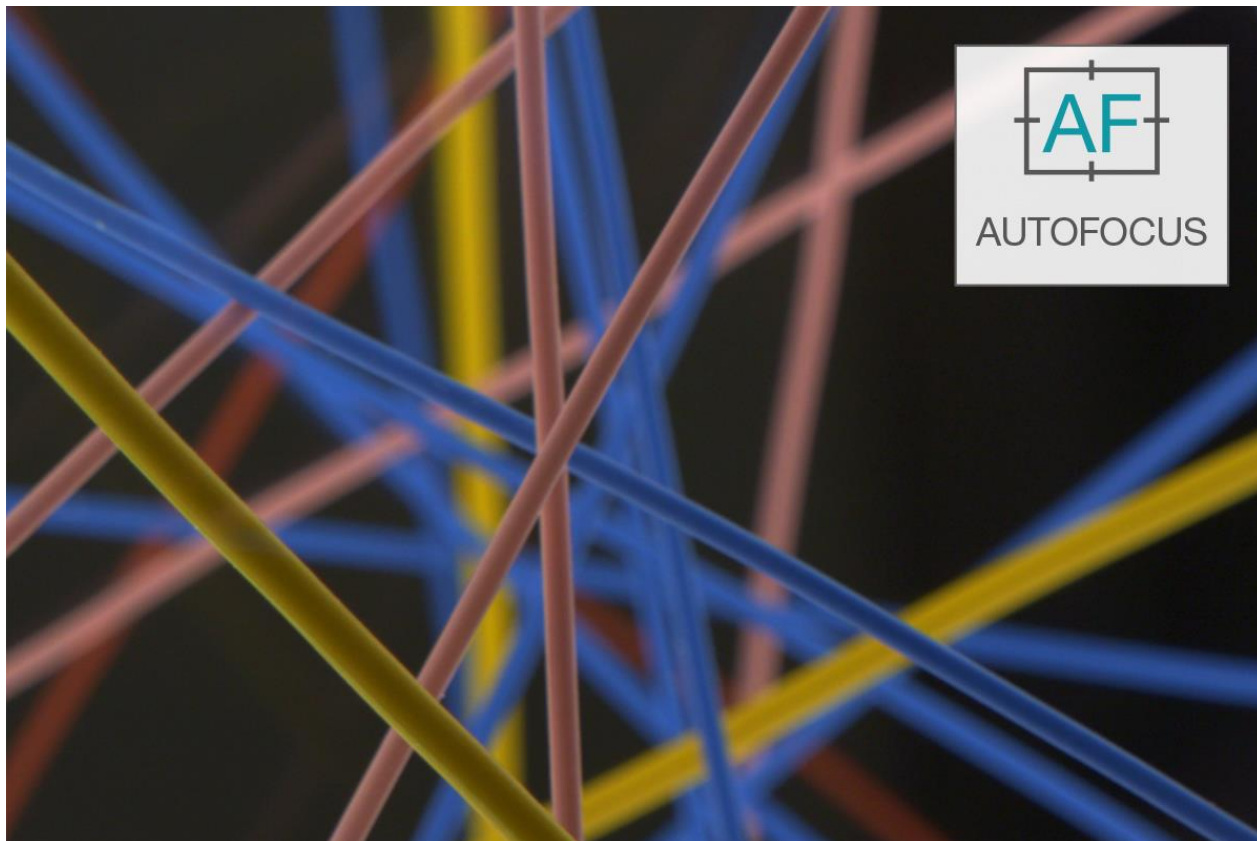


Un enfoque automático

Nuevas cámaras board level uEye LE USB 3.1 Gen 1 AF con enfoque automático



El nuevo autofocus basado en el contraste amplía el abanico de aplicaciones de las cámaras board level uEye LE AF. La función automática se basa en el control "activo" de la lente líquida de estos modelos y se puede disparar de forma muy sencilla a través del software. El autofocus se puede configurar de forma individualizada en función de la aplicación y permite obtener imágenes perfectamente enfocadas en un abrir y cerrar de ojos.

Con la actualización del IDS Software Suite a la versión 4.92, las cámaras board level uEye LE AF incorporan un enfoque automático basado en software para el control de la lente líquida, que hasta ahora era manual. Esto amplía aún más el espectro de aplicaciones para la cámara en tareas con distancias variables de los objetos. Una ventana de medición de tamaño y posición ajustable y distintos algoritmos de medición de la nitidez con muchas opciones de configuración se ocupan en todas las situaciones de determinar de forma rápida y segura la nitidez máxima en el rango de enfoque deseado.



La aplicación general del enfoque automático de la cámara "uEye LE USB 3.1 Gen 1 AF" se describe ampliamente en el [manual de IDS Software Suite 4.92](#). También puede utilizar todas las opciones de configuración del diálogo de enfoque del uEye Cockpit en aplicaciones propias mediante la función uEye API [is Focus\(\)](#). En el [manual](#) se describe ampliamente esta función con todos los parámetros de transferencia y ejemplos de códigos.

En este consejo técnico encontrará trucos y recomendaciones para preconfigurar de forma óptima el autofocus y sacarle el máximo partido en su aplicación.

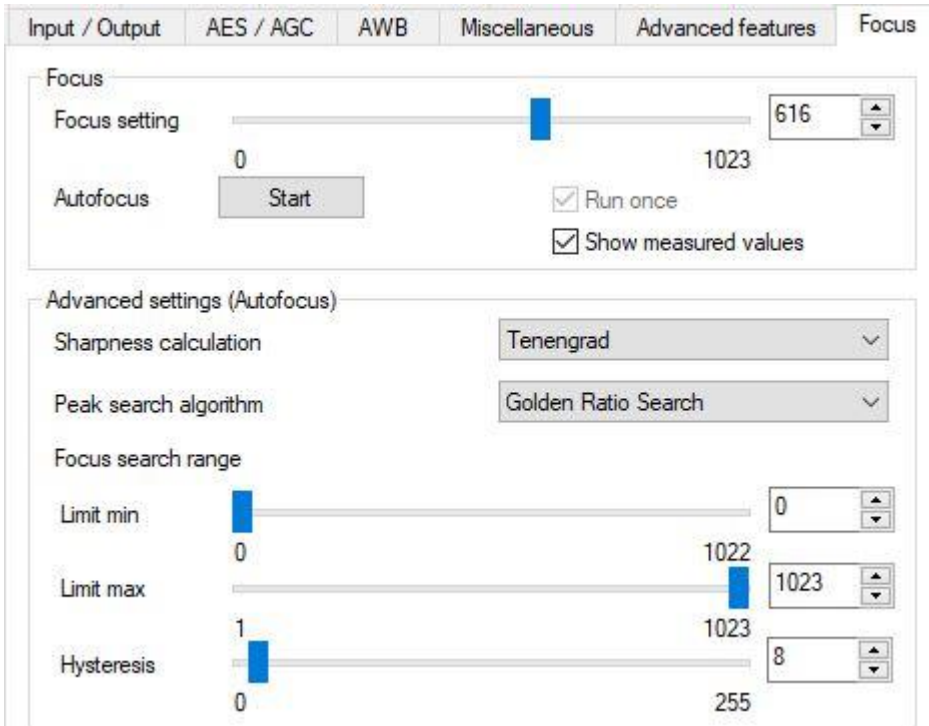


Figura 1 Cuadro de diálogo del enfoque del uEye Cockpit

Enfoque automático

La función de autofocus es la que regula automáticamente el objetivo de la cámara a la distancia adecuada para obtener una imagen nítida. La función de enfoque automático utiliza el control de lente líquida de la cámara board level uEye LE AF para enfocar el objeto a distintas distancias. El modo de enfoque automático se activa con un disparo por software y trabaja solo hasta que se ha encontrado la nitidez máxima en la ventana de medición. Luego se desactiva automáticamente (modo "Single-Shot"). El modo automático controla la lente líquida de la cámara en base al análisis de los datos de imagen del PC host en un bucle cerrado.

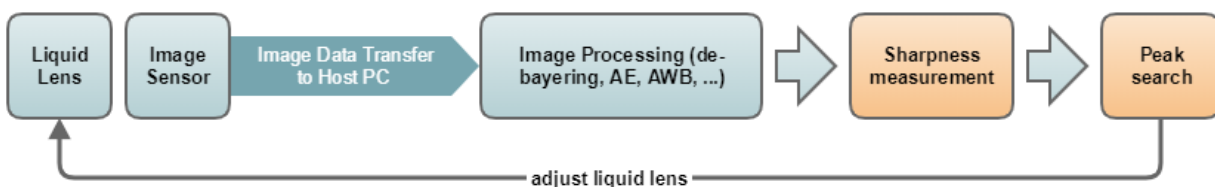


Figura 2 Bucle cerrado de control para determinar la nitidez máxima

Con este método denominado "Closed-Loop Autofocus", los ajustes de la lente líquida y de la ruta de píxeles (contraste, binning, etc.) influyen directamente en el contenido de la imagen y por consiguiente en el resultado de la medición de su nitidez. Su análisis vuelve a servir de base para

el ajuste de la lente líquida antes de la siguiente captura de imagen. Dado que el valor de enfoque óptimo no se puede calcular con este método basado en imágenes, es necesario pasar varias veces por el bucle cerrado de captura de imagen, medición y ajuste de distancia focal. Solo el análisis de los pares de valores determinados a partir del valor de enfoque ajustado y la nitidez calculada ofrecen el punto de partida para determinar la mejor nitidez posible (máxima) de la imagen en el área de enfoque.

¿Cuándo está enfocada una imagen?

Existen distintos métodos para medir la nitidez de una imagen, pero todos ellos se fundamentan en solo dos principios básicos. El primer principio es la **nitidez de los bordes**. En este principio se buscan saltos importantes de valor de gris entre píxeles adyacentes, lo que permite resaltar los bordes y contornos. El contraste de dichos bordes permite a su vez sacar conclusiones sobre la nitidez. Cuanto más clara es la imagen de los bordes más alto es el grado de nitidez de la imagen original.

El segundo principio se basa en el análisis de los **valores de histograma** de la imagen. La desviación estándar se puede utilizar para calcular una medida para la dispersión de los valores de píxel en torno al valor de gris medio de la imagen. Cuanta más dispersión, más intensos son los bordes de valor de gris existentes y el contraste de la imagen. En cambio, si la imagen está desenfocada, los grandes saltos entre valores de gris (bordes) adoptan un gradiente en rampa. Tanto la dispersión como el contraste de la imagen descienden. En pocas palabras: cuanto más nítida es la imagen, más alta es la dispersión de valor de gris y con ello el contraste en la imagen.

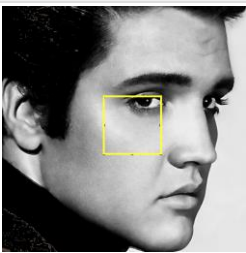
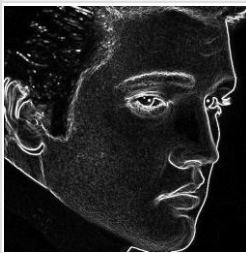
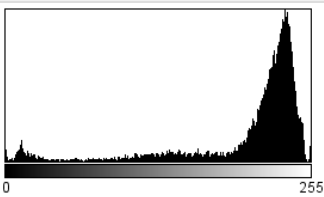
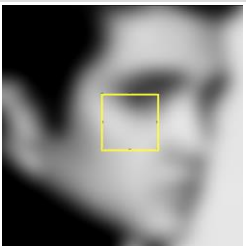
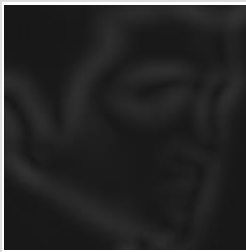
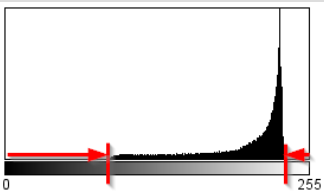
	Imagen	Bordes resaltados	Histograma de la ROI
imagen enfocada			 Mean: 200.634 StdDev: 58.392 Min: 0 Max: 255
imagen desenfocada			 Mean: 199.186 StdDev: 39.584 Min: 88 Max: 234

Tabla 1 Unos bordes más intensos y una mayor desviación estándar son indicadores de un contraste y una nitidez mayores.

Medición de la nitidez

No obstante, en la práctica las superficies de los objetos no suelen ser ideales para la medición del enfoque óptico. Esto hace que los resultados de la medición sean demasiado poco fiables e inestables. En cambio la función de autofocus del IDS Software Suite le ofrece métodos de enfoque adecuados para distintas situaciones.

Los algoritmos de enfoque "**Mean Score**" y "**Tenengrad**" del enfoque automático analizan los datos de imagen y los verifican según el principio de la nitidez de los bordes. Para ello hacen un análisis píxel a píxel que incluye la relación con los píxeles adyacentes. "Mean Score" utiliza cálculos más sencillos para los píxeles y una vecindad más pequeña que "Tenengrad", por lo que es algo más rápido pero también más sensible al ruido que el algoritmo "Tenengrad".

En cambio la "**desviación de histograma**" utiliza los valores de histograma de todo el área de interés (ROI) para determinar la nitidez de la imagen. Este enfoque integral hace que este algoritmo tenga carácter de filtro. En la ventana de valores medidos los niveles máximos de nitidez se muestran como curvas claras. El ruido influye poco en el resultado. Pero si en el rango de enfoque buscado existen varios máximos de nitidez cercanos, éstos no pueden diferenciarse bien mediante la desviación de histograma. Como sucede en el paso bajo, el algoritmo "aplana" los máximos formando una envolvente. En "Tenengrad" y "Mean Score" el análisis de vecindades de píxel más pequeñas hace que los cambios de valor de gris sean mucho más evidentes y que los bordes destaquen más claramente. Ambos algoritmos muestran máximos claramente distinguibles, pero también se ven más afectados por las interferencias como el ruido.

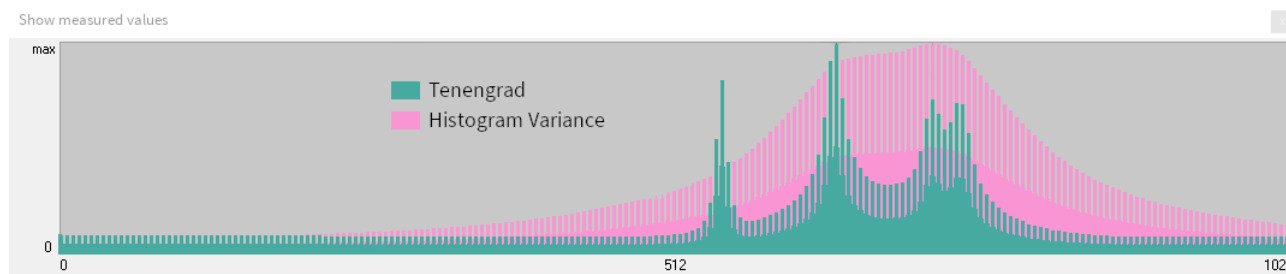


Figura 3 Comparación de los valores medidos de la nitidez de "Tenengrad" y "desviación de histograma"

El uso de bases de cálculo distintas por parte de los tres algoritmos también hace que muestren tiempos de cálculo distintos del valor de nitidez por cada imagen. Las transformaciones de píxeles complejas como los filtros Sobel y Laplace suponen una carga mayor que el cálculo sencillo de la desviación estándar del valor de gris medio. El análisis de áreas de imagen mayores (ventana de medición grande) puede afectar fácilmente a la frecuencia de imagen de la cámara. En función del motivo y de los requisitos de su aplicación podrá **influir sobre la velocidad y la exactitud de la medición** seleccionando un algoritmo de medición disponible. Los métodos de cálculo "Mean Score" y "desviación de histograma" son más adecuados para cálculos de tiempo crítico en un hardware de PC corriente. Pero la eficiencia de cálculo del Tenengrad puede ir en detrimento de la frecuencia de imagen alcanzable en ventanas de medición más grandes.

Ajuste de la ventana de medición y del rango de enfoque

La medición de la nitidez se lleva a cabo en una ROI ("region of interest", que aquí denominamos "ventana de medición"), lo que ayuda a acelerar el tiempo de cálculo.



Cuanto mayor es la ventana de medición más tiempo y potencia de cálculo necesita la CPU del host para medir la nitidez por cada imagen. La frecuencia de imagen ajustada puede bajar debido a una duración excesiva de la medición (por imagen). **Si necesita una alta frecuencia de imagen, seleccione una ventana de medición del menor tamaño posible.**

Especifique la posición y el tamaño de la ventana de medición de modo que se marque solo el contenido de la imagen a enfocar con un plano de enfoque y un máximo de nitidez. Sin embargo, si existen varios máximos de nitidez locales en el área de búsqueda ajustada y usted utiliza un [algoritmo de búsqueda de picos](#) con condición de cancelación, éste finalizará la búsqueda prematuramente en cuanto se detecte el primer máximo claro.

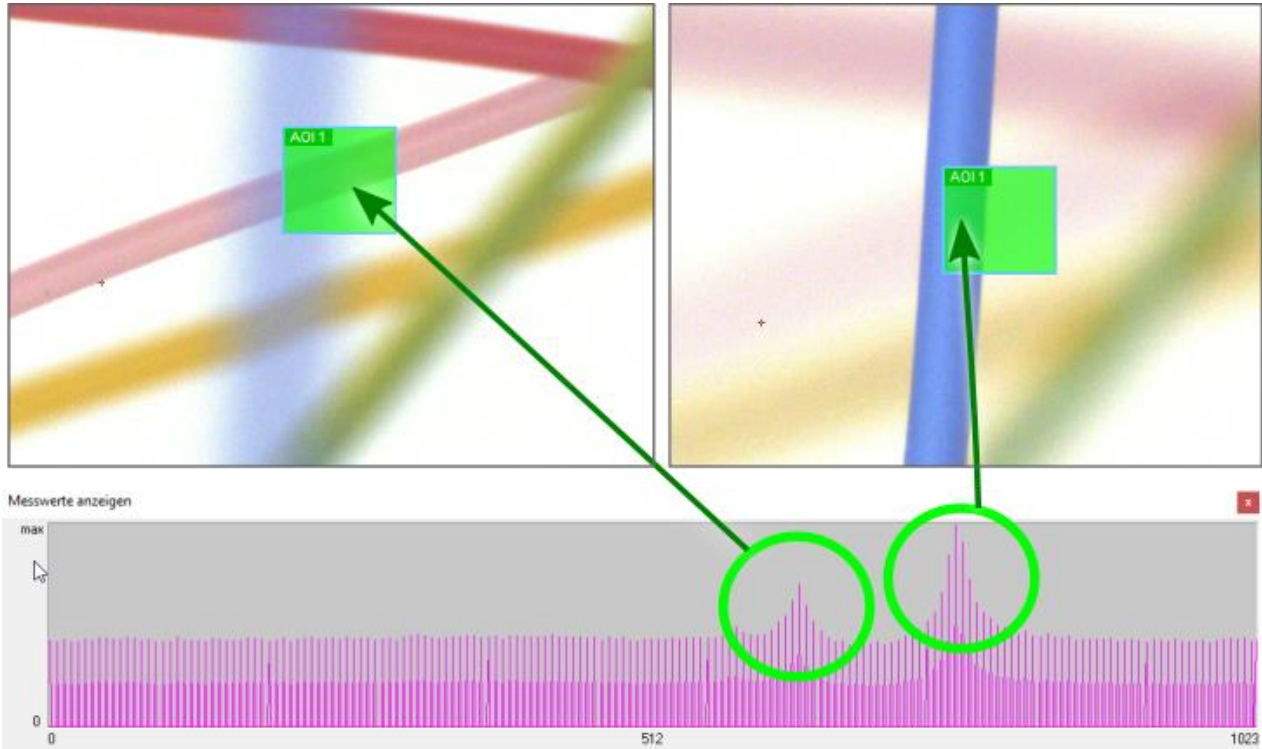


Figura 4 La ventana de medición y el rango de enfoque pueden contener varios máximos de nitidez.

Tiene las opciones siguientes para definir con más exactitud la búsqueda del plano de enfoque "correcto":

1. Limite el rango de enfoque de la lente

Limite las mediciones de nitidez al rango de enfoque de la lente que necesita su aplicación. En función de la distancia a la que se encuentra la escena de la lente y de la profundidad de enfoque del objetivo utilizado, será suficiente con un área pequeña.

Esto acorta también el tiempo de la búsqueda de máximos, dado que se necesitarán menos mediciones de nitidez.

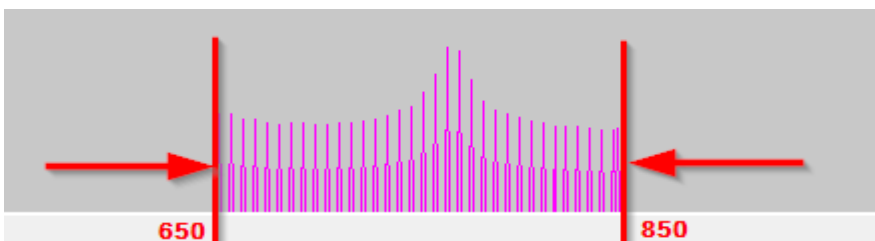


Figura 5 Limitación del rango de enfoque

✔ Si no está seguro de dónde debe colocar el rango de enfoque recomendamos mostrar la ventana de los valores medidos y realizar un "full scan" de todo el rango de enfoque con una [histéresis](#) pequeña.

2. Modifique el tamaño y la posición de la ventana de medición

Los algoritmos de enfoque necesitan pocas características claras para determinar la nitidez (estructuras pequeñas, un borde claro, disipación clara del valor de gris). Cuanto más reducida es la ventana de medición más rápido es el cálculo del enfoque y más claramente se presenta una sola área de imagen en el enfoque. Por esa razón, reduzca todo lo que pueda la ventana de medición y aumentela solo lo necesario. Cuanto más reproducible es la posición de la imagen de los objetos enfocados en su aplicación, mejor podrá preajustar el tamaño y la posición de la ventana de medición.

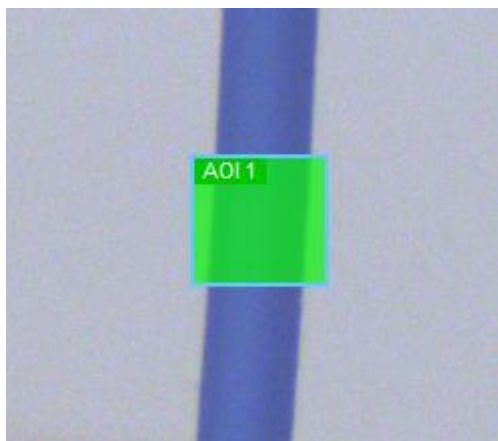


Figura 6 Atender al tamaño y a la posición de la ventana de medición

Encontrar el nivel máximo de nitidez

El objetivo del enfoque automático es encontrar lo más rápidamente posible el ajuste de enfoque en el que los valores de nitidez de la ventana de medición de la imagen capturada sean lo más altos posible. Y para encontrarlo el IDS Software Suite le ofrece varios algoritmos básicos de búsqueda de picos que son adecuados en función de la escena (contenido de la imagen) o de sus requisitos en materia de velocidad y calidad. El caso más fiable, pero más lento es ajustar todos los parámetros de enfoque por orden, tomar una imagen cada vez y determinar su nitidez. Para acelerar la búsqueda del valor de nitidez óptimo se realiza un "muestreo" con distintas estrategias saltándose de entrada el ajuste del enfoque (intervalos). Solo en procesos posteriores, cuando se localizan los "picos", se hace un barrido más preciso de estos. Mediante las condiciones de cancelación los distintos algoritmos reducen el tiempo de búsqueda, pero con esto no siempre se obtiene un resultado óptimo. Por eso el IDS Software Suite siempre le deja elegir con qué estrategia de búsqueda prefiere trabajar.



Dado que la medición de la nitidez del enfoque automático se basa en el contenido de las imágenes y son necesarias varias mediciones para encontrar un nivel máximo, el contenido de la imagen no debe cambiarse durante el proceso de búsqueda.

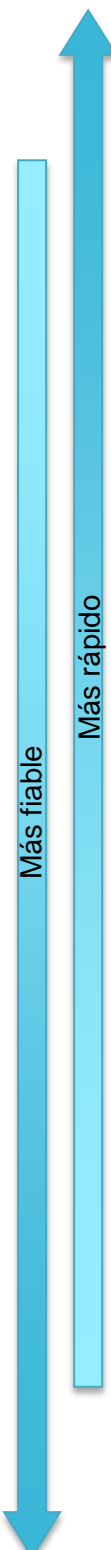
Algoritmo de búsqueda		Características
Golden Ratio Search		<ul style="list-style-type: none"> • Busca y afina la búsqueda de máximos mediante la subdivisión del área de búsqueda según la "razón áurea". • Búsqueda muy rápida incluso en áreas de búsqueda grandes. • Atención: en áreas de búsqueda grandes es posible que se salte un nivel máximo de nitidez durante la búsqueda en bruto → reduzca previamente el área de búsqueda o utilice procesos de enfoque monomodo (con un solo nivel máximo de nitidez).
Hill Climbing Search		<ul style="list-style-type: none"> • Inicia la búsqueda en bruto en el rango lejano con un gran intervalo de búsqueda. • Reconoce "un máximo" cuando los valores de nitidez ya no se incrementan e interrumpe la búsqueda en el área de enfoque restante con el primer valor de nitidez más bajo. • Luego afina los resultados de la medición en el área del máximo encontrado en procesos de búsqueda posteriores con un intervalo de búsqueda más pequeño. • Se interrumpe solo cuando cae por debajo de la histéresis. • Más rápido que el "Global Search" • El primer máximo encontrado puede no ser el máximo global. • Atención: en áreas de búsqueda grandes es posible que se salte un nivel máximo de nitidez durante la búsqueda en bruto → reduzca previamente el área de búsqueda o utilice procesos de enfoque monomodo.
Global Search		<ul style="list-style-type: none"> • Inicia la búsqueda en bruto en el rango lejano con un gran intervalo de búsqueda. • Búsqueda en bruto en el área de búsqueda completa. • Luego afina los resultados de la medición en el área del máximo encontrado en procesos de búsqueda posteriores con un intervalo de búsqueda más pequeño. • Se interrumpe solo cuando cae por debajo de la histéresis. • Más rápido que "Full Scan". • Atención: en áreas de búsqueda grandes es posible que no se encuentre un nivel máximo de nitidez durante la búsqueda en bruto → reduzca previamente el área de búsqueda o utilice procesos de enfoque monomodo.
Full Scan		<ul style="list-style-type: none"> • Calcula los valores de nitidez en toda el área de búsqueda en un proceso sin estrategia de búsqueda. • La histéresis determina el intervalo de medición. • Adecuado para una "búsqueda ciega", dado que con una histéresis pequeña encuentra de forma fiable el máximo de nitidez global. • Alta demanda de tiempo con histéresis pequeña y área de búsqueda grande. En el peor de los casos se determinan 1024 valores de nitidez (máximo número de ajustes de enfoque de uEye LE AF).

Tabla 2 Características de los algoritmos de búsqueda



Si la profundidad de enfoque no es lo suficientemente grande en el área de la ventana de medición, algunos algoritmos de búsqueda buscan demasiado rápido cerca de los ajustes de enfoque que no contienen el máximo global. En tales casos solo es eficaz una "Global Search" o un "Full Scan".

Precisión de la búsqueda de máximos

Mediante la **histéresis** puede definir el tamaño de la amplitud de paso con cuyo alcance finaliza la búsqueda del máximo de nitidez. Con ello determinan al mismo tiempo la exactitud alcanzable de la búsqueda de máximos. La histéresis define solo con el algoritmo "Full Scan" el intervalo invariable con el que se realizará el proceso de búsqueda.

Opciones de aplicación de una cámara con enfoque automático

En general la cámara board level con lente líquida y enfoque automático uEye LE AF es adecuada para cualquier aplicación en la que existan distancias variables del objeto. El ajuste manual o automático del plano de enfoque mediante el software de la cámara también es de ayuda cuando no se puede tener acceso al objetivo. Especialmente en aplicaciones con movimiento, como puede ser el brazo de un robot, la pequeña cámara board level enfoca nítidamente los objetos o los códigos a leer después de cada recorrido del robot.

Combinado con un sistema de procesamiento de imágenes como HALCON, el enfoque automático de la uEye permite hacer otras muchas cosas. Con imágenes de cada ajuste de enfoque HALCON puede calcular una imagen permanentemente enfocada que muestra con nitidez la escena del objeto en todos los niveles de enfoque. Es una especie de imagen "HDR" asociada al enfoque en lugar de a la exposición (High Dynamic Focus).

Con el "barrido" de la escena de un objeto en todos los niveles de enfoque, HALCON puede incluso calcular datos de profundidad ("Depth from Focus") basándose en las mediciones de nitidez de estas imágenes.

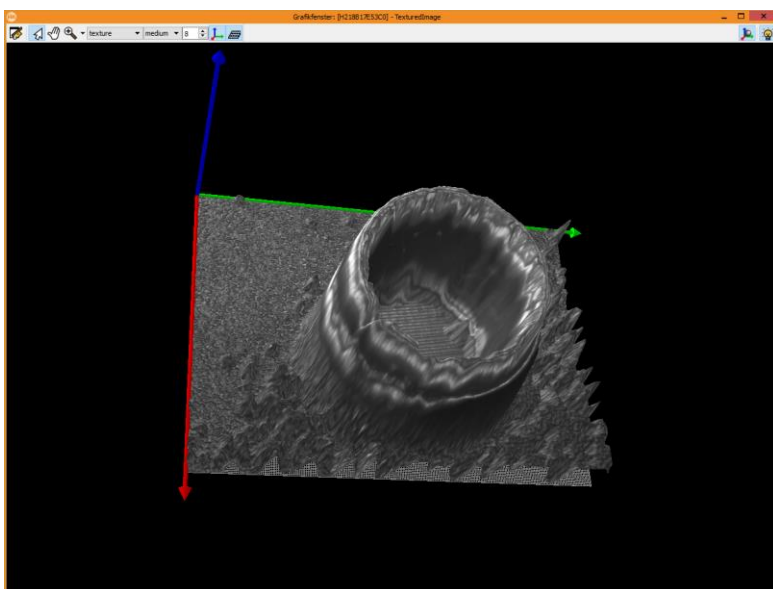


Figura 7 Datos de profundidad calculados a partir de los valores de enfoque de todos los niveles de enfoque.

De ese modo también se pueden determinar los volúmenes de los objetos sin una cámara 3D. Asimismo es posible comprobar si los objetos se encuentran en la misma planta. En el paquete de instalación estándar de HALCON se encuentran ejemplos listos de procesamiento de imágenes con enfoque que se pueden probar directamente con la uEye LE USB 3.1 Gen 1 AF . En el [manual del IDS Software Suite 4.92](#) encontrará más ejemplos de códigos y una descripción detallada de la función de enfoque con todos los parámetros de transferencia.

Autor

Dipl. - Ing. (FH) Heiko Seitz
Redactor técnico

IDS Imaging Development Systems GmbH
Dimbacher Str. 6-8
74182 Obersulm
Alemania

Tel.: +49 7134 96196-0
E: h.seitz@ids.imaging.de
W: www.ids-imaging.com

© 2019 IDS Imaging Development Systems GmbH