

Ist eine 20000-fache Vergrößerung bei der Digitalmikroskopie wirklich förderlich?

Einleitung

Digitalmikroskope sind für die Bildbetrachtung mit einer Kamera ausgestattet, nicht aber mit Okularen. Mikroskope mit Okularen für die optische Darstellung, wie beispielsweise Stereomikroskope, können ebenfalls mit Digitalkameras ausgestattet werden. Beide Mikroskoptypen werden in den verschiedensten technischen Anwendungsbereichen in vielen Fachgebieten und Branchen eingesetzt.

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines optischen Mikroskops ist die höchste erzielbare Vergrößerung von Bedeutung. In der Digitalmikroskopie werden manchmal sehr hohe Vergrößerungswerte, wie beispielsweise 20000x, erwähnt. Der vorliegende Bericht erläutert, welcher Vergrößerungsbereich für die Digitalmikroskopie nützlich ist.

Links: Stereomikroskop Leica M205 C mit der Digitalkamera Leica DFC450 C.

Die Ameise kann zur Bilderkennung durch die Kamera, durch das Okular oder an einem Bildschirm (2 Grössen dargestellt) betrachtet werden.

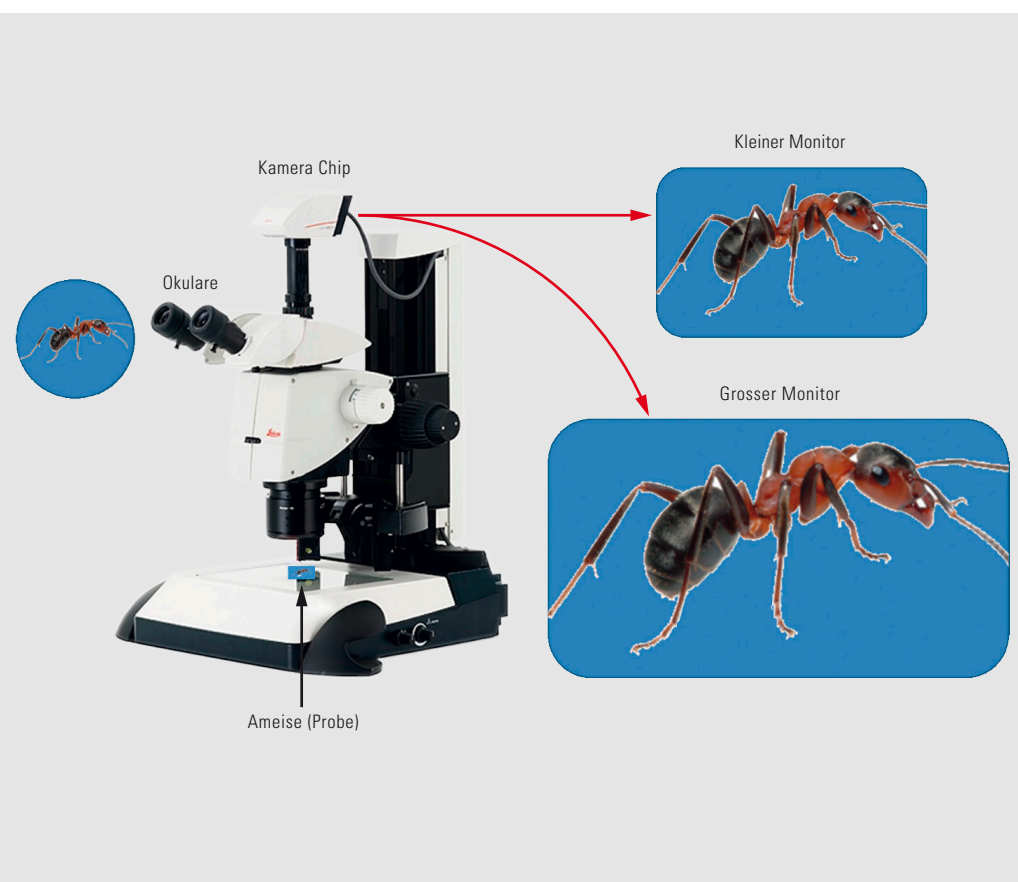
Rechts: Digitalmikroskop Leica DMS1000 mit verschiedenen Bildschirmgrössen für die Bildanzeige.

Definition der Vergrößerung

Vergrößerung ist als das Verhältnis zwischen der Grösse von Objektstrukturen in einem Bild und der tatsächlichen Grösse der Strukturen definiert. Die laterale, zweidimensionale Vergrößerung lässt sich folgendermassen ermitteln:

$$\text{Vergrößerung} = \frac{\text{Abmessung der Objektstruktur im Bild}}{\text{Abmessung der Struktur am eigentlichen Objekt}}$$

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Beispiele für ein Digitalmikroskop und ein Stereomikroskop mit Okularen und Digitalkamera.



SINNVOLLER VERGRÖSSERUNGSBEREICH FÜR DIE DIGITALMIKROSKOPIE

Es stellt sich die Frage, ob diese Vergrößerungsstufe 20000x jenseits des nützlichen Bereichs liegt, das heisst, ob es sich um eine **leere Vergrößerung** handelt, die keine weiteren Details zeigt. Wie bestimmt sich ein sinnvoller Vergrößerungsbereich für die Digitalmikroskopie, wo Bilder an einem Bildschirm betrachtet werden? Es gibt zwei Hauptfaktoren: die Auflösung des Mikroskopsystems und der Bildbetrachtungsabstand.

Auflösung des Mikroskopsystems

Die Systemauflösung eines Digitalmikroskops oder eines mit einer Digitalkamera betriebenen Mikroskops mit Okularen wird von drei Hauptfaktoren beeinflusst:

- › Optische Auflösung durch Objektiv, Zoom, Tubus und Kameralinsen
- › Bildsensorauflösung durch Kamerachip
- › Bildanzeigeauflösung durch elektronischen Bildschirm

Die Auflösungsgrenze des Digitalmikroskopsystems ergibt sich aus dem niedrigsten der drei oben genannten Auflösungswerte.

Förderlicher Vergrößerungsbereich

Zunächst ist davon auszugehen, dass der Betrachtungsabstand – der Abstand zwischen den Augen des Beobachters und dem angezeigten Bild – immer innerhalb des förderlichen Bereichs liegt. Der **förderliche Betrachtungsabstandsbereich** basiert auf dem herkömmlichen Bezugswert von 25 cm, dem durchschnittlichen nächsten Punkt, ab dem das menschliche Auge klar fokussieren kann.

Der förderliche Vergrößerungsbereich für die Digitalmikroskopie lässt sich folgendermassen definieren:

$$\frac{\text{Systemauflösung}}{6} < \text{Förderliche Vergrößerung} < \frac{\text{Systemauflösung}}{3}$$

Somit liegt der **förderliche Vergrößerungsbereich** zwischen $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{3}$ der Auflösung des Mikroskopsystems.

Moderne Kamerachips haben oft deutlich unter 10 µm liegende Pixelgrössen und moderne Bildschirme Pixelgrössen deutlich

unter 1 mm. Bei einer starken Vergrößerung zwischen Probe und Kamerachip, beispielsweise 150x, ergibt sich die Auflösung des Mikroskopsystems aus der optischen Auflösungsgrenze. Die optische Auflösungsgrenze für die grösste numerische Apertur, 1.3, und die kleinste Wellenlänge des sichtbaren Lichts, 400 nm, liegt bei etwa 5400 Linienpaaren/mm. Die **maximale Vergrößerung**, die noch innerhalb des zuvor definierten förderlichen Bereichs liegt, beträgt **1800x**.

Bei einer sehr geringen Vergrößerung, beispielsweise unter 1x zwischen Probe und Kamerachip, ist die numerische Apertur normalerweise sehr klein, aber die Auflösungsgrenze von Kamerachips mit Pixelgrössen über 2 µm und von Bildschirmen mit Pixelgrössen über 0,5 mm liegt normalerweise unter der optischen Auflösung. Deshalb ist die Auflösungsgrenze des Chips oder Bildschirms bei einer sehr geringen Vergrößerung oft der ausschlaggebende Faktor.

Leere Vergrößerung

Wenn der Vergrößerungswert den Bereich der förderlichen Vergrößerung in der Digitalmikroskopie (1800x) überschreitet, führt dies zu einer leeren Vergrößerung, durch die das Bild grösser erscheint, aber keine weiteren Details der Probe auflösbar sind. Eine Vergrößerung von 20000x liegt weit jenseits des Werts 1800x und ist daher eindeutig als leere Vergrößerung zu bewerten.

Schlussfolgerung

Bei Digitalmikroskopen ist der förderliche Vergrößerungsbereich wie auch bei anderen optischen Mikroskopen klar begrenzt. Ein Überschreiten dieses Vergrößerungsbereichs, also eines Wertes von 1800x, führt nur zu leerer Vergrößerung. Ausführlichere Informationen zum förderlichen Vergrößerungsbereich für die Digitalmikroskopie enthält der nachfolgend als weiterführende Literatur angegebene technische Bericht.

Weiterführende Literatur

[DeRose, J.A., Doppler, M.: What Does 30,000x Magnification Really Mean? Some Useful Guidelines for Understanding Magnification in Today's New Digital Microscope. Fra. Leica Science Lab, Februar 2015](#)

Autoren: J.A. DeRose, M. Doppler, Leica Microsystems