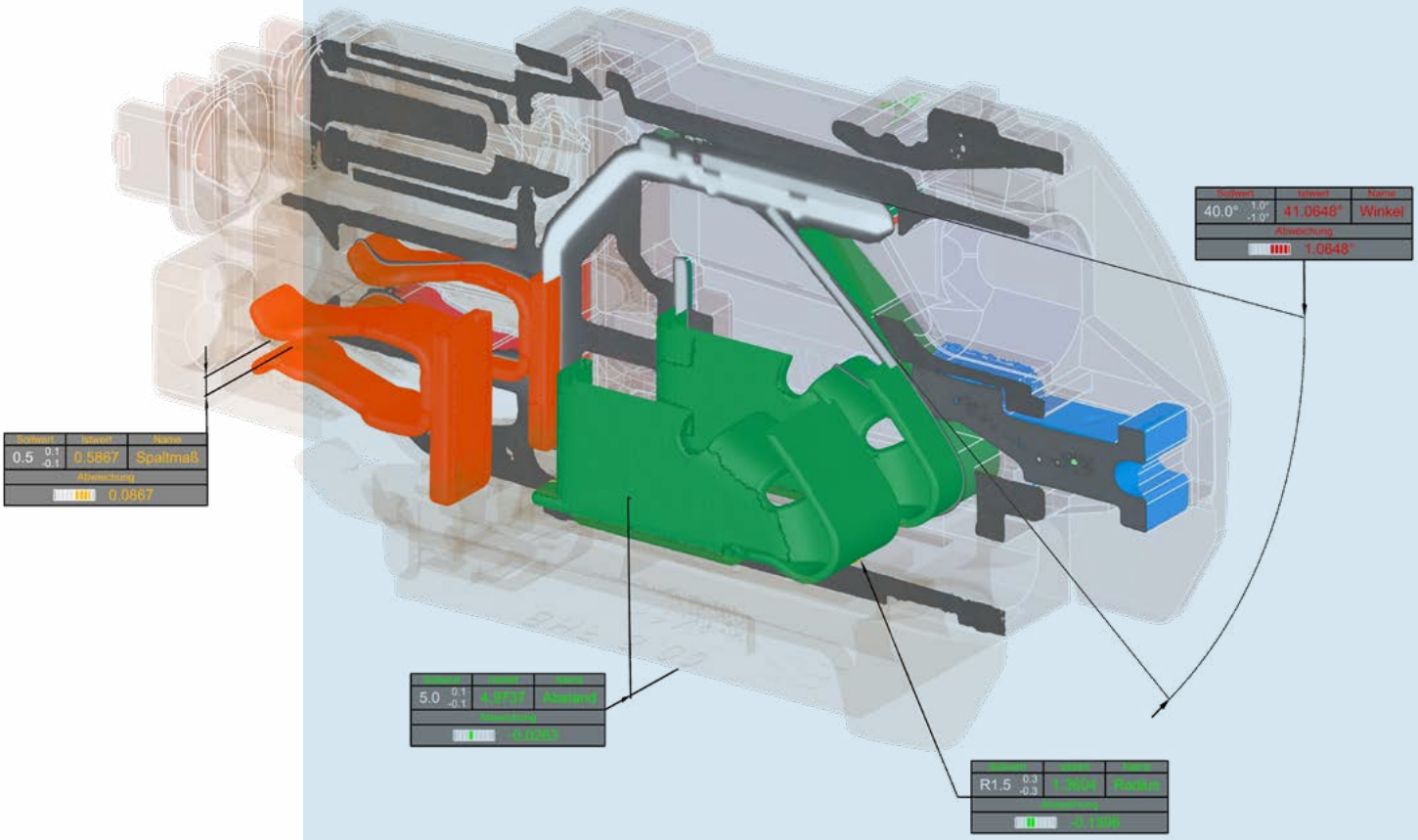


Photo de couverture: WinWerth® MultiMaterialScan avec calcul et séparation automatique des nuages de points pour les différents plastiques et métaux, coupe volumique avec les différentes valeurs de gris des matériaux ainsi que les dimensions géométriques mesurées dans le logiciel de mesure WinWerth®.

Les machines TomoScope® XS Plus sont désormais disponibles avec une tension d'accélération de 200 kV et un système intégré de changement de pièces.

# Coordonner les systèmes de mesure avec les capteurs optimaux pour chaque application

Les systèmes de mesure de coordonnées Werth sont utilisés dans presque toutes les industries. En raison des changements technologiques dans l'industrie automobile et le secteur de l'énergie, l'attention se déplace, par exemple en direction de la technologie médicale. Cela a entraîné une nouvelle croissance par rapport aux années précédentes.

En raison de l'intégration croissante, les produits industriels contiennent un éventail de fonctions de plus en plus large dans un espace réduit. La complexité des pièces augmente, tout comme le besoin d'informations. Dans ce cas, les capteurs optiques, la tomographie assistée par ordinateur et la technologie multicapteurs sont avantageux car ils permettent de mesurer rapidement de nombreux points. Les machines à mesurer tridimensionnelles ScopeCheck® FB multi-capteurs, qui ont fait leurs preuves, sont désormais disponibles avec trois axes de capteurs indépendants avec une combinaison unique d'axe rotatif/inclinable et d'un capteur ligne confocal chromatique. Une nouvelle solution d'axe rotatif permet des mesures de circularité et de rectitude très précises.

La tendance de la métrologie des coordonnées vers la tomographie par ordinateur se poursuit. L'une des raisons de cette évolution est le succès de la famille TomoScope® XS. Le nouveau développement des tubes de rayons X à faible usure et à haute résolution a constitué une petite révolution dans l'industrie. Les systèmes de mesure des coordonnées se prêtent également à l'intégration de la métrologie dans la production. Les derniers représentants de la famille de machines compactes et économiques sont le TomoScope® XS Plus 200 avec une tension d'accélération allant jusqu'à 200 kV et le TomoScope® XS FOV 500 avec une puissance maximale de 500 W. L'automatisation des mesures en ligne et dans la ligne est soutenue par un changeur de pièces intégré, une programmation hors ligne complète avec TomoSim et un pilotage automatique des diverses taches de mesure avec WinWerth® Scout. Un article technique en page 28 et suivantes fait la lumière sur le contexte et les conditions préalables à cette nouvelle tendance.

La version 9.44 de WinWerth® contient de nombreuses nouvelles fonctions. La facilité d'utilisation, le temps de mesure et la flexibilité ont également été améliorés. Dans le numéro actuel de notre magazine d'entreprise "Multisensor", nous vous présentons Werth Tool MT GmbH et vous donnons un aperçu du montage des machines à mesurer tridimensionnelles Werth à notre siège de Giessen. Nous nous réjouissons de vous accueillir à nouveau personnellement lors de salons ou dans nos locaux cette année.

**Dr. Ralf Christoph**
Président et propriétaire de
Werth Messtechnik GmbH Giessen

# Sommaire

## Actualités sur les systèmes multicapteurs

06 Une seule machine pour tous les cas

10 Capteurs chromatiques - mesure multipoint pour l'e-mobilité

11 Mesure de la circularité et de la rectitude dans la précision des machines de forme

12 Nouveau WinWerth® Version 9.44

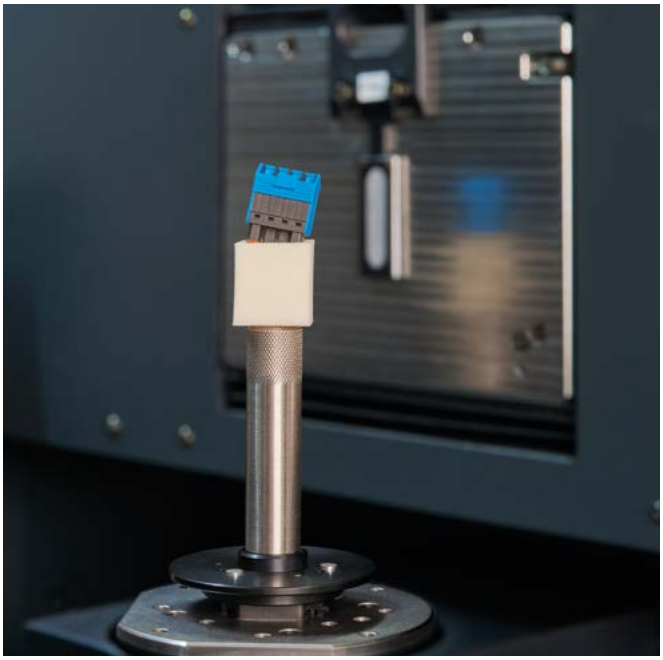
13 Mesure rapide de l'épaisseur du revêtement avec un capteur chromatique

## Étude de cas Werth

14 Le mouliste par injection utilise une combinaison de technologies de capteurs optiques et tactiles

## Actualités pour la tomographie assistée par ordinateur

18 Source de rayons X de 200 kV à faible maintenance et de conception monobloc



20 Tomographie multi-capteurs - système de mesure à deux tubes, désormais également avec un tube sub-microfocus

22 La tomographie assistée par ordinateur haute performance au prix de machines à mesurer tridimensionnelles tactiles ou multi-capteurs

23 Simulation du processus de tomographie avec WinWerth® TomoSim

24 WinWerth® MultiMaterialScan

25 Tomographie de pièces à grand rapport d'aspect

26 Corrections des artefacts WinWerth® - aperçu des nouveautés

## Article scientifique de Werth

28 La tomographie assistée par ordinateur modifie la place des machines à mesurer tridimensionnelles conventionnelles

## Nouvelles du groupe Werth

32 Une attention particulière à la précision des outils

34 Montage des changeurs de pièces

35 Montage des paliers à air

36 Werth Messtechnik et la normalisation internationale

38 Les brèves

Actualités pour les systèmes multicapteurs

# Le bon capteur pour chaque tâche de mesure

# Une seule machine pour tous les cas

La famille de machines ScopeCheck® FB permet désormais d'effectuer des mesures rapides multi-capteurs sans restriction avec trois axes de capteurs indépendants. Pour les nouvelles machines, actuellement les plus grandes avec une plage de mesure de 2130 mm × 1000 mm × 600 mm, Werth Messtechnik offre maintenant une combinaison unique d'axe de rotation/ inclinaison et de capteur Chromatic Focus Line.

Une technologie multi-capteurs parfaitement intégrée : Grâce au concept éprouvé du multi-pinhole, une gamme encore plus large de technologie multi-capteurs peut désormais être utilisée sans restriction et sans changement de capteur fastidieux. Chaque capteur a son propre axe vertical, et les axes avec des capteurs non actifs sont placés en position de parking en dehors de la plage de mesure. L'un des premiers utilisateurs de ce nouveau concept de machine est la société de services de mesure Messtronik GmbH en Forêt-Noire. Citation de l'associé directeur Jörg Weißer : "En tant que prestataire de services de mesure, je reçois une grande variété de pièces.

J'utilise la technologie multi-capteurs sur trois axes de capteurs indépendants en combinaison avec l'axe de rotation/inclinaison pour des tâches de mesure dont la solution était auparavant considérée comme trop complexe, voire impossible." Les plages de mesure combinées de 530 mm × 500 mm × 350 mm à 2130 mm × 1000 mm × 600 mm permettent des mesures multi-capteurs pour des pièces plus grandes également.

## Toutes les bonnes choses viennent par trois

Le ScopeCheck® FB est probablement le seul type de machine à mesurer tridimensionnelle avec trois axes de capteurs indépendants pour une flexibilité encore plus grande. Les machines permettent des mesures rapides avec une grande facilité d'utilisation pour trois, voir avec le laser Werth intégrée dans le Werth Zoom ou le Chromatic Focus Zoom (brevets) quatre capteurs. La famille de machines combine les avantages des machines à mesurer tridimensionnelles optiques, tactiles et multicapteurs classiques.

La combinaison très répandue du traitement de l'image et du palpeur est obtenue, par exemple, avec une tête rotative/inclinable pour les mesures tactiles dans toutes les directions sur le premier axe et le système multi-capteur Werth avec le zoom Werth, le laser Werth et le palpeur de contour Werth également breveté sur le deuxième. Le palpeur breveté Werth Fiber Probe® 3D ou le capteur Chromatic Focus Line peuvent ensuite être utilisés sur le troisième axe. Comme la tête rotative/inclinable et le Werth Fiber Probe® 3D nécessitent chacun leur propre axe, une telle combinaison n'est pas possible en changeant de capteur sur les machines conventionnelles avec un seul axe.

Les capteurs optiques, tactiles et tactiles-optiques peuvent être utilisés sans changer de capteur. Un axe est positionné en dehors de la plage de mesure et l'axe requis est abaissé. La combinaison avec des capteurs plus spécialisés tels que la sonde interférométrique Werth pour les mesures dans les petits alésages est également possible.

Cela signifie qu'il est possible de mesurer aussi bien des pièces 3D grandes et complexes que des microstructures. En alternative à la tête rotative/inclinable, un axe de diamètre réduit pour le système de palpage permet de mesurer sans collision des géométries situées en profondeur dans la pièce. Si, dans un premier temps, seule une machine purement tactile est requise, il est possible de la transformer ultérieurement en une machine à mesurer tridimensionnelle multi-capteurs sans limiter les possibilités d'application du palpeur.

## Mesure complète de pièces complexes

En cas d'utilisation de plusieurs capteurs, un axe de rotation/inclinaison pour la pièce rend presque tous les éléments géométriques accessibles à chaque capteur depuis différents côtés et permet de les mesurer dans le même système de coordonnées de la pièce. L'utili-

sateur peut monter lui-même l'axe rotatif/inclinable sur la machine dans n'importe quelle direction. L'axe est alors automatiquement calibré et les erreurs de battement sont corrigées. Lors de l'utilisation d'un axe rotatif/basculant, trois axes de capteur indépendants sont particulièrement avantageux en raison du risque accru de collision.

Dans la configuration avec axe rotatif/basculant et capteur de ligne confocal chromatique CFL, le ScopeCheck® FB permet, par exemple, la mesure de grands engrenages d'un diamètre de 2 m. Le capteur ligne CFL fait partie de ces capteurs qui ont une direction préférée dans laquelle ils fonctionnent de manière optimale. Ainsi, pour les engrenages à dents hélicoïdales, la ligne CFL doit être parallèle aux dents. Pour cela, la lentille CFL inclinée peut pointer dans la direction -Y, et la ligne CFL est perpendiculaire. Pour la mesure des engrenages, l'axe d'inclinaison est monté dans le plan YZ. L'axe rotatif est incliné par rapport à la verticale de l'angle de l'engrenage, par exemple 20°, puis tourné de 360°. Par exemple, pour mesurer les goujures en spirale des forets, l'axe rotatif peut également être pivoté dans la direction X et tourné autour de l'axe X.

Pour s'assurer que la ligne CFL est parallèle aux dents de l'engrenage, l'axe de rotation est incliné par rapport à la perpendiculaire de l'angle de l'engrenage (ici environ 20°) et ensuite tourné de 360° pendant les mesures de l'engrenage.

Pour rendre plus accessible la géométrie du pied des aubes de turbine, l'axe de rotation est incliné d'environ 20°.

Cependant, la mesure depuis toutes les directions n'est pas possible avec cette configuration, la surface supérieure ne peut pas être mesurée. Si l'axe d'inclinaison est monté dans le plan XZ et que l'axe de rotation est incliné dans la direction Y, la ligne CFL est située sur la surface supérieure des outils de poinçonnage-pliage ou de gaufrage et des plaquettes de coupe indexables. D'autre part, pour rendre la géométrie du pied de sapin plus accessible lors de la mesure des aubes de turbine, l'axe de rotation est incliné hors de la verticale d'environ 20° et la géométrie du pied de sapin est mesurée aux angles de rotation 0° et 180°. La géométrie de la pale peut être mesurée à la verticale aux angles de rotation 0°, 60°, 180° et 240°.

"La combinaison de la lentille angulaire et de l'axe de rotation/inclinaison offre la plus grande flexibilité pour le capteur de ligne de focalisation chromatique", selon l'expérience de Mr Weißer. Avec plusieurs positions de pivotement entre les directions Y et Z, des pièces telles que des implants (de hanche), des engrenages droits, des pistons hydrauliques et des engrenages enfichables, y compris les surfaces de recouvrement, peuvent enfin être mesurées complètement.

La géométrie de la pale peut être mesurée en la faisant tourner autour de la verticale.

# Capteurs chromatiques - mesure multipoint pour l'e-mobilité

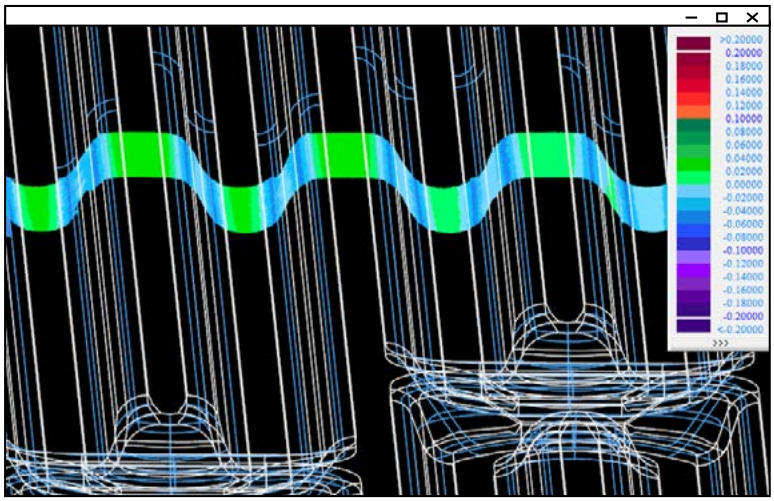
Les piles à combustible composées de plaques bipolaires, telles que celles utilisées pour les véhicules automobiles, permettent aux véhicules de fonctionner sans émettre de gaz d'échappement. Deux demi-plaques (anode et cathode) sont réunies pour former une plaque bipolaire. Celles-ci servent d'une part à l'alimentation en gaz ou en liquide, et d'autre part d'électrodes à l'aide desquelles l'électricité est produite à partir de l'oxydation de l'hydrogène par réaction chimique.

Le ScopeCheck® FB est adapté à la mesure des plaques. Celles-ci et les outils d'emboutissage associés sont mesurés, par exemple, chez un fournisseur automobile renommé avec un VideoCheck® HA (High Accuracy).

## Mesure des outils

Le temps de production des outils de découpe/emboutissage est d'environ 80 heures. Pour éviter les rejets de produits, une inspection à 100 % est requise avec des tolérances comprises entre 3 µm et 10 µm. À cette fin, le capteur de traitement d'images Werth scanne automatiquement l'ensemble de l'outil en mode breveté Raster Scanning HD. En superposant de nombreuses images individuelles prises pendant le mouvement, une image globale de l'outil est créée. Toutes les propriétés géométriques bidimensionnelles visibles peuvent alors être évaluées très rapidement à partir de cette image.

Comme les profils d'onde des outils ont les plus petits rayons de 0,1 mm, les sondes conventionnelles ne sont pas adaptées à la mesure. Le palpeur brevetée Werth Fiber Probe WFP® 3D avec des pointes de stylet en verre aussi petites que 20 µm ou le sensor confocal chromatique CFP de mesure sans contact peuvent être utilisés pour des mesures très précises et rapides. Les mesures de surface sont possibles avec le Chromatic Focus Line CFL. Le capteur ligne permet de mesurer toute la surface de la pièce avec 10 000 points/mm2. À partir de là, il est possible de déterminer l'écart du profil de la surface, l'écart du profil de la ligne, la profondeur de l'emboutissage, l'angle du flanc et le pas. Après avoir mesuré le décalage du centre de l'outil, un appariement virtuel des plaques d'outils supérieure et inférieure est possible.



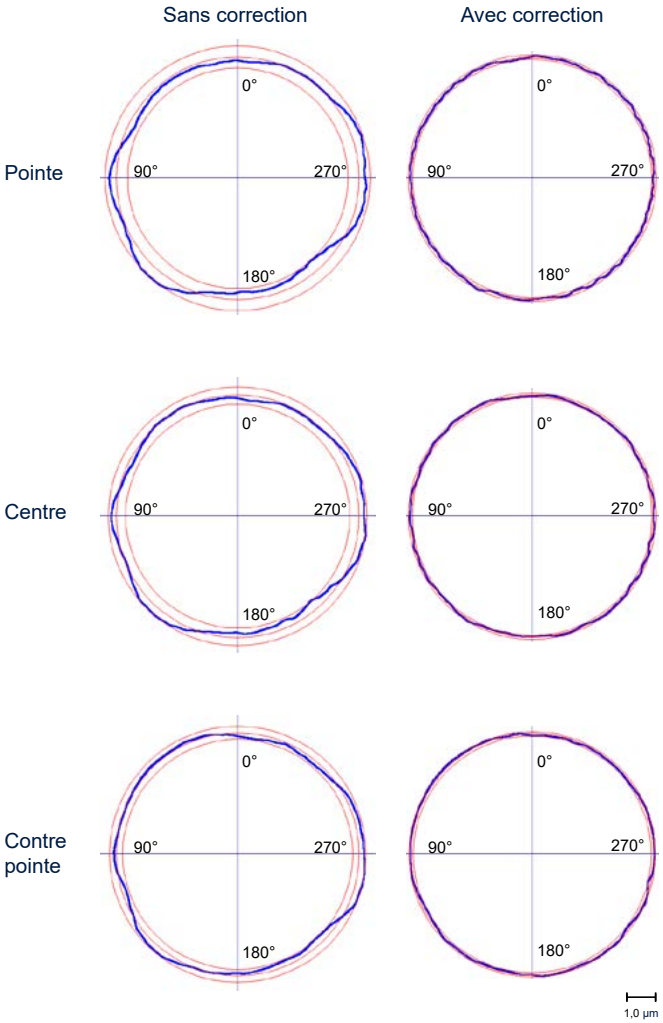
Graphique de déviation par colorimètre de la forme du profil de surface du champ d'écoulement

## Mesure sans contact des plaques bipolaires

Étant donné que les sondes conventionnelles entraîneraient une déformation des tôles à parois minces, le Werth Fiber Probe® ou un capteur de distance optique sont également idéaux pour ces mesures. Le CFP 1000 offre un rapport optimal entre la plage de mesure d'environ 1000 µm, la grande distance de travail par rapport à la surface de la pièce et l'ouverture permettant de capter la lumière réfléchie par la surface. Cela permet un balayage rapide sans déplacement du capteur par rapport à la surface de la pièce, avec un faible risque de collision. Si, malgré la grande ouverture, trop peu de points sont disponibles sur le flanc, le CFP peut être amené dans l'alignement optimal pour le flanc respectif à l'aide de l'articulation pivotante Werth. De cette manière, le champ d'écoulement peut également être analysé dans des sections individuelles : il est possible de mesurer la forme du profil de la ligne, la profondeur du canal, le décalage du centre du moule et l'angle du flanc. Les déformations de la zone de l'orifice au niveau des ouvertures d'entrée et de sortie des gaz ainsi que des lèvres d'étanchéité peuvent également être mesurées.

Les plaques bipolaires sont identifiées de manière unique par la détection du code Data Matrix (DMC) avec le CFP et la planéité est mesurée. Le CFP sur le joint tournant peut également être utilisé pour mesurer le décalage de la soudure de deux demi-plaques. En outre, les capteurs chromatiques permettent de mesurer l'épaisseur des couches (voir page 13) pour tester les lèvres d'étanchéité.

# Mesure de la circularité et de la rectitude dans la précision des testeurs de forme



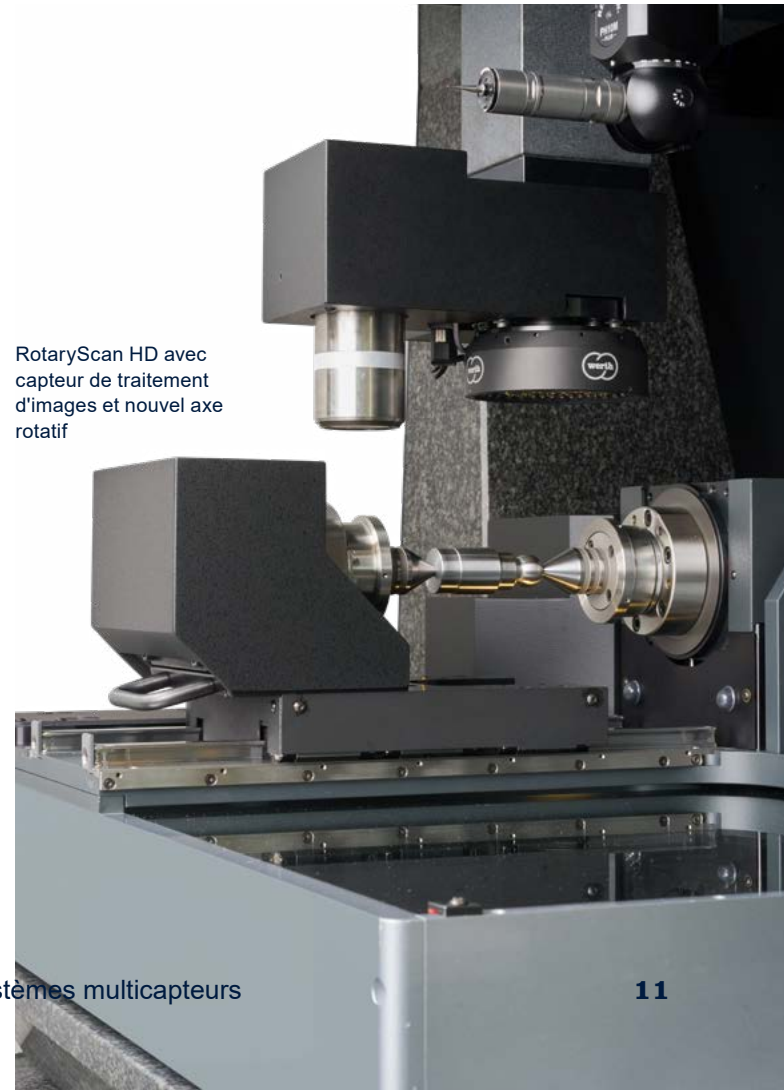

Le nouvel axe rotatif avec contre-pointe à coussin d'air permet d'obtenir les plus petites erreurs de mesure sur toute la longueur de la pièce (par exemple, 350 mm).

Une nouvelle solution d'axe rotatif, associée au logiciel correspondant, permet désormais de mesurer la circularité et la rectitude sur la machine à mesurer tridimensionnelle avec une précision jusqu'alors inégalée. On utilise ici en particulier le mode de fonctionnement breveté Rasterscanning HD et le nouveau RotaryScan HD. Grâce à un objectif télécentrique de haute précision, un axe rotatif avec des paliers à air et une nouvelle méthode de correction, des erreurs de mesure minimales de l'ordre de 200 nm sont atteintes pour la détection fiable des tolérances de circularité jusqu'à 2 µm.

Une application, par exemple, est la mesure de la rectitude du cylindre extérieur des pistons de commande pour les applications hydrauliques. Pendant le mouvement des axes de la machine - mais sans mouvement de l'axe rotatif - le contour extérieur de la pièce est capturé avec le plus grand nombre possible d'images. L'image globale générée par la superposition des images individuelles permet une évaluation rapide "dans l'image" avec une précision accrue.

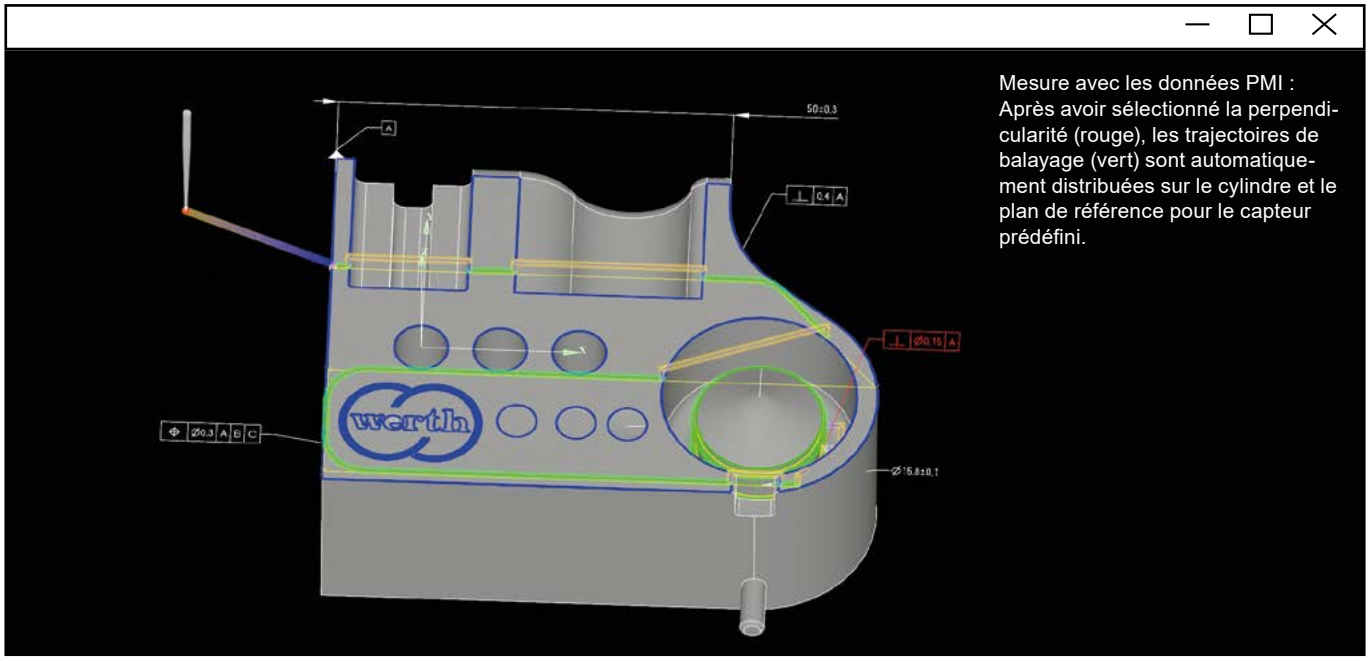
Pour mesurer la circularité, des images sont capturées pendant le mouvement de l'axe rotatif. À partir des images des différentes positions de rotation, des points de mesure sont déterminés dans chaque cas, qui sont ensuite calculés pour former un cercle. Avec jusqu'à 400 points de mesure par seconde et des erreurs de mesure de l'ordre de 200 nanomètres, la précision des machines de mesure de forme est atteinte avec un temps de mesure considérablement réduit.

Ainsi, les machines à mesurer tridimensionnelles Werth d'un nouveau niveau de performance permettent de résoudre des tâches de mesure qui, jusqu'à présent, ne pouvaient être réalisées sur des machines à mesurer tridimensionnelles conventionnelles.



RotaryScan HD avec capteur de traitement d'images et nouvel axe rotatif

# Nouvelle version de WinWerth® 9.44




Mesure avec les données PMI : Après avoir sélectionné la perpendicularité (rouge), les trajectoires de balayage (vert) sont automatiquement distribuées sur le cylindre et le plan de référence pour le capteur prédéfini.

La version 9.44 de WinWerth® comprend de nombreuses nouvelles fonctionnalités pour les machines Werth ScopeCheck®, VideoCheck® et TomoScope ®, et améliore également la facilité d'utilisation, la vitesse et la flexibilité. Un exemple est l'extension des fonctions PMI. Après avoir sélectionné la propriété géométrique, par exemple un écart de position, tous les éléments géométriques requis sont mesurés avec une distribution automatique des points. La valeur mesurée est éditée, y compris l'écart par rapport à la valeur nominale tirée du modèle CAO.

Les machines TomoScope® et les machines multicapteurs permettent des temps de mesure toujours plus courts. Pour permettre une évaluation en temps réel, même avec de grandes quantités de données, des fonctions d'évaluation parallèle des données de mesure avec plusieurs ordinateurs ont été intégrées dans WinWerth®. Dès que l'évaluation en cours est terminée, le PC désormais libre récupère automatiquement la tâche suivante. Cela permet également d'organiser une mesure complète, y compris l'évaluation, dans des équipes sans personnel, la nuit ou le week-end.

Les écarts par rapport aux divers alignements locaux nominaux/réels de la pièce, même dans des états d'alignement différents, peuvent désormais être affichés simultanément sous forme de code couleur. Cette nouvelle fonction est adaptée aux pièces comportant plusieurs zones d'importance fonctionnelle dont les positions les unes par rapport aux autres peuvent s'écarter fortement de l'état nominal.

Le nouveau système Envelope Scanning qui suit l'arête de coupe permet de mesurer encore plus rapidement les contours de l'arête de coupe d'outils symétriques en rotation. Le capteur de traitement d'images suit l'arête de coupe respective à l'aide d'un mouvement synchronisé des axes de la machine.

Les machines TomoScope® fonctionnent efficacement avec des niveaux de grossissement calibrés en usine depuis leur lancement sur le marché en 2005. Désormais, l'opérateur de la machine peut régler en continu le grossissement de son choix et, sans étalonnage, commencer immédiatement une mesure. Le grossissement correct est automatiquement calculé pour la position actuelle de l'axe en utilisant une correction géométrique avancée. Cette flexibilité accrue permet également de gagner du temps de mesure.

WinWerth® est probablement le seul logiciel de mesure de coordonnées qui réunit toutes les fonctionnalités permettant de commander des machines à mesurer tridimensionnelles avec des capteurs optiques et tactiles ainsi que la tomographie assistée par ordinateur et l'évaluation des données associées. Par exemple, les modèles CAO, les volumes voxels, les nuages de points, les éléments de mesure et de calcul, les propriétés géométriques, les tracés de déviation avec colorimétrie et les images vidéo peuvent être affichés simultanément dans plusieurs vues. Les mesures peuvent être effectuées sur des sections de volume à l'aide du logiciel de traitement d'images ou des couches de n'importe quelle épaisseur peuvent être affichées pour mesurer par exemple des fils de liaison. Les fonctions de transfert, permettant par exemple d'étaler certaines plages de valeurs de gris pour un affichage plus détaillé, peuvent être enregistrées et rappelées. Toutes les fonctions sont également disponibles pour les séquences de mesure CNC.

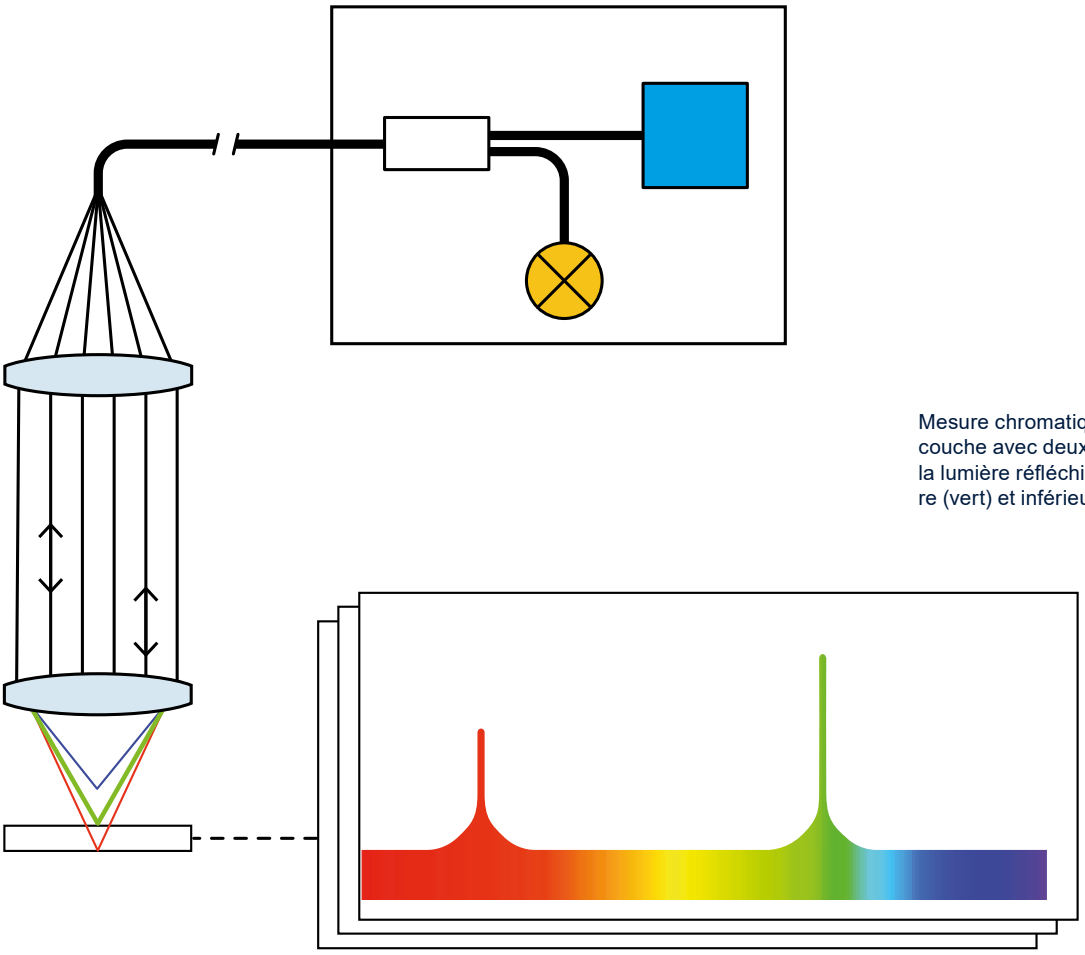
De nouvelles fonctions sont également intéressantes pour l'évaluation des mesures CT, comme la mesure de l'épaisseur de la paroi en 3D, qui permet d'inspecter très rapidement et facilement des bouteilles, par exemple, et la détection automatique des bavures avec un graphique de déviation à code couleur et des marqueurs d'analyse pour indiquer la longueur locale maximale des bavures tous les 0,5 mm, par exemple. Par comparaison avec une pièce maîtresse, les éléments manquants dans un assemblage peuvent également être identifiés automatiquement.

# Mesure rapide de l'épaisseur du revêtement avec un capteur chromatique

Les épaisseurs des revêtements qui peuvent être pénétrés par la lumière du domaine visible à l'infrarouge peuvent être mesurées avec le capteur ponctuel Chromatic Focus Point, le capteur linéaire Chromatic Focus Line et le multi-capteur Chromatic Focus Zoom (tête de palpage optique brevetée avec traitement d'image intégré et capteur de distance chromatique). Avec les capteurs ponctuels CFP et CFZ, l'épaisseur du revêtement peut être mesurée de manière spécifique à différents endroits de la pièce ou sous forme de balayage de contour avec une densité de points élevée sur toute la surface de la pièce. Le palpage linéaire du CFL permet d'obtenir des avantages en termes de vitesse de mesure par rapport au CFP et au CFZ. Le volume entre les bords du matériau peut également être calculé.

Avec le principe interférométrique, la plage d'épaisseur de revêtement mesurable est comprise entre 5 µm et 150 µm lorsqu'on utilise la lumière visible, et entre 30 µm et 10500 µm lorsqu'on utilise le rayonnement infrarouge. Dans le cas de la mesure chromatique, outre les mesures "dans l'image" dans la plage de mesure du capteur, c'est-à-dire sans déplacement des axes de la machine, la plage de mesure peut être élargie par des mesures "sur l'image" avec un réajustement correspondant des axes de la machine. Les résultats de la mesure dépendent de l'indice de réfraction des matériaux, qui doit donc être connu très précisément. Une autre possibilité est le calibrage direct de l'épaisseur du revêtement en utilisant d'autres méthodes métrologiques telles que le Werth Fiber Probe® ou la tomographie par ordinateur.

Les applications typiques de la mesure de l'épaisseur des revêtements sont les plaques de verre minces, les feuilles, les entrefers, les épaisseurs de peinture, les revêtements de protection sur les composants électroniques, les plaquettes, les membranes de haut-parleurs ou les cathéters à ballons.



Mesure chromatique de l'épaisseur de la couche avec deux maxima d'intensité pour la lumière réfléchie par l'interface supérieure (vert) et inférieure (rouge).

Étude de cas Werth

# Une qualité supérieure et une efficacité accrue

# Le mouliste par injection utilise une combinaison de technologies de capteurs optiques et tactiles

Afin de répondre aux exigences de qualité élevées de nombreuses pièces moulées par injection pour la technique médicale et de laboratoire ainsi que pour l'industrie automobile, TPK-Kunststofftechnik a investi dans une machine à mesurer tridimensionnelle multi-capteurs de Werth. Cette décision a permis à l'entreprise d'optimiser davantage l'ensemble de la chaîne de processus.

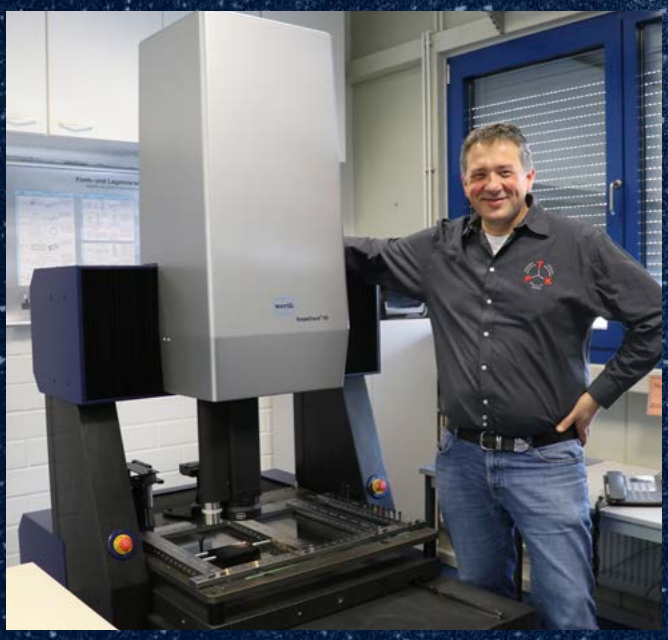
TPK-Kunststofftechnik, située à Nörten-Hardenberg près de Göttingen, est spécialisée dans la production d'articles en plastique et de moules à injection sophistiqués. Fondée en 1997 et dirigée par Werner Ternka et ses fils Heiko et Mario, l'entreprise familiale emploie une trentaine de personnes et couvre l'ensemble de la chaîne de processus : du conseil, de la conception, de la fabrication d'outils et de la production de prototypes au moulage par injection en série et à l'assemblage.

Les exigences en matière de qualité des pièces moulées par injection ont augmenté ces dernières années, souligne Mario Ternka, responsable du développement des produits, de la conception et de la fabrication des moules chez TPK-Kunststofftechnik : "Les données de dessin que nous recevons aujourd'hui de nos clients contiennent de nombreuses dimensions et tolérances qui ne peuvent pas être mesurées avec des appareils de mesure manuels conventionnels et des dispositifs de mesure plus simples, par exemple les tolérances de forme et de position, c'est-à-dire l'équerrage, le parallélisme et la planéité, ainsi que les tolérances de forme libre. Pour mesurer correctement ces critères, il faut d'une part du matériel adapté, mais aussi beaucoup de savoir-faire pour traduire les valeurs mesurées dans le langage de la fabrication de moules. Nous ne pouvons donc pas confier la mesure à un prestataire de services de métrologie."

## TPK répond à des exigences de qualité accrues grâce à une métrologie de pointe

TPK a donc décidé d'investir dans un équipement de mesure approprié. Sur la base d'un cahier des charges en 60 points, une équipe de spécialistes a évalué les offres de fabricants renommés d'équipements de mesure - et a décidé d'acheter une machine à mesurer tridimensionnelle ScopeCheck® FB 3D multi-capteurs de Werth Messtechnik. Sa conception, avec un pont fixe sur une base en granit et des guidages de précision mécaniques robustes, garantit une très grande précision, même lorsqu'elle est utilisée à proximité de la production. L'équipement comprend un capteur de traitement d'image avec Werth Zoom et une unité d'éclairage supplémentaire à anneaux multiples pour une détection rapide et fiable des bords, ainsi que le palpeur de scanning SP25. En outre, le RasterScanning est utilisé pour générer des images globales à haute résolution à partir d'images individuelles capturées pendant que le capteur est en mouvement. Ces images permettent ensuite d'effectuer des mesures de manière pratique. Pour la mesure optique rapide des surfaces, TPK a également investi dans le capteur de distance CFP, qui utilise l'aberration chromatique de lentilles spéciales pour des mesures extrêmement précises et largement indépendantes de la surface.

"En tête de notre liste d'exigences figurait la combinaison de capacités de mesure optique et tactile", expli-



Mario Ternka est enthousiasmé par le ScopeCheck® FB de Werth : "En particulier, nous n'aurions pas pensé que la précision et la vitesse des capteurs optiques étaient possibles auparavant."

que Ternka. "Et le capteur de distance optique devait fournir des résultats de mesure fiables pour des pièces très brillantes, transparentes, noires ou blanches."

Lui et ses collègues sont particulièrement enthousiasmés par la technologie de capteur optique du ScopeCheck® FB : "Nous n'aurions jamais pensé que la précision et la vitesse étaient possibles auparavant. Cela a été le facteur décisif en faveur du ScopeCheck. L'appareil peut également être programmé rapidement et facilement - après seulement une courte période de formation. La mesure et l'évaluation se déroulent alors de manière entièrement automatique."

## ScopeCheck® comme élément important de la chaîne de processus chez TPK

Le moulage par injection est un procédé de formage primaire dans lequel les critères de qualité tels que les tolérances de forme et de position, etc. sont beaucoup plus difficiles à respecter que dans l'usinage. Il requiert un grand savoir-faire en matière de fabrication et une chaîne de processus telle que celle que TPK a développée et continuellement optimisée ces dernières années.

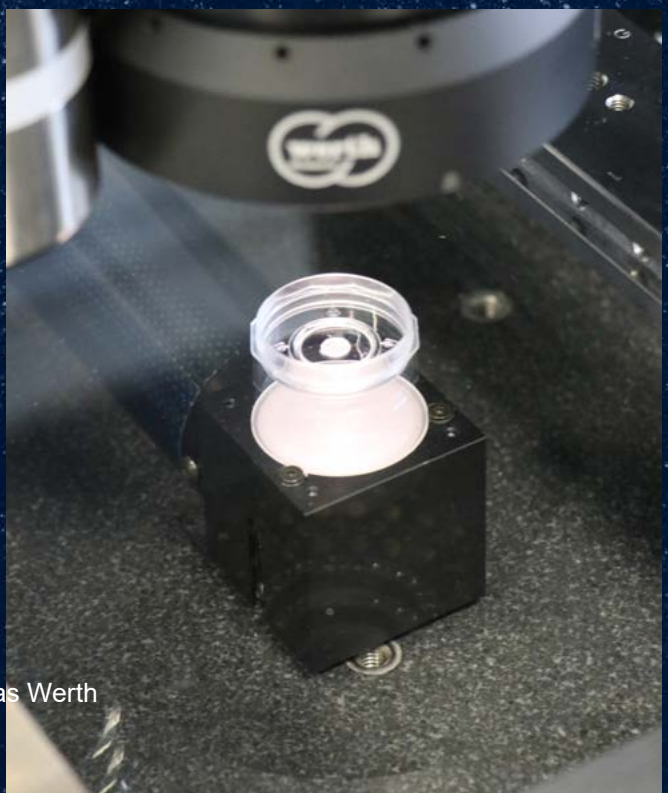
Au début de cette chaîne de processus se trouve le modèle CAO 3D. Avec celui-ci, les concepteurs créent un moule virtuel initial et une simulation de moulage par injection. Les résultats de l'analyse sont utilisés, d'une part, pour optimiser l'article et, d'autre part, pour améliorer l'outil de moulage. De cette façon, les ingénieurs en plastique tentent de contrer les difficultés du moulage par injection - surtout les distorsions causées par le retrait longitudinal et transversal. "Dès la conception du moule à injection, nous devons prendre en compte les voies d'écoulement du plastique, prévoir le contrôle de la température et les canaux de refroidissement, et planifier le démoulage et l'enlèvement de la pièce", explique Ternka. La simulation répétée fournit des informations sur le système de canaux chauds approprié, le point d'injection optimal, la position des canaux de refroidissement, les surépaisseurs, le bombage, et bien plus encore. Ce n'est que lorsque les spécialistes du moulage par injection sont sûrs que la conception du moule convient dans l'ensemble qu'ils fabriquent le moule en acier. Chez TPK, cela se fait principalement sur des machines-outils modernes, par exemple par fraisage et érosion à 5 axes.

Dans les cas simples, la précision dimensionnelle des outils de formage complexes est mesurée directement sur la machine-outil. Des mesures difficiles comme celle de la position d'un contour sur les bords extérieurs ainsi que la position d'évidements sur une poche ou de noyaux tournés, peuvent être effectuées par les outilleurs avec le ScopeCheck® FB de Werth et la combinaison de la technologie des capteurs optiques et tactiles.

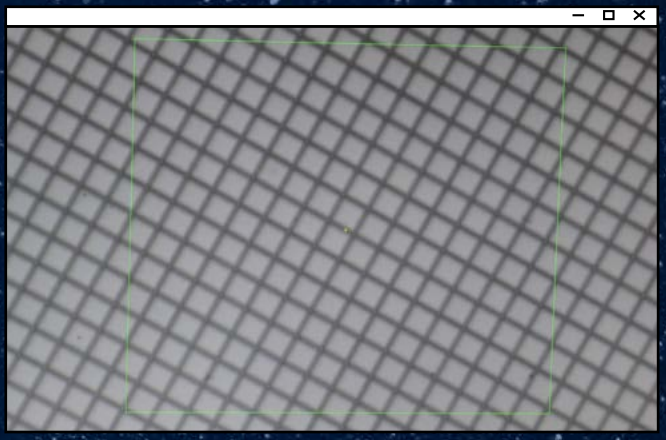
Une fois le moule prêt, il est échantillonné sur l'une des 15 presse d'injection avec des forces de fermeture allant jusqu'à 2 200 kN, puis optimisé dans l'atelier de moulage jusqu'à ce que le moulage par injection et le démoulage soient stables. Le concepteur TPK crée ensuite un programme de mesure sur une pièce échantillon injectée sur le ScopeCheck®, qui enregistre tous les critères décisifs. En fonction des résultats, d'autres modifications du moule sont décidées. À ce stade, nous parlons généralement de corrections de l'ordre de quelques dixièmes à centièmes de millimètre, qui sont nécessaires pour maintenir des tolérances très serrées", explique M. Ternka. Sans la précision de notre machine multi-capteurs, nous ne serions pas en mesure d'enregistrer de telles valeurs, ou seulement à grands frais."

## Ingénierie inverse pour la fabrication de moules

À titre d'exemple de ces retouches de haute précision, il cite la surface d'un composant médical qui doit présenter une planéité inférieure à 0,1 mm. Si cette tolérance ne peut être obtenue de manière fiable en ajustant le contrôle de la température ou d'autres paramètres de moulage par injection, TPK emprunte la voie de la correction minimale du moule. Tout d'abord, le collaborateur responsable mesure la zone concernée à l'aide du capteur chromatique Werth CFP. "Avec ce capteur optique, nous sommes également en



Cette petite boîte de Pétri contient des microcavités au fond pour l'analyse de cellules uniques, qui peuvent être détectées optiquement avec une précision de l'ordre du micromètre grâce au ScopeCheck®.



Voici les micro-cavités de la boîte de Pétri : Chaque champ ne mesure que quelques dixièmes de millimètre

mesure de détecter la planéité sur une polyligne, un processus qui était auparavant très difficile et chronophage", explique Ternka. "Lorsque nous passons le capteur sur la surface, nous obtenons rapidement une déclaration très précise sur la planéité de notre article."

Si, par exemple, une légère courbure due au retrait du matériau peut être détectée, le concepteur peut réinjecter les données de mesure dans le système de CAO et reproduire la surface incurvée sur la zone correspondante de l'outil de moulage. À partir des données CAO corrigées, il génère un programme FAO avec lequel ce bombage (c'est ainsi que l'on appelle une telle déformation bombée) est fraisé dans le moule. Après un nouveau moulage par injection, la planéité souhaitée est obtenue au fur et à mesure que le plastique se rétracte.

Un tel processus s'appelle la rétroconception. "En combinant les méthodes de mesure optique et tactile, nous pouvons également utiliser notre ScopeCheck pour capturer des pièces entières sous forme de nuage de points à des vitesses de mesure élevées et les réintégrer dans les données CAO. Nous avons toujours une demande pour cela", explique M. Ternka.

Le directeur général aimerait présenter une sélection des pièces sophistiquées moulées par injection produites par son entreprise, mais le devoir de confidentialité le freine. Il démontre donc les capacités de l'appareil de mesure Werth sur une plaque de culture cellulaire. Celle-ci est issue de la gamme de produits de Zell-Kontakt, filiale de TPK, spécialisée dans le développement et la production de produits de culture cellulaire et de laboratoire pour les techniques d'imagerie modernes et la microscopie. En outre, Zell-Kontakt propose des plaques de criblage pour la spectroscopie UV et des plaques à grande surface pour l'analyse des tissus.

## Mesures en minutes au lieu d'heures

Une plaque UV, telle que celle utilisée actuellement dans le cadre de la pandémie Covid 19 pour les mesures PCR, contient 96 puits dont la surface d'observation est constituée d'un film fin et transparent à haute transmittance dans le domaine UV.

Le couvercle contient également des anneaux de condensation qui doivent s'adapter exactement aux plaques multipuits. Ces anneaux empêchent la solution nutritive de s'évaporer pendant l'incubation, de sorte que sa concentration reste constante et que les cellules cultivées soient alimentées de manière optimale.

Cela signifie : les plus hautes exigences en matière de position, de circularité et de planéité, tant pour la plaque que pour le couvercle. En outre, lorsqu'on travaille avec des méthodes de microscopie ou de mesure automatisées, la planéité globale de la plaque de culture cellulaire joue un rôle important. "Les capteurs optiques ont la précision de mesure nécessaire et réduisent le temps requis pour mesurer ces pièces de plusieurs heures à quelques minutes seulement", se réjouit M. Ternka.

Avec ses collègues, il découvre encore de nouveaux domaines dans lesquels ScopeCheck® peut être utilement appliqué pour générer une meilleure qualité et une meilleure rentabilité. Ternka résume : "Nous sommes certains que la combinaison de capteurs optiques très précis et rapides avec la technologie des capteurs tactiles pour la mesure complète de différentes pièces continuera à nous ouvrir de nombreuses portes. Car avec ScopeCheck, nous sommes capables de saisir des critères là où d'autres échouent."

Une plaque de culture cellulaire, telle que celle utilisée actuellement dans le cadre de la pandémie Covid 19 pour les mesures PCR : Des tolérances serrées s'appliquent à la forme et à la position des 96 puits. Il en va de même pour les anneaux de condensation insérés dans le couvercle, qui doivent s'adapter exactement aux champs

Actualités sur la tomographie assistée par ordinateur

# Mesure rapide, précise et complète

Le nouveau tube de rayons X de 200 kV en conception monobloc est idéale pour mesurer les composants métalloplastiques, par exemple

# Tube de rayons X de 200 kV à faible maintenance, de conception monobloc

La technologie du tube à rayons X des appareils TomoScope® XS, qui a fait ses preuves, est désormais disponible avec une tension d'accélération de 200 kV et étend le champ d'application aux pièces à haute densité et aux longueurs de pénétration plus importantes. Le tube à transmission offre une haute résolution combinée à un temps de mesure court.

La nouvelle source de rayons X microfocus X-Tube µF 200T-80 a des puissances allant jusqu'à 80 watts avec des tailles de spots focals de quelques micromètres. La cible de transmission permet d'obtenir de petites tailles de spots focals même à des puissances élevées et donc des mesures rapides à haute résolution. Avec les tubes de rayons X de conception monobloc, le générateur de haute tension est situé directement sur le tube à rayons X, éliminant ainsi le besoin d'un câble haute tension vulnérable et nécessitant une maintenance importante. Les tubes des appareils TomoScope® XS sont également équipés d'une cible à longue durée de vie et d'un filament à longue durée de vie. Cela signifie qu'un seul entretien par an est nécessaire. La nouvelle source de rayons X étend la gamme d'applications des machines compactes, par exemple à des pièces telles que les connecteurs, les assemblages de capteurs, les implants articulaires et les lentilles de téléphones portables.

## Mesures rapides et à haute résolution avec un faible encombrement

Les longs intervalles de maintenance du tube de rayons X offrent de faibles coûts d'exploitation et une grande disponibilité. Le filament longue durée élimine la nécessité de changer le filament par l'opérateur ou lors d'un appel de service. La cible à longue durée de vie garantit un rayonnement radiologique de qualité constante. La conception monobloc nécessite beaucoup moins de maintenance que les tubes conventionnels avec câbles haute tension. Puisque des dispositifs périphériques tels qu'une armoire de commande et un générateur haute tension ne sont pas nécessaires, les dimensions extérieures de la machine à mesurer tridimensionnelle sont réduites et elle peut être installée partout dans l'entreprise. Toutes les machines Werth TomoScope® disposent d'un étalonnage conforme aux normes, avec en option un certificat DAkkS. La traçabilité aux normes internationales répond aux exigences de la norme IATF 16949.

La technologie du tube des machines TomoScope® XS offre des temps de mesure courts avec une haute résolution et une faible incertitude de mesure. Le nouveau tube possède la haute tension d'accélération requise pour les pièces à haute densité et les grandes longueurs de pénétration. Même les pièces et les assemblages multi-matériaux peuvent être mesurés avec succès.

**Note rapide**

### Système intégré de changement de pièces

Un système de changement de pièce (modèle utilitaire) intégré à la machine est désormais disponible pour toutes les machines CT compactes. Ce système ne nécessite donc aucune mesure de radioprotection supplémentaire et représente une alternative économique au chargement par robot. Les exemples d'application sont les mesures automatisées en ligne ou les équipes de nuit.

# Tomographie multi-capteurs - système de mesure à deux tubes, désormais également avec un tube sub-microfocus

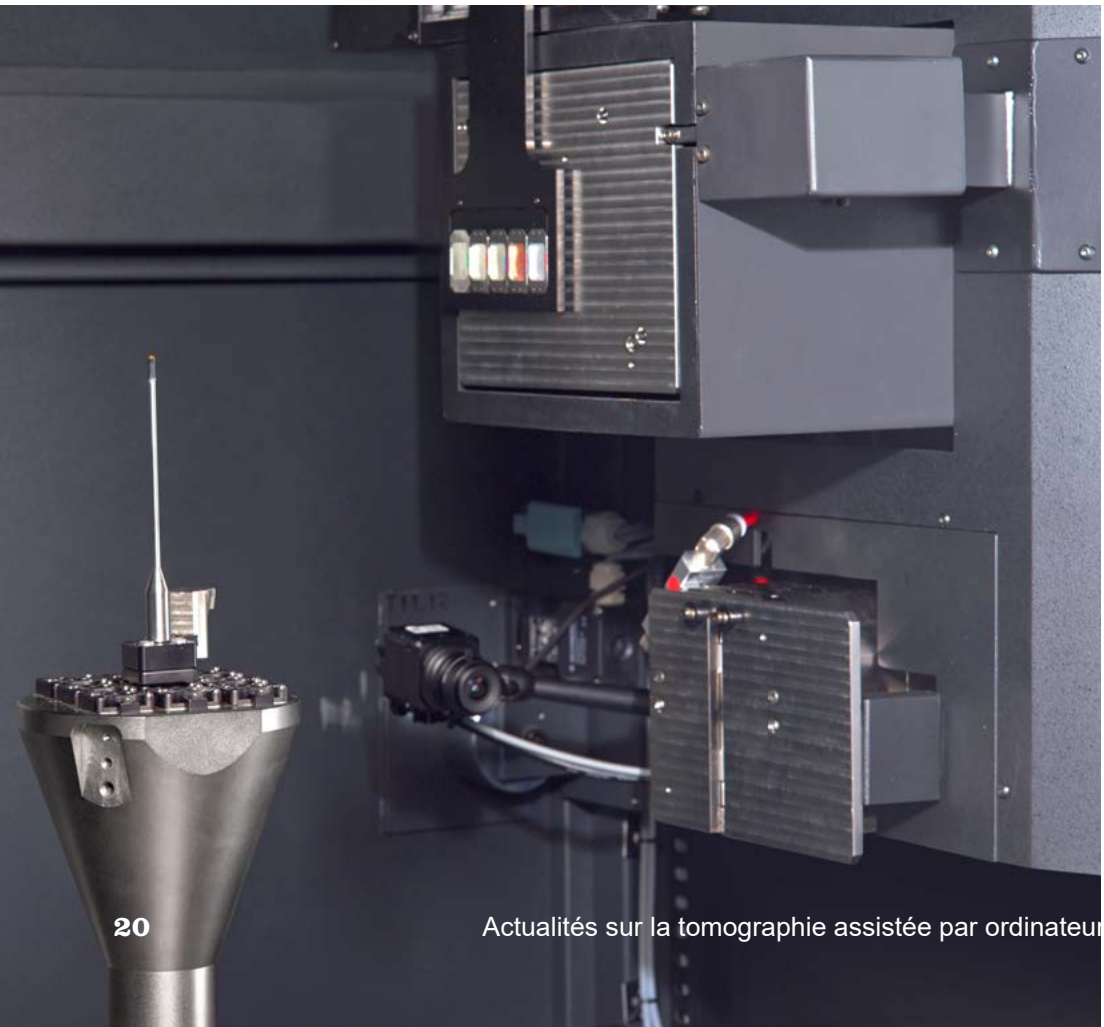
La combinaison d'un tube sub-microfocal à haute résolution et d'un tube microfocal à haute tension dans une machine à mesurer tridimensionnelle permet de nouvelles solutions pour une grande variété de tâches de mesure.

Le tube sub-microfocus augmente la résolution du système de mesure à deux tubes d'un ordre de grandeur, une résolution inférieure à un micromètre est atteinte. Le tube microfocus de 300 kV permet de mesurer des pièces de grande taille ou denses avec des résolutions de l'ordre de quelques micromètres. La machine est donc adaptée à des applications dont les exigences en matière de résolution varient considérablement et à des pièces de tailles et de matériaux différents. Presque toutes les tâches de mesure par tomographie assistée par ordinateur peuvent désormais être résolues avec une seule machine. En la combinant avec la tomographie par région d'intérêt (ROI-CT), il est également possible de mesurer plusieurs petits détails sur des pièces comparativement grandes (brevet). À cette fin, la tomographie d'ensemble est mesurée avec le tube microfocus, la ROI avec le tube submicrofocus en plus fort grossissement.

## Un duo puissant

Le tube microfocus permet d'atteindre des tensions allant jusqu'à 300 kV à une puissance maximale de 80 W et des tailles de spots focal de quelques micromètres. La cible de transmission permet d'obtenir des spots aussi petits, même à la puissance maximale. Ainsi, les pièces volumineuses ou denses peuvent être mesurées avec une résolution et une vitesse élevées.

Le tube submicrofocus a une tension maximale de 160 kV et une puissance allant jusqu'à 50 W. Avec une unité de focalisation supplémentaire, il permet d'atteindre une taille de spot la plus petite de 0,5 µm. La caractéristique donnée pour un appareil de tomodensitométrie est souvent la résolution dans l'image radiographique, qui ne correspond généralement pas à la résolution dans le volume, ou seulement une taille de voxel est donnée, qui peut être choisie pour être presque laplus petite par calcul. Il ne s'agit pas non



Système de mesure à deux tubes : tube microfocus (en haut) et tube submicrofocus (en bas)

plus d'une mesure de la taille de la structure réellement résolue. Avec le tube submicrofocus de Werth, la résolution dans l'image radiographique est de 0,5 µm.

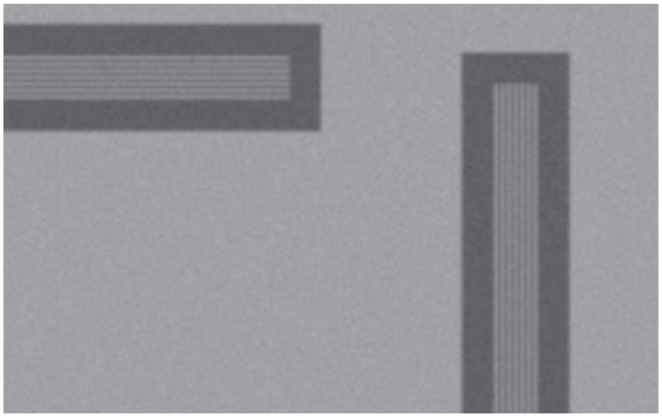


Image radiographique d'un standard de structure avec une largeur de ligne de 0,5 µm: La structure est résolue

La résolution effective d'une machine de mesure des coordonnées CT résulte principalement de l'effet combiné (convolution) des fonctions de résolution du

foyer, de l'axe rotatif et du détecteur, en tenant compte du grossissement. Par conséquent, la machine est également équipée d'un axe rotatif de haute précision dont les erreurs de battement radial sont inférieures à 0,2 µm. Ainsi, la résolution pratique de la structure volumique du système de mesure à deux tubes avec tube submicrofocus est d'environ 1 µm. Les applications du tube submicrofocus comprennent les mesures de matériaux filtrants, comme la structure des fibres, la mesure de la profondeur de pénétration des particules avec un affichage à code couleur, et la mesure des tailles de particules correspondantes.

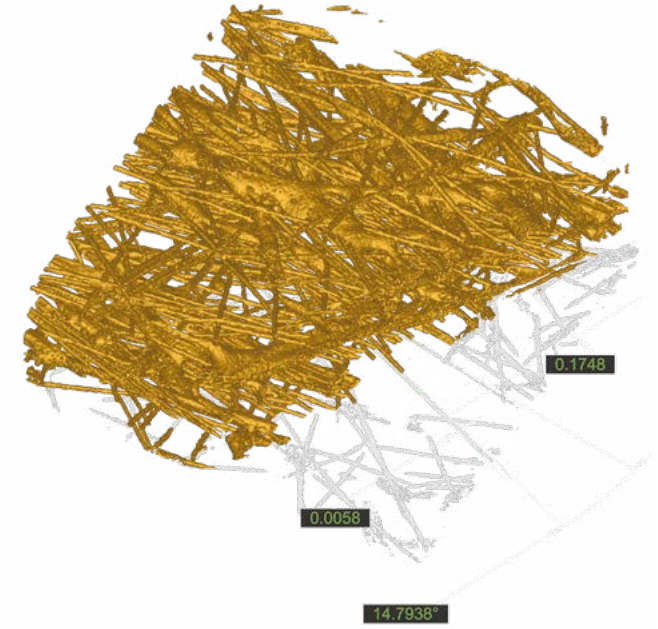
## Exigences

Même une dérive de moins d'un micromètre entraîne une perte significative de résolution. Il est donc nécessaire de capturer et de corriger la dérive pendant le scanne. Werth a de nombreuses années d'expérience dans ce domaine grâce à ses machines à mesurer tridimensionnelles multi-capteurs de haute précision. Pour le tube sub-microfocus, la procédure de détection de la dérive pendant le scan tomographique a été optimisée et une nouvelle procédure de test de revérification de la résolution de la structure volumique a été développée. De cette manière, il a été possible de prouver que la résolution théoriquement réalisable est effectivement atteinte et que les influences telles que la dérive sont négligeables selon la correction.

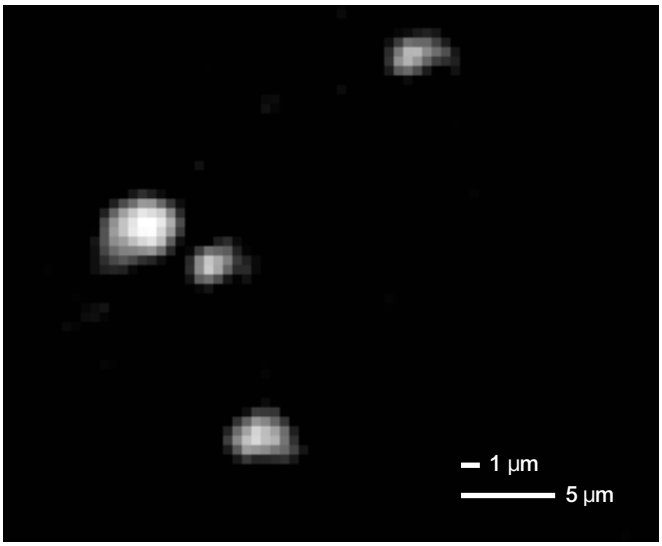
Un système de mesure à deux tubes peut être installé dans les machines TomoScope® L, XL et XL NC. D'autres capteurs, comme le capteur de point confocal chromatique pour les mesures optiques, peuvent être ajoutés, par exemple pour capturer rapidement des points de mesure sur la pièce dans des zones désignées ou pour des mesures de rugosité.

## Exemples d'application

Avec une machine à mesurer à deux tubes, il est possible de résoudre des tâches de mesure avec des exigences de résolution très variables ainsi que des tailles de pièces et des matériaux différents. Pour l'injection plastique avec des fibres composites, les caractéristiques géométriques peuvent être mesurées avec le tube microfocus, l'orientation des fibres, leur longueur et leur diamètre avec le tube sub-microfocus. Pour les pièces moulées sous pression, l'analyse des pores, des vides ou des fissures est idéale. D'autres applications peuvent être trouvées dans la recherche et le développement, par exemple.




Structure de fibre d'un filtre dont les dimensions sont de l'ordre du micromètre à un chiffre




Coupe transversale à travers le volume avec des particules d'acier de différentes tailles

# La tomographie assistée par ordinateur haute performance au prix des machines à mesurer tridimensionnelles tactiles ou multi-capteurs

Avec le TomoScope® XS FOV 500, Werth présente le quatrième membre de la famille des machines compactes TomoScope® XS. La nouvelle machine a été équipée d'un tube à rayons X puissant pour l'irradiation de pièces plus grandes et plus denses et la gamme de mesure a été étendue par de grands détecteurs. Les machines TomoScope® XS FOV sont probablement les machines à mesurer les coordonnées par tomographie à rayons X les plus rentables du marché. Pour un coût approximativement égal à celui des machines tactiles ou multi-capteurs conventionnelles, les possibilités de la tomographie à rayons X permettent d'obtenir des avantages économiques significatifs.

Le tube à rayons X sans entretien de conception monobloc a une tension de 160 kV et fournit des résultats de mesure rapides avec une puissance de 500 W. Le TomoScope® XS FOV 500 est donc idéal pour les mesures de pièces en plastique et en métal léger produites en grandes quantités. Plusieurs petites pièces, telles que des couvercles ou des engrenages en plastique, peuvent être mesurées ensemble à l'aide de montages appropriés.

## Mesures pendant la production

La nouvelle machine bénéficie d'une garantie de deux ans sur le tube à rayons X, sans limitation de poste, et permet également d'effectuer des mesures à proximité de la production ou en ligne grâce au fonctionnement OnTheFly et à la reconstruction en temps réel. Grâce au chargement du robot et aux interfaces avec la plupart des solutions logicielles, elle peut être entièrement automatisée et intégrée, et convient dans la configuration de base sans axes de mesure mobiles pour des pièces jusqu'à une taille d'environ 200 mm.

Le design compact correspondant aux systèmes de radiologie des cabinets permet une utilisation presque partout dans l'entreprise. Comme toutes les machines à mesurer tridimensionnelles pour la tomographie à rayons X de Werth Messtechnik, le TomoScope® XS FOV 500 possède également une spécification conforme à la norme basée sur VDI/VDE 2617. Le laboratoire d'étalonnage de Werth a été le premier et, jusqu'en 2018, le seul établissement de ce type à être accrédité pour l'étalonnage DAkkS des machines à mesurer tridimensionnelles équipées d'un capteur de tomographie à rayons X, conformément à la fiche 13 de VDI/VDE 2617.

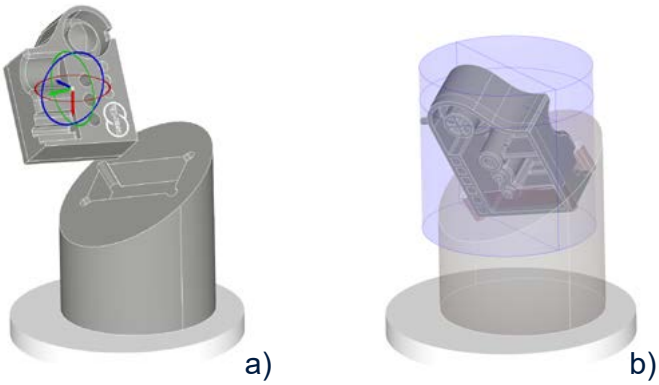
Le TomoScope® XS FOV 500 offre des résultats de mesure encore plus rapides pour les pièces plus grandes et plus denses.

# Simulation du processus de tomographie avec WinWerth® TomoSim

Jusqu'à présent, l'enseignement des évaluations basées sur le volume n'était pas possible sans une mesure réelle du test. Avec

TomoSim, il est pour la première fois possible de simuler le processus de tomographie hors ligne dans un logiciel de mesure de coordonnées à partir de données CAO ou d'un nuage de points au format STL. La simulation réaliste prenant en compte les paramètres tomographiques définis permet le calcul d'un volume incluant tous les artefacts essentiels. Par exemple, le programme de contrôle du premier article peut être crée parallèlement à la production de la première pièce et à la réalisation d'autres mesures sur la machine à l'aide du logiciel de mesure WinWerth® sur un poste de travail hors ligne. TomoSim permet ainsi d'accélérer le processus et de réduire les temps d'arrêt, par exemple pour les machines TomoScope® en fonctionnement multipostes.

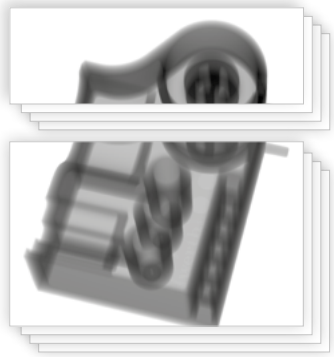
En plus de la création de programme et d'un contrôle de faisabilité achevés à temps pour la réalisation de la première pièce, la simulation du processus de tomographie permet de tester et d'optimiser les paramètres de la tomographie. À l'aide du volume simulé, il est possible de détecter les artefacts importants, dus par exemple au durcissement du faisceau ou à un nombre trop faible d'itération de rotation, et, si nécessaire, de sélectionner une correction d'artefact appropriée. Autre nouveauté : la programmation hors ligne complète des évaluations basées sur le volume, telles que la détection des bavures, l'analyse des vides, l'analyse de la porosité, la reconnaissance de texte, le SurfaceScan prédéfini ou en sections de volume.




Représentation de l'axe de rotation avec la prise de pièce et la pièce à mesurer a) ainsi que du cylindre de mesure avec RasterTomographie b), simulés par TomoSim.

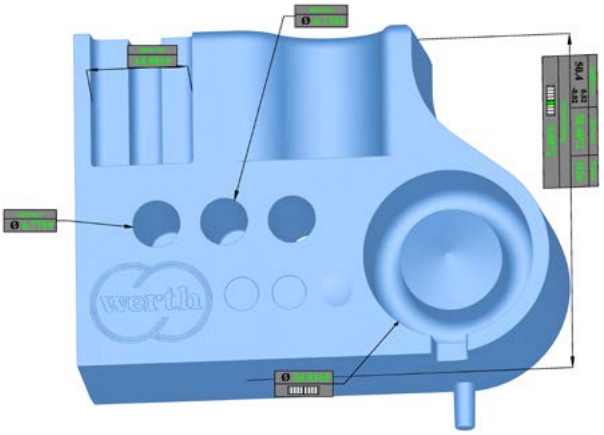
Une simulation basée sur les modèles CAO ou les nuages de points STL et le matériau de la pièce est également possible pour les mesures multiples et la mesure simultanée de différentes pièces. Le fonctionnement correspond à celui d'un processus de mesure réel. Vous sélectionnez le grossissement, si nécessaire des méthodes de mesure spéciales comme le Multi-ROI-CT breveté, et les paramètres du CT. Après le démarrage de la simulation, l'acquisition de la pile d'images est simulée et, comme dans un processus de mesure réel, le volume est reconstruit en parallèle.

Images d'intensité simulées dans les deux positions de scan



Volume avec et sans artefacts

Nuage de points à partir d'un volume corrigé avec évaluation dimensionnelle

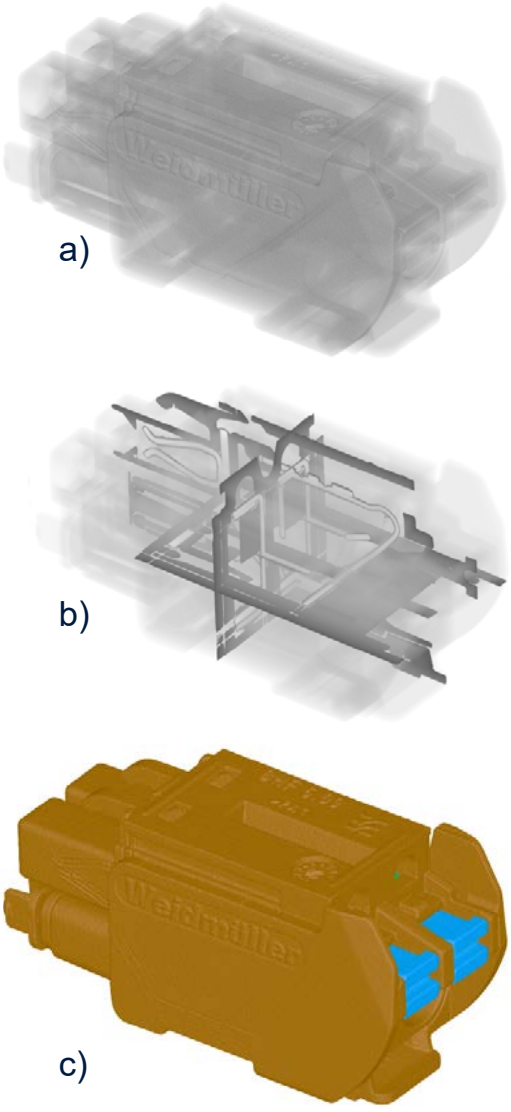


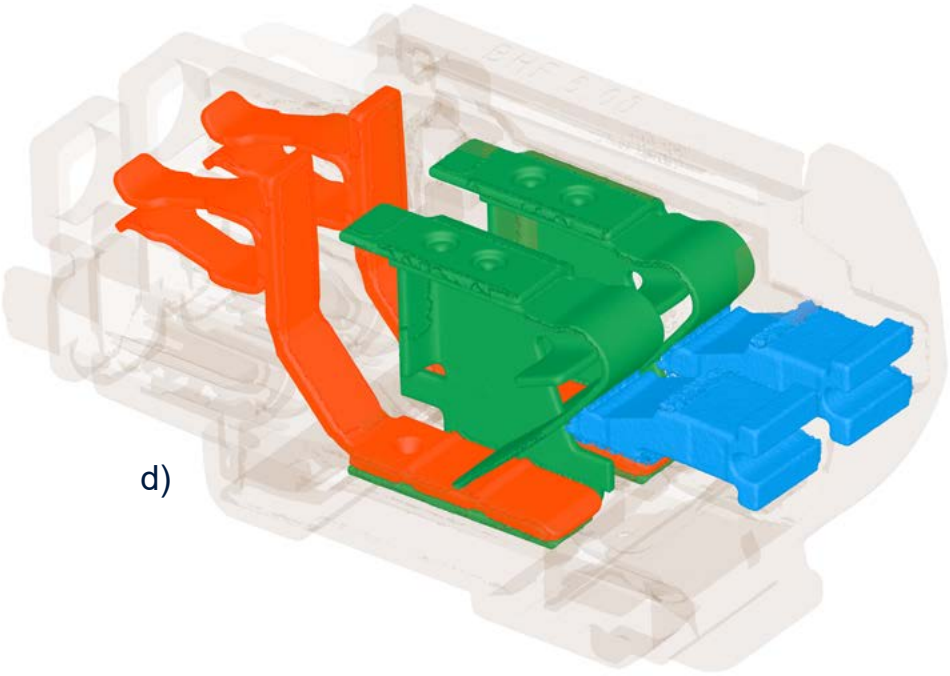
# WinWerth® MultiMaterialScan

WinWerth® MultiMaterialScan permet le calcul automatique et précis au niveau des sub-voxels de nuages de points STL séparés par matériau à partir de données volumiques CT, par exemple pour les composants plastiques et métalliques des connecteurs.

Les algorithmes conventionnels permettent une détermination automatique et suffisamment précise des points de surface sans information préalable sur la pièce (par exemple, un modèle CAO ou un nuage de points STL d'une pièce maîtresse) uniquement pour la mesure d'objets composés d'un seul matériau. Avec le nouveau WinWerth® MultiMaterialScan, un nuage de points de mesure distinct est désormais automatiquement calculé pour chaque matériau, même pour la mesure d'objets composés de plusieurs matériaux qui s'atténuent très différemment. Les applications typiques sont, par exemple, les assemblages moulés en plastique tels que les connecteurs ou les têtes de pompe avec les composants métalliques intégrés correspondants.

Les matériaux à prendre en compte par l'algorithme peuvent être définis par l'opérateur en fixant simplement des fenêtres de mesure dans la section volume. Les valeurs de gris contenues dans les fenêtres de mesure sont automatiquement affectées au matériau respectif. Cette affectation peut être testée et, si nécessaire, ajustée à l'aide d'un aperçu avec marquage coloré des matériaux.




Volume d'un connecteur a), sections de volume b), nuage de points du boîtier en plastique c) et nuages de points des différents composants métalliques d)

# Tomographie des pièces avec un grand rapport d'aspectis

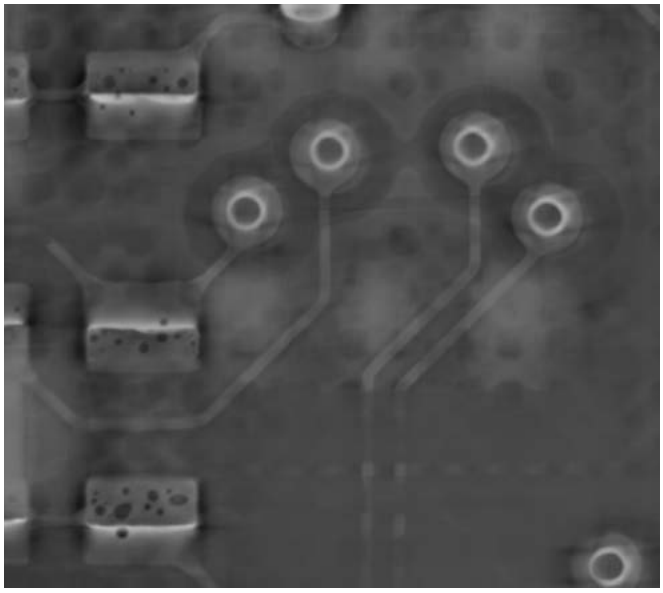
Pour obtenir une haute résolution, la distance entre la pièce et le tube à rayons X doit être très faible. Si des pièces plates et de grande taille, telles que des cartes de circuits imprimés, doivent être tomographiées, le rapport d'aspect élevé entraînerait une collision de la pièce avec la source de rayons X lorsqu'elle est tournée pour acquérir les images radiographiques. Une solution est offerte par la laminographie oscillante et planaire, dans laquelle la plage angulaire pour la capture des images radiographiques est fortement réduite ou le mouvement a lieu uniquement de manière planaire.

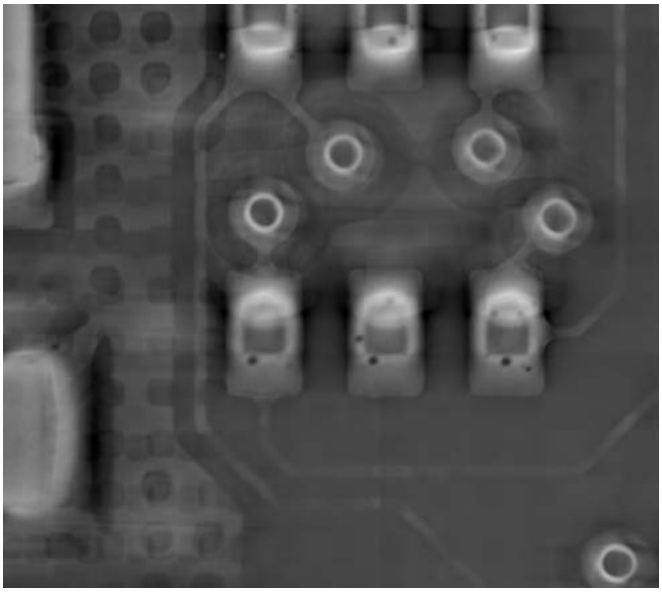
Dans le cas de la laminographie oscillante, la pièce est tournée uniquement dans une certaine plage angulaire, par exemple ±20 degrés. Pour la laminographie plane, la pièce est déplacée à travers le faisceau de rayons X tandis que le détecteur et le tube à rayons X se déplacent dans des directions opposées. En raison de la forme conique des rayons X, l'angle de transmission change au cours du processus. Cette rotation virtuelle de la pièce fournit suffisamment d'informations pour reconstruire le volume de la pièce. La résolution latérale dans les différents plans de mesure est très élevée, définie par le grossissement sélectionné. La résolution axiale est plus faible, ce qui n'est généralement pas un problème dans les applications 2D.

En laminographie planaire, la rotation de la pièce est remplacée par le déplacement du tube à rayons X, de la pièce et du détecteur dans des directions différentes.

La laminographie est utilisée, par exemple, pour l'analyse et la mesure de circuits imprimés et d'assemblages électroniques, l'analyse d'échantillons archéologiques, la mesure en 2D de grandes feuilles de métal ou de pièces plastiques plates, et la mesure de plaques bipolaires.

Un exemple d'application typique de la laminographie est l'inspection de la mise en contact de cartes de circuits imprimés sur différents plans



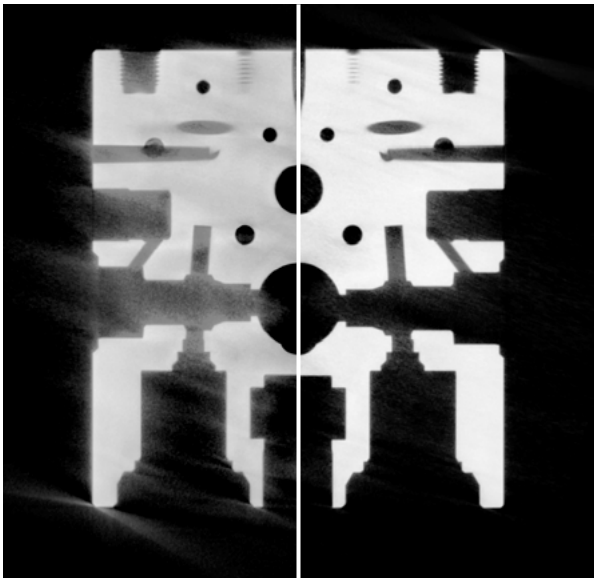


# Corrections d'artefacts WinWerth® - aperçu des nouveautés

Lors de la mesure par tomographie assistée par ordinateur, des erreurs systématiques de mesure du volume, appelées artefacts, se produisent par principe. Les méthodes de correction intégrées dans le logiciel de mesure WinWerth® permettent de réduire considérablement les artefacts et d'augmenter en conséquence la précision de la mesure.

La correction empirique des artefacts EAK est une méthode éprouvée pour réduire les artefacts causés par le durcissement du faisceau et le rayonnement diffusé. Pour les objets de mesure d'un matériau et d'une densité, la relation entre l'atténuation du rayonnement X par l'objet de mesure et la longueur transmise peut être décrite par une courbe caractéristique. Cette relation est déterminée expérimentalement sur un échantillon de matériau étalonné ou sur la pièce elle-même. La courbe caractéristique peut être utilisée dans une mesure ultérieure pour réduire fortement le durcissement du faisceau et certains artefacts du faisceau diffusé. Cette méthode a fait ses preuves pendant de nombreuses années d'application, mais atteint ses limites pour certaines tâches. Des méthodes plus récentes décrites ci-dessous permettent de réduire spécifiquement les artefacts causés par différents effets physiques.

Correction empirique des artefacts: volume sans (gauche) et avec correction (droite)

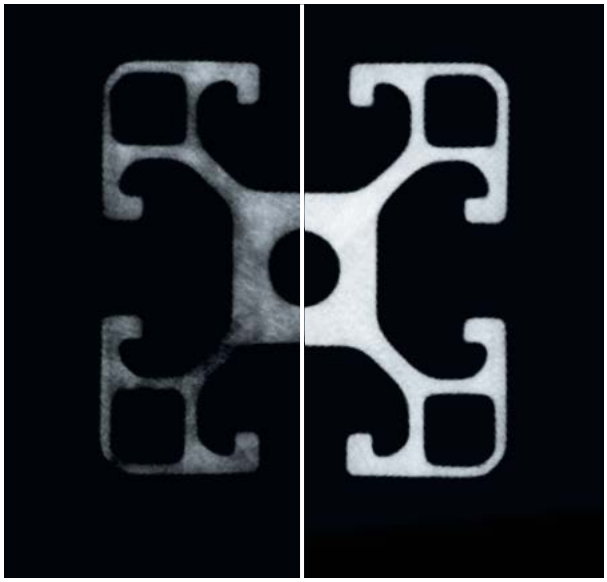


### Pièces de grande taille et denses

Le rayonnement diffusé généré dans l'objet mesuré provoque la mesure de valeurs d'intensité falsifiées, ce qui entraîne des artefacts dans le volume. Ces artefacts de rayonnement diffus sont simulés à l'aide d'un volume provenant de la mesure d'une pièce maîtresse, puis utilisés pour corriger le volume.

Le rayonnement diffusé résulte de la dispersion des photons de rayons X dans la pièce en raison de l'effet Compton. Ce phénomène se produit notamment lors de la tomographie d'objets relativement grands constitués de matériaux denses et difficiles à pénétrer. À faible grossissement ou à courte distance entre la cible et le détecteur, une grande partie du rayonnement diffusé résultant est détectée. La principale application de la correction de l'artefact de diffusion est donc la réduction des erreurs de mesure systématiques lors de la mesure de grands objets faits de matériaux très atténuants, par exemple les grandes pales de turbine, les blocs moteurs et les carters de boîte de vitesses.

Correction de l'artefact de diffusion: volume sans (gauche) et avec correction (droite)



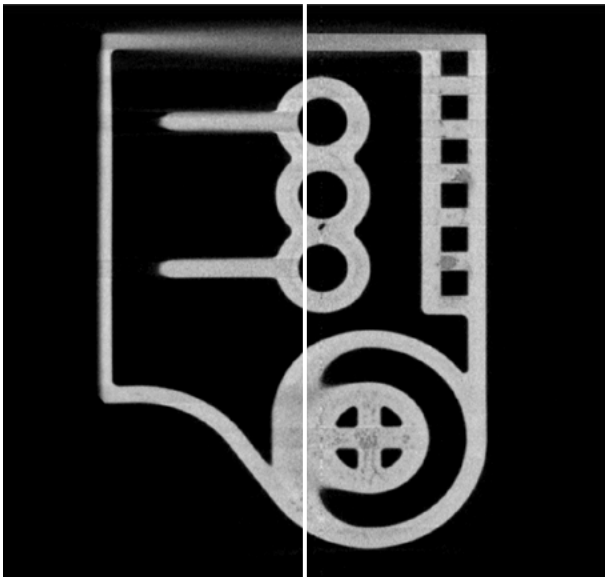
## Grand angle du faisceau conique

La tomographie avec un faisceau de rayons X de forme conique permet de réduire les temps de mesure en détectant simultanément de grandes surfaces de la pièce. Cependant, plus l'angle du faisceau conique augmente, plus la pièce est mal balayée. Une méthode brevetée permet de simuler les artefacts résultants du faisceau conique sur la géométrie de la cible et de les appliquer pour corriger le volume de mesure.

La correction peut être calculée par simulation sur le modèle CAO ou sur un nuage de points d'une mesure de pièce maîtresse de la pièce. Une fois calculée, la correction est applicable aux nuages de points de la même pièce ou d'autres pièces du même type, par exemple, dans une mesure en série. Les volumes peuvent également être corrigés. Le calcul de la correction est basé sur une simulation sur un nuage de points de la pièce mesurée.

En mesurant avec un angle de faisceau conique plus grand, il est possible de réduire le temps de mesure pour la même répétabilité ou d'améliorer la répétabilité pour le même temps de mesure. Ceci est possible en utilisant une plus grande partie de l'énergie de rayonnement disponible, par exemple en réduisant la distance foyer-détecteur (FDD) à la même échelle d'imagerie. Les artefacts du faisceau conique et les erreurs de mesure systématiques qui en résultent peuvent être considérablement réduits en utilisant la correction des artefacts du faisceau conique.

Correction de l'artefact du faisceau conique: volume sans (gauche) et avec correction (droite)

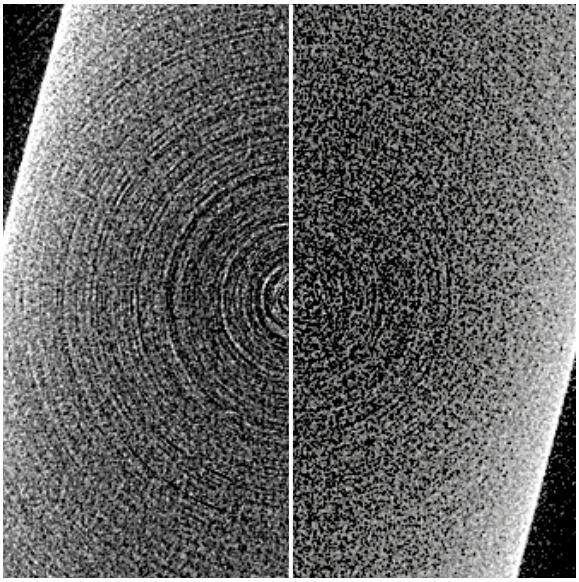


## Artéfacts d'anneaux lors de la mesure de matériaux à faible atténuation

La sensibilité détermine la conversion du rayonnement X en une intensité mesurée. En raison de différences de sensibilité non entièrement corrigées, la même intensité de rayonnement à deux pixels voisins entraîne des valeurs de gris plus sombres ou plus claires, respectivement. La rétroprojection de ces différences dans toutes les positions de rotation entraîne des artefacts en forme d'anneau dans le volume reconstruit.

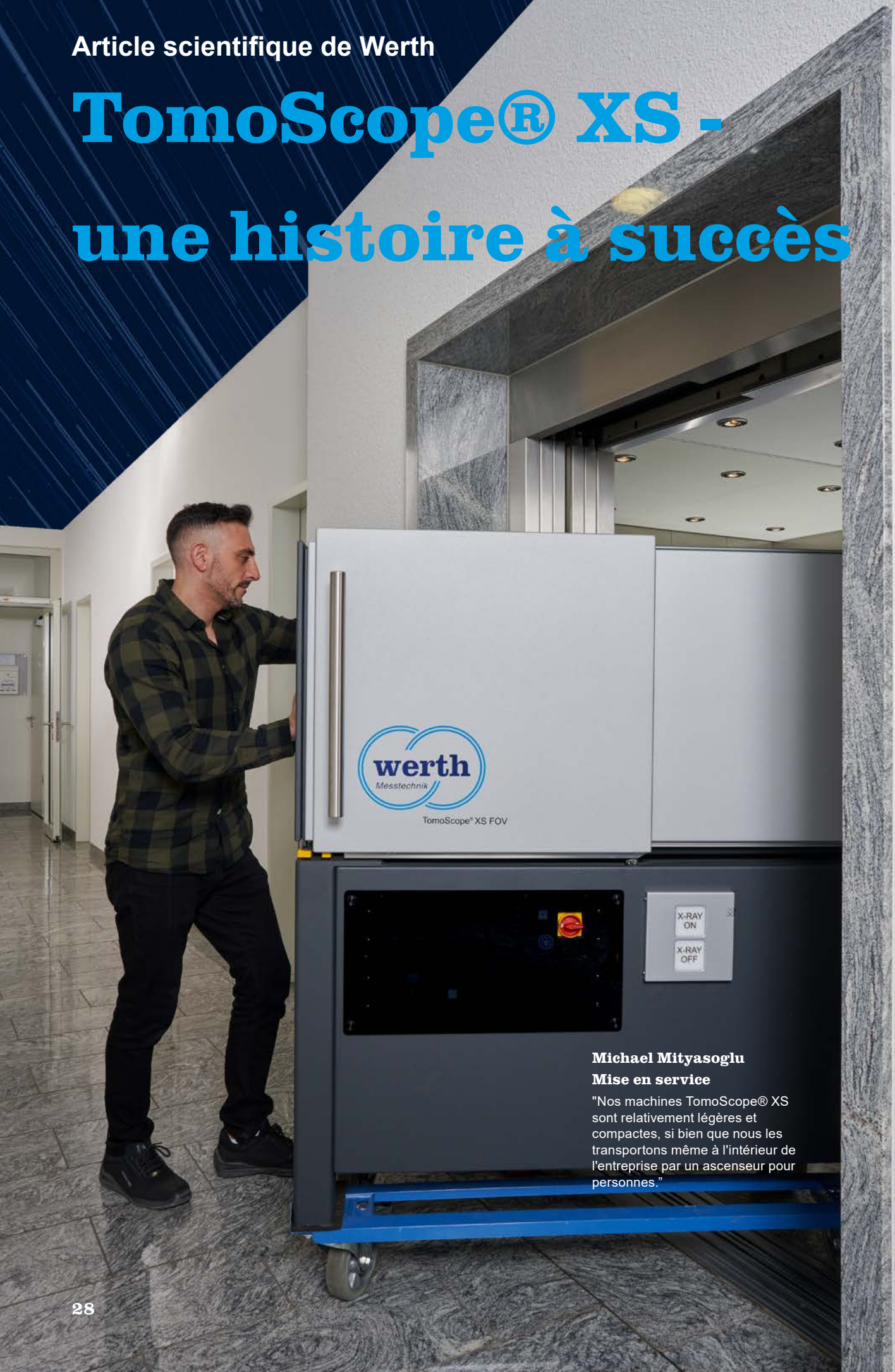
Avec la nouvelle correction des artefacts annulaires WinWerth®, les informations contenues dans les images d'intensité sur les différences de sensibilité entre les pixels sont déterminées à partir de la mesure actuelle et utilisées pour une correction fine des images. Dans le volume ainsi reconstruit, les artefacts annulaires sont fortement réduits. Ceux-ci sont plus perceptibles dans le cas de pièces faiblement absorbantes. C'est pourquoi l'utilisation de cette méthode de correction est particulièrement utile pour les mesures de pièces à faible capacité d'atténuation, telles que les micro-écrous en plastique, les échantillons de matériaux en mousse ou les boîtiers de lentilles pour smartphones.

Correction de l'artefact annulaire: volume sans (gauche) et avec correction (droite)



Article scientifique de Werth

# TomoScope® XS - une histoire à succès




**Michael Mityasoglu**
**Mise en service**

"Nos machines TomoScope® XS sont relativement légères et compactes, si bien que nous les transportons même à l'intérieur de l'entreprise par un ascenseur pour personnes."

# La tomographie assistée par ordinateur repousse les machines à mesurer tridimensionnelles conventionnelles

Il y a encore cinq ans, les machines à mesurer tridimensionnelles précises avec la tomographie assistée par ordinateur n'étaient disponibles que dans le segment de prix supérieur. Les machines compactes de la famille TomoScope® XS offrent la technologie de la tomographie assistée par ordinateur avec des performances et une précision élevées, au prix des machines à mesurer tridimensionnelles tactiles ou multicapteurs.

Avant 2017, les machines CT compactes n'étaient disponibles qu'avec des tubes avec une cible à réflexion dans un design fermé. Leur grand spot focal limitait la résolution et la précision en raison du flou géométrique. Bien que ces machines soient relativement peu coûteuses, elles entraînaient des coûts de maintenance élevés. La limitation des tailles des spots acceptables, qui n'étaient obtenues que lorsque la machine fonctionnait à très faible puissance, entraînait des temps d'exposition et donc de mesure élevés. Les spécifications conformes aux normes permettant d'évaluer les performances et de les comparer à celles d'autres machines faisaient souvent défaut.

Pour les machines de grande taille, les tubes avec des cibles à transmission avec une tension de tube pouvant atteindre 300 kV permettaient une résolution et une précision élevées. Cependant, ils étaient coûteux à l'achat et à l'entretien, et en raison de leur taille et de leur poids, ils étaient principalement utilisés dans des salles de mesure spécialement conçues.

Werth a reçu de nombreuses demandes de clients qui trouvaient la technologie CT très intéressante, mais ne pouvaient pas justifier économiquement l'investissement en raison des prix élevés. Ce fait a motivé l'équipe de développement de Werth à réfléchir dans de nouvelles directions. La condition préalable à l'introduction d'une nouvelle machine plus rentable était la nouvelle conception du tube, résultat d'un travail de développement intensif. Pour le nouveau TomoScope® XS, le tube, le générateur et la génération de vide ont été combinés dans un design monobloc ouvert. Cette conception permet de longs intervalles de maintenance avec une durée de vie pratiquement illimitée, car les pièces de rechange et d'usure peuvent être remplacées lors de la maintenance annuelle de la machine grâce à la conception ouverte. Pour l'utilisateur, cela se traduit par des temps d'arrêt courts et des coûts d'exploitation réduits. La nouvelle machine étant équipée d'un tube de transmission, la taille du spot focal reste petite même lorsque la puissance du tube

**Lea Simon, maître artisan industriel**
**Ligne de montage CT**
"Tout à coup, tous les clients voulaient un TomoScope® XS. Nous avons dû qualifier notre personnel très rapidement pour éviter de longs délais de livraison face à l'augmentation de la demande."

**Martina Müller**
**Dessinatrice technique**

"Le département d'ingénierie a été approché avec l'exigence de concevoir une enceinte de protection contre les rayonnements compacte et rentable."

**Adrian Schmidt M. Eng.**
**Designer**

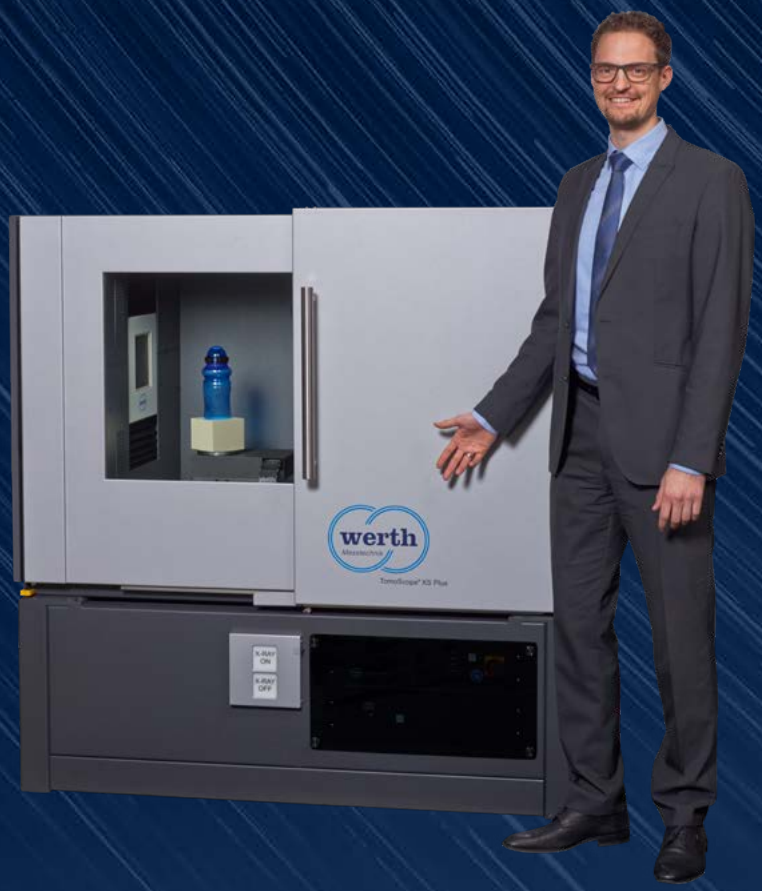
"La modularité était une exigence décisive. Les axes sont manuels ou entièrement commandés par CNC, selon les besoins. Des détecteurs de différentes tailles et des sources de rayons X avec une tension allant jusqu'à 160 kV et une puissance de 80 W peuvent être combinés dans la machine."“

est élevée. C'est un avantage important du TomoScope® XS, qui permet ainsi des mesures rapides avec une haute résolution.

Le nouveau tube à rayons X a été associé à un axe rotatif compact et précis sur coussin d'air et à un détecteur rapide. En outre, les dimensions réduites de la machine et la spécification de l'erreur de mesure de la longueur dans la plage inférieure du micromètre étaient cruciales. Des solutions de conception intelligentes ont permis de proposer la machine au même prix que les machines à mesurer tridimensionnelles tactiles ou multicapteurs conventionnelles.

Avec le TomoScope® XS, les machines à mesurer tridimensionnelles CT sont désormais accessibles à tous. La forte demande ne pouvait être satisfaite qu'en augmentant les capacités de production.

Environ un an et demi après l'introduction du TomoScope® XS, il est apparu que certains clients souhaitaient




**Ingénieur diplômé (FH) Tristan Schubert**
**Gestion des ventes CT**

" Avec le TomoScope® XS Plus, nous pouvons désormais mesurer des objets plus grands. Peu de temps après son introduction en 2019, il a eu encore plus de succès que son petit frère.”

**Ingénieur diplômé (FH) Michael Hammer**
**Développement de la tomographie à rayons X**

"Conformément à la tendance, un personnel qualifié approprié a été constitué dans le développement au cours des dernières années. Nous inventons constamment des fonctions logicielles très intéressantes en étroite collaboration avec nos clients, par exemple pour la mesure de l'épaisseur des parois en 3D, la détection des fissures et l'analyse des vides."

utiliser les avantages de la machine en conjonction avec une plus grande plage de mesure. Le concept de base a donc été élargi et deux axes supplémentaires ont été intégrés à la machine. Avec une plage de mesure multipliée par quatre, le nouveau TomoScope® XS Plus a atteint un rapport taille et poids/volume de mesure qui reste unique.

Dans le secteur du CT, la tendance était également de plus en plus aux mesures en cours de production. Pour les taux de cycle élevés, la vitesse de mesure des machines a dû être encore augmentée. Werth avait déjà atteint cet objectif avec les grandes machines TomoScope® FQ pour les mesures en ligne, par exemple, des pièces en aluminium moulé sous pression. Les machines sont équipées d'un tube macro-focus haute performance pour des mesures rapides avec une haute résolution du détecteur. Ce principe doit maintenant être transféré à une nouvelle machine compacte tout en répondant à des exigences de coût encore plus strictes.

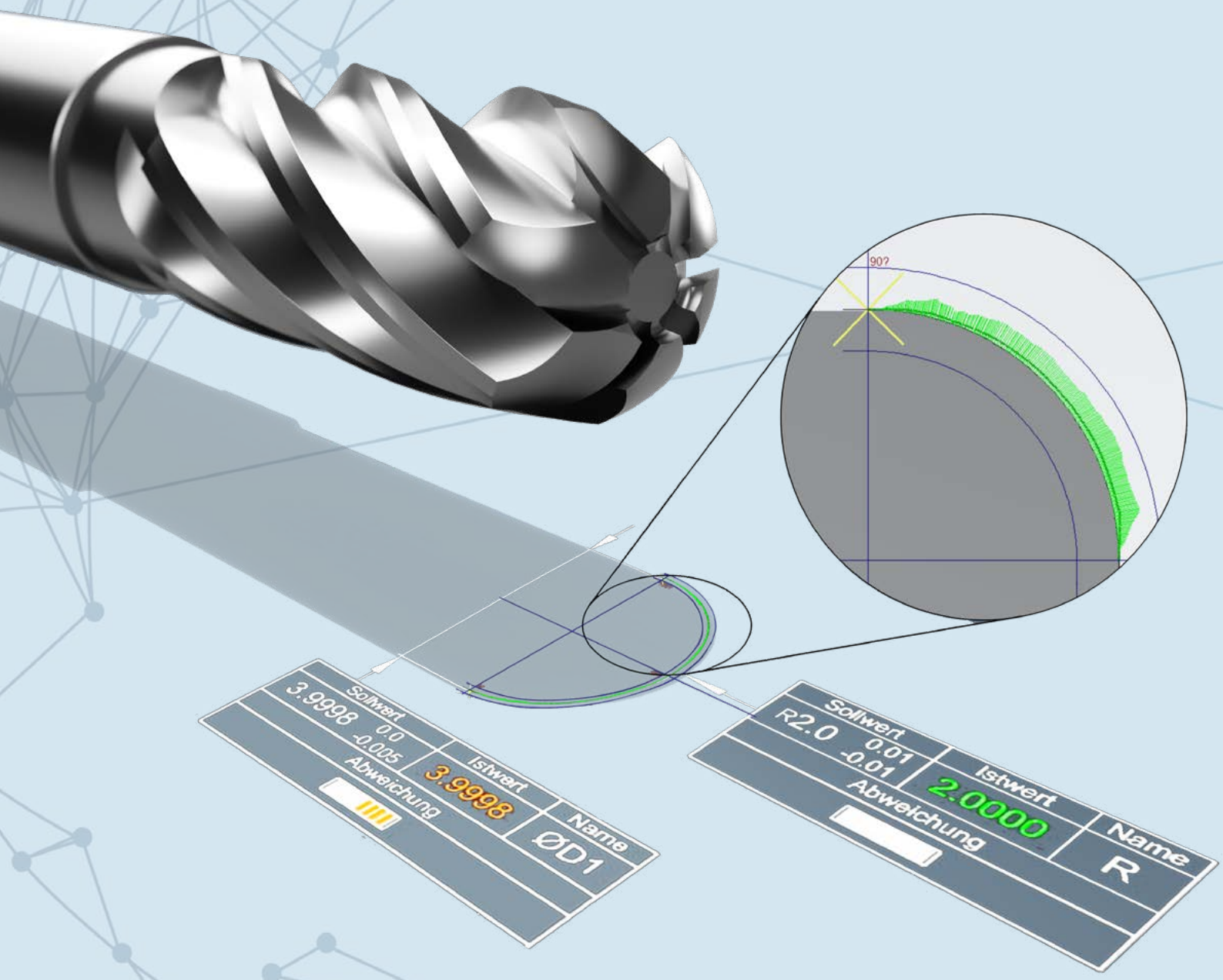
Par conséquent, le nouveau TomoScope® XS FOV a été introduit en 2020 sur la base éprouvée du TomoScope® XS. Le cœur du concept de la machine est un tube à rayons X à faible coût avec une tension maximale de 130 kV et des puissances allant jusqu'à 100 W. Cela a donné naissance à la machine à mesurer les coordonnées CT probablement la plus abordable du marché, dont le prix est souvent inférieur à celui des machines à mesurer les coordonnées 3D conventionnelles. Le TomoScope® XS FOV est la meilleure solution pour toutes les applications où la haute résolution du TomoScope® XS dans la gamme des micromètres à un chiffre n'est pas absolument nécessaire.

Après le lancement sur le marché du TomoScope® XS FOV, de nombreuses demandes sont venues du domaine d'application des mesures rapides accompagnant la production. À cette fin, le TomoScope® XS FOV 500 a été équipé d'un tube puissant afin de pouvoir mesurer et analyser rapidement des pièces plus grandes et plus denses.

**René Simon B. Sc.**
**Gestion de projets spéciaux**

"Nous observons clairement une tendance vers les solutions clés en main. Nous répondons aux exigences accrues en matière de rapidité des techniques de mesure, par exemple, avec plusieurs machines de mesure et ordinateurs travaillant en parallèle. Les processus peuvent être entièrement automatisés aujourd'hui."

# Orientation client, compétence et créativité



# Une attention toute particulière à la précision des outils

En 2009, Werth Messtechnik et mt microtool, fondées en 2003, ont fusionné leurs activités de mesure d'outils au sein de Werth Tool MT. Christopher Morcom est impliqué dans la mesure d'outils depuis 1990. Au départ, il a dirigé une entreprise dérivée d'un institut de recherche et de développement gouvernemental, axée sur les systèmes de mesure d'outils de haute précision. Il a ensuite développé cette société au sein d'un grand groupe allemand d'outillage. Après un rachat par la direction, il a fondé mt microtool et fourni des systèmes de mesure pour micro-outils à des entreprises de premier plan en Europe et en Asie, notamment au Japon. Les activités ont ensuite été étendues aux outils à pas et de forme plus grands.

Il était clair que le potentiel des machines à mesurer tridimensionnelles multi-capteurs de Werth, combiné au savoir-faire de mt microtool, fournirait des solutions qui n'étaient disponibles nulle part ailleurs sur le marché. Comme celles-ci ne se limitaient pas aux micro-outils, le nom de la société a été modifié pour devenir Tool MT.

## Le savoir-faire en matière d'outillage associé à une technologie de pointe

Entre-temps, de nombreux systèmes de mesure d'outils multicapteurs ont été installés dans le monde entier. Ils sont utilisés en particulier par les entreprises qui souhaitent mesurer de très petits détails et des géométries complexes ou qui ont besoin d'une précision qui n'est pas disponible autrement. L'une des raisons de ce succès est le logiciel spécial qui permet aux affûteurs d'outils d'effectuer des mesures rapides et précises sans avoir à créer des programmes complexes ou à connaître en profondeur le système de mesure. Les programmes de mesure sont générés automatiquement à partir des paramètres de l'outil ou des données CAO 3D.

L'équipe technique est dirigée par Ingo Heller, qui possède une longue expérience de la technologie d'application dans le domaine de la mesure d'outils. Il a repris la direction technique de Tool MT en 2018.

## Technologie multicapteurs - unique dans le domaine de la mesure d'outils

Ces systèmes sont uniques car ils proposent différents capteurs, qui sont combinés de manière optimale en fonction de leurs propriétés pour permettre une véritable mesure 3D des outils. Au cœur du système se trouve le traitement d'image de contour Werth, qui permet une mesure haute résolution des contours externes. La sonde laser Werth brevetée et les capteurs chromatiques permettent des mesures rapides et sans contact, même sur des outils polis ou diamantés. Les sondes de balayage sont utilisées pour mesurer les géométries de la goujure et de l'arête, et la sonde brevetée Werth Fiber Probe® est même utilisée pour les outils à fraise mère avec un module inférieur à 0,1 mm.

De cette manière, une présence significative sur le marché a été établie. Des outils d'un diamètre de 30 µm à 300 mm et plus sont mesurés, la plupart du temps à proximité de la production. Presque tous les types d'outils sont couverts, par exemple les plaquettes de coupe indexables et de forme, les outils de fraisage et de formage, les outils étagés, les alésoirs, les outils de rectification et les outils de coupe pour engrenages très complexes.

## Nouvelles technologies et domaines d'application

En 2023, Tool MT célèbre son 20e anniversaire. Le taux élevé d'innovation a permis à de nombreux produits uniques, tels que la machine à mesurer les outils NanoMatic, le dispositif rotatif d'outils V Pro et le nouveau Envelope Scanning, de suivre le fil de l'actualité. Les premières entreprises de technologie médicale utilisent déjà les machines à mesurer tridimensionnelles Werth TomoScope® avec tomographie assistée par ordinateur pour mesurer les outils chirurgicaux de manière rapide, précise et complète.

Le président de Tool MT Christopher Morcom M. A., M.B.A. avec le directeur technique Dipl.-Phys. Ingo Heller

# Montage des changeurs de pièces

### Que faites-vous en ce moment, Mme Simon ?

J'assemble notre nouveau système de changement de pièce dans le TomoScope® XS Plus. Avec mon équipe, nous équipons ensuite individuellement chaque système de mesure des coordonnées de tomographie assistée par ordinateur avec les accessoires commandés par le client. Pour garantir le bon fonctionnement ultérieur du changeur de pièces, toutes les stations de changement doivent être ajustées en conséquence. Nous vérifions les distances entre les stations de changement et l'axe de rotation à l'aide d'une cale-étalon, afin que les dispositifs de fixation puissent être retirés automatiquement par la suite.

### Quelle est votre formation ?

Je suis issu d'une famille d'artisans. Dès l'enfance, mes frères et sœurs et moi avons travaillé sur des motos avec notre père et notre grand-père, et nous les avons généralement remises en état de marche. C'est de là que vient mon affinité avec la mécanique. Au salon Chance, j'ai obtenu des informations sur les professions concernées, j'ai fait connaissance avec l'entreprise Werth et j'ai postulé sans plus attendre. J'ai pu raccourcir mon apprentissage de mécanicien industriel d'une demi-année et me suis immédiatement fixé de nouveaux objectifs. En plus de mon travail chez Werth, je suis devenu maître artisan industriel en cours du soir. Après avoir obtenu mon diplôme, j'ai été chargé de l'assemblage du CT. Dans cette fonction, je m'occupe de la planification du montage de mes collaborateurs et aussi de la communication au bureau d'études si je vois un potentiel d'amélioration des composants ou des processus.

### Qu'est-ce qui vous plaît le plus dans votre travail ?

Avec mon équipe, j'accompagne l'ensemble du processus de montage, du tout début jusqu'à la livraison au client. C'est extrêmement passionnant et stimulant, car cela me permet de découvrir la diversité des accessoires et toutes les combinaisons possibles. Dans le cas de nouveautés telles que le système de changement de pièces, je suis bien sûr présent lorsque les premiers systèmes sont montés et testés.

Toutes les machines Werth TomoScope® passent entre les mains de Léa Simon et de son équipe.

# Montage des paliers à air

### A quoi êtes-vous occupé, M. Fink ?

Lors du montage des paliers à air, il est important de savoir à quelle distance et dans quel alignement ils sont ajustés par rapport au rail de guidage, afin que les axes de la machine puissent ensuite se déplacer sur le coussin d'air. Sur le VideoCheck® FB, nous positionnons le coussin d'air à la distance exacte du granit à l'aide de têtes à billes sur des vis à filetage fin (appelées calottes). L'air circule alors à travers des trous extrêmement fins dans le coussinet. Un coussin d'air se forme, ce qui fait flotter le coulisseau. J'utilise un comparateur pour déterminer l'altitude de vol, qui est très importante pour le bon fonctionnement de la machine à mesurer. Les paliers à air sont également inspectés par notre service extérieur dans le cadre de la maintenance annuelle.

### Quelle est votre formation ?

Je voulais faire quelque chose de technique, avec mes mains, qui exigeait des compétences et offrait de la variété. Au cours de mes recherches, je suis tombé sur Werth et j'ai commencé un apprentissage de mécanicien industriel spécialisé dans la mécanique et les installations. Mes premières tâches consistaient à monter de petits ensembles tels que divers entraînements, puis j'ai été autorisé à monter des ensembles plus complexes. Une fois mon diplôme validé, j'ai été initié à l'assemblage des machines. On commence par un ScopeCheck® S, puis on découvre progressivement les différents types et familles de machines. Entre les deux, il y a toujours des commandes individuelles ou des productions spéciales, par exemple pour le développement. Parfois, je suis même autorisé à aider à installer les capteurs, mais il faut plusieurs années d'expérience professionnelle pour l'assemblage des capteurs.

### Qu'est-ce qui vous plaît le plus dans votre travail ?

J'aime aider à l'assemblage des grandes machines TomoScope ® L et XL. Mais j'aime aussi travailler sur la machine de tournage et de fraisage. Là, par exemple, je fabrique et usine des pièces individuelles et des accessoires pour des machines ou des capteurs plus spécialisés, comme les machines complexes à 6 axes ou notre sonde interférométrique Werth WIP. J'espère vivement que je serai embauché à l'issue de mon apprentissage et que je pourrai continuer à soutenir la production.

Niklas Fink est un apprenti de quatrième année.

# Werth Messtechnik et la normalisation internationale

Pour un échange mondial de marchandises, les fabricants et les acheteurs doivent se mettre d'accord sur les conditions. Cette tâche est facilitée si les mêmes spécifications s'appliquent dans tout le pays, voire dans le monde entier. C'est la tâche des organismes de normalisation de définir ces spécifications.

La normalisation transnationale est principalement assurée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Au niveau national allemand, les tâches sont effectuées par l'Institut allemand de normalisation (DIN) et l'Association des ingénieurs allemands (VDI). Le VDI rédige des directives sur des problèmes techniques. Le DIN et l'ISO, ainsi que les organisations correspondantes dans d'autres pays, comme l'ASME ou l'ASTM, publient des normes, axées par exemple sur les tests d'acceptation et de revérification des systèmes de mesure des coordonnées.

Les paramètres définis dans les normes (également appelées spécifications) caractérisent les performances de base de la machine et permettent ainsi aux clients potentiels d'effectuer une première comparaison de différentes machines à mesurer tridimensionnelles et, avec d'autres critères (coûts, disponibilité, etc.), de se décider en faveur d'une machine ou d'un type de machine. Les spécifications les plus importantes dans la technique de mesure des coordonnées sont l'erreur maximale tolérée de mesure de longueur (MPE E) et l'erreur maximale tolérée de palpage (MPE P). L'erreur de mesure de longueur décrit le comportement de la machine dans tout le volume de mesure, l'erreur de palpage est essentiellement déterminée par le comportement du capteur utilisé. Sur la base de ces paramètres, la série de normes ISO 10360 fournit des règles claires pour les essais d'acceptation et de revérification. Si la norme pertinente fait partie des termes du contrat, le client peut être sûr que la machine de mesure fonctionnera effectivement dans le cadre des spécifications indiquées. Le certificat délivré par l'organisme national d'accréditation allemand (DAkkS) sert de preuve de l'application correcte des normes, par exemple dans le laboratoire d'étalonnage de Werth. L'utilisation détalons décrit dans les normes garantit la traçabilité des machines à mesurer par rapport aux normes nationales et internationales. En outre, les procédures de détermination de l'incertitude de mesure sont décrites et accompagnées d'informations générales sur les différentes technologies de la métrologie des coordonnées.

## Les personnes à l'origine des normes

Les directives VDI et ISO n'existaient initialement que pour les capteurs tactiles, même si les premières machines à mesurer tridimensionnelles comprenaient une technologie de capteurs optiques. Depuis le début des années 1990, les directives relatives aux essais de réception et de revérification des machines à mesurer tridimensionnelles avec traitement d'images (VDI 2617-6.1), des capteurs de distance optiques (VDI 2617-6.2) et des systèmes multicapteurs (VDI 2617-6.3) ont été élaborées avec la participation importante du Dr Ralf Christoph, actionnaire et directeur général de Werth Messtechnik GmbH.

Les normes internationales sont élaborées conjointement par des représentants de différents pays. Grâce à la participation active de Werth, il a été possible d'intégrer une grande partie du contenu des directives VDI dans les normes ISO correspondantes 10360-7 pour le traitement de l'image, 10360-8 pour les capteurs optiques de distance et 10360-9 pour les systèmes multicapteurs. Conformément à l'accord de Vienne, les pays membres de la Communauté européenne sont tenus d'adopter les normes ISO au niveau national, dans le cas de l'Allemagne, en tant que normes DIN. Les directives VDI originales sont alors retirées (VDI 2617-6.3) ou remaniées en tant que directives d'application pour l'application des normes ISO ou DIN avec des instructions supplémentaires (VDI 2617-6.1 et VDI 2617-6.2).

Ingomar Schmidt, responsable de la normalisation et des droits de propriété industrielle chez Werth, dirige les travaux nationaux dans le domaine de la tomographie numérique dimensionnelle en tant que président du comité technique VDI 3.33 correspondant et représente, avec d'autres experts allemands, la position de l'indus-

trie allemande au sein du comité ISO TC213 WG 10 responsable. Développée au sein du comité technique VDI 3.33, la directive VDI 2617-13 sur les essais de réception et de revérification des machines à mesurer tridimensionnelles avec capteur de tomographie assistée par ordinateur (CT) a été publiée en 2011. En 2012 déjà, le transfert en une norme ISO a commencé. Celui-ci n'a pas été achevé à ce jour, car les avis divergent sur la question de savoir si les spécifications doivent décrire la "meilleure" performance des machines pour des tâches de mesure sélectionnées ou la pire performance imaginable (ce qu'on appelle le pire cas). Si les spécifications sont testées sur des pièces relativement "simples" telles que des étalons multisphères, les performances des machines peuvent être démontrées dans de bonnes conditions et la comparabilité avec les systèmes de mesure de coordonnées équipés d'autres capteurs peut être réalisée. Du point de vue du comité VDI, il s'agit de la spécification de base la plus importante. Cependant, pour les systèmes de mesure de coordonnées avec CT, le matériau et la géométrie de la pièce peuvent également avoir une grande influence sur l'incertitude de mesure, en particulier pour les pièces métalliques ou multi-matériaux. Dans ce cas, les incertitudes de mesure pour les mesures sur des pièces réelles peuvent différer considérablement des spécifications de base de la machine. Cette incertitude de mesure spécifique à la tâche de mesure fait partie de la capacité du processus de mesure et est couverte par des directives et des normes distinctes.

Werth est particulièrement impliqué dans la normalisation de la technologie de mesure des coordonnées avec l'optique, la tomographie assistée par ordinateur et les systèmes multi-capteurs. Cela inclut la participation à des réunions et à des sessions de travail au niveau national (VDI, DIN) et international (ISO) ainsi que des discussions bilatérales avec des parties prenantes internationales.

**En participant aux comités de normalisation, Werth façonne activement l'avenir de la métrologie des coordonnées.**

# Nouvelles en bref

### Notre nouveau site web

Depuis le printemps 2022, notre nouveau site web est en ligne. Avec le slogan "Informatif, moderne et réactif", nous aimerions vous présenter notre nouvelle page d'accueil. Laissez-vous séduire par le nouveau contenu et la navigation intuitive. Trouvez la machine à mesurer adaptée à votre application ou à votre secteur d'activité. Apprenez à connaître notre entreprise et son histoire ou obtenez des connaissances spécialisées dans nos rapports d'utilisateurs, nos conseils pratiques et nos articles techniques.

En outre, vous pouvez vous renseigner sur les possibilités de carrière et les événements organisés par Werth Messtechnik GmbH. Nous nous réjouissons de votre visite.

### Werth Inc. renforce son équipe

Après environ 15 ans de service chacun pour Werth Inc, Ralf et Marion Herzog ont cédé la direction de l'entreprise à Dean Whiteside. Il a plus de deux décennies d'expérience dans la gestion de la qualité et l'application des machines à mesurer tridimensionnelles Werth chez l'un de nos principaux clients. Il utilisera ses connaissances pour poursuivre le développement du marché américain. David Caprio, en tant que directeur national des ventes avec plusieurs années d'expérience dans la vente de machines à mesurer, renforcera le département des ventes. La gestion du service sera reprise par Nicola Hanssmann. Elle travaillait déjà depuis plusieurs années dans le service extérieur en Allemagne avant d'accepter ce nouveau défi.

### Beau jeu, Paul Nash!

Carl Harrison, qui était déjà coassocié de Werth Metrology Ltd depuis 2018, en prend désormais la direction exclusive. Paul Nash restera à la disposition de l'équipe Werth en tant que consultant à la retraite - quand il n'est pas sur le parcours de golf. Après une carrière dédiée à la métrologie, dont sa propre entreprise MANTECH, il était directeur général de la société Werth Metrology Ltd, fondée conjointement, depuis 2012.

### Double jubilé

Prima Bilavčík s.r.o. est l'une des principales entreprises de métrologie en République tchèque et en Slovaquie. En 2022, l'entreprise fêtera son 30e anniversaire. À cette occasion, Prima Bilavčík présentera une gamme de produits de son portefeuille lors d'une journée portes ouvertes. Au centre de la présentation se trouveront les machines à mesurer de Werth Messtechnik GmbH.

La coopération avec Werth dure maintenant depuis 25 ans, au cours desquels Prima Bilavčík a été désigné sept fois comme le représentant le plus performant au monde. L'année 2022 est donc un double anniversaire qui mérite d'être célébré.

## Nouveau partenaire au Portugal

Depuis avril de cette année, Solutions4Metrology, Lda, fondée en 2012, dont le siège social se trouve à Alhos Vedros et dont l'équipe compte actuellement 25 employés, a repris les activités de vente et de service pour les machines à mesurer tridimensionnelles Werth au Portugal. Le portefeuille comprend le conseil en métrologie, la formation et la mesure contractuelle jusqu'à la livraison de solutions de métrologie clés en main. Un centre de démonstration est en cours de construction sur le site de Leiria, qui sera équipé, entre autres, d'un TomoScope® XS Plus.

## Fondation de Werth Messtechnik Schweiz GmbH

Werth Messtechnik Schweiz GmbH a été fondée en novembre 2021 pour développer les activités de vente et de service en Suisse. Le nouveau siège de l'entreprise est situé dans le canton de Schwyz, avec un bureau en Suisse occidentale. Pour optimiser le support client, des employés supplémentaires et un centre de démonstration seront ajoutés dans les prochains mois.

## Nouvelle direction en Italie

La direction de Werth Italia sera reprise par Fabio Boccapianola, qui a plus de 20 ans d'expérience dans la distribution de produits techniques de haute qualité. Il est titulaire d'une maîtrise en économie et a travaillé auparavant pour de grands groupes d'ingénierie des États-Unis et de Scandinavie. Les ingénieurs Fabrizio Rosa et Roberto Marroni font partie de Werth Italia depuis plusieurs années. M. Rosa est responsable des ventes et M. Marroni du service technique. Récemment, Giorgia Domiziani a rejoint l'équipe pour soutenir le back-office.

## Fondation Werth - nouveau président

En 2020, Arno Fink, président de longue date du conseil d'administration de la Fondation Dr.-Ing. Siegfried Werth, en a confié la direction au Dr Bernd-Jochen Schniewind, directeur technique et commercial retraité de Werth Messtechnik GmbH. L'année dernière, cette dernière a remis trois prix Werth pour des mémoires exceptionnels ainsi que des thèses de maîtrise et de licence dans le domaine de la métrologie dimensionnelle sans contact à des diplômés de l'université Friedrich Schiller d'Iéna, de l'université des sciences appliquées de Suisse orientale à Rapperswil et de l'université technique de Dresde.

# Machines à mesurer tridimensionnelles avec optique, tomographie assistée par ordinateur et systèmes multicapteurs

Le "Multisensor" est le journal de l'entreprise du

**Werth Messtechnik GmbH**
Siemensstraße 19
35394 Giessen, Allemagne

www.werth.de · mail@werth.de
Telefon +49 641 7938-0

**Éditeur et directeur général**
Dr. Ralf Christoph

**Rédacteur en chef**
Dr. Schirin Heidari Bateni

**Graphisme et conception**
Isabel Neef

**Imprimer**
Druckhaus Bechstein GmbH

Le contenu des articles ne reflète pas toujours l'opinion de l'éditeur.
Reproduction uniquement avec autorisation écrite.

05/2022