

Bilder aus dem Mikrokosmos – Insekten, Spinnen und Blüten – Ausstellung mit Makrofotografien von Rainer Werle 15.11.-13.12.2013

Gängige Makroobjektive erlauben Abbildungen bis zu einem Maßstab von 1:1, wobei ein Vorteil solcher Objektive darin besteht, daß die Kameraautomatik (das heißt insbesondere die Blendensteuerung) wie gewohnt funktioniert. Sollen größere Maßstäbe als 1:1 und vielleicht sogar Maßstäbe bis 20:1 (siehe Abbildung rechts) erreicht werden, müssen alle notwendigen *Einstellung von Hand* vorgenommen werden – wobei bei vielen Kameras immerhin die Belichtungsautomatik noch funktioniert, aber typischerweise auch von Hand nachkorrigiert werden muß.

Allerdings gilt auch: Nicht das manuelle Einstellen von Blende, Fokus etc. ist der schwierige Teil der extremen Makrofotografie, denn sicherlich 90 Prozent von Mißerfolgen bei solchen Aufnahmen geht auf *mechanische Instabilität* zurück. Ein Bild – wie das oben abgebildete – das Strukturen im Bereich von 1/100 Millimeter und kleiner zeigt, darf während der Aufnahme letztlich keinerlei Erschütterungen ausgesetzt sein. Daß ein Stativ, das auf dem guten Parkettboden steht, bei jedem Schritt in der Umgebung sich im Bereich von weit mehr als 1/100 Millimeter mitbewegt, stellt bereits ein Problem dar. Aber auch ein Steinboden auf Beton hat einen Rest von Beweglichkeit, der deutlich störend sein kann.

Das Gleiche gilt für die Kamera: Auch wer es aus dem Bereich der 'normalen' Makrofotografie gewohnt ist, mit Spiegelvorauslösung zu arbeiten, wird feststellen, daß selbst der *Verschluss* der Kamera noch zu Erschütterungen führen kann, die extreme Makroaufnahmen drastisch unscharf werden lassen können.



Schnurrhaarwurzel des Katers Grisu
© Rainer Werle, 1/2011
Abbildungsmaßstab 20:1, Zeiss Biotar f/2.0 12,5mm, Retro f/4, Blitz (2) 1/32000 sec., Stack aus 21 Bildern, Stacktiefe 0,01mm

Balgengerät und Zwischenringe

Je größer die Bildweite, das heißt, je weiter das Objektiv von der Kamera entfernt ist, desto größer wird der Abbildungsmaßstab. Für extreme Makroaufnahmen ist es deshalb zunächst notwendig, den



Abstand von Kamera und Objektiv zu vergrößern. Typischerweise kommen dabei Zwischenringe, einstellbare Zwischenringe (Helicoide) oder Balgengeräte zum Einsatz.

Günstige Objektive

Neben speziellen Lupenobjektiven, die in der Regel sehr teuer sind, gibt es zahlreiche gebrauchte, qualitativ hochwertige, aber dennoch preisgünstige Objektive auf Plattformen wie Ebay:



Abb.	Objektiv	Brennweite e	Offenblend e		Ursprüngl. Einsatz
A	Schneider Kreuznach - Componon	80mm	5.6	-	Vergrößerungsobjektiv
B	Nikon - El Nikkor	50mm	2.8	-	Vergrößerungsobjektiv
C	Nikon - El Nikkor	50mm	2.8	Retro	Vergrößerungsobjektiv
D	Rodenstock - Rodagon	50mm	2.8	Retro	Vergrößerungsobjektiv
E	Schneider Kreuznach - Componon	50mm	2.8	Retro	Vergrößerungsobjektiv
F	Kern Paillard - Yvar	36mm	2.8	Retro	Normal-8-Schmalfilm
G	Schneider Kreuznach - Componon	35mm	4	Retro	Vergrößerungsobjektiv
H	Nikon Weitwinkelobjektiv	28mm	2.8	Retro	Kameraobjektiv
I	Kern Paillard - Yvar	13mm	1.9	Retro	Normal-8-Schmalfilm
J	Zeiss Jena - Biotar	12,5mm	2.0	Retro	Normal-8-Schmalfilm

Als Faustregel gilt dabei zunächst, daß alle oben benannten Objektive – anders als die speziell für extreme Makroaufnahmen gerechneten Lupen- und Mikroskopobjektive – ab einem Abbildungsmaßstab von 1:1 in Retrostellung (also mit der Vorderseite zur Kamera hin montiert) eingesetzt werden sollten. Denn normale Objektive sind dafür berechnet, daß sie größere Gegenstände verkleinert auf dem Sensor/Film abbilden. Sollen Sie nun Kleines vergrößert abbilden, ist der umgekehrte Strahlengang (Retrostellung) der optimale Lichtweg.

Vergrößerungsobjektive

Die Zeit der eigenen Dunkelkammer von Amateurfotografen geht mit der Übergang vom Film zum Sensor ziemlich rasch zu Ende: Die Qualität von Digitalkameras ist der von Analogkameras zumindest ebenbürtig, der PC ist eine exzellente elektronische Dunkelkammer und Farbabzüge aus den Großlabors sind qualitativ hochwertig und vor allem unschlagbar günstig. So verwundert es nicht,

daß in Verkaufsplattformen wie Ebay derzeit häufig zu Schleuderpreisen sehr gute Vergrößerungsobjektive angeboten werden. *Componon* (Schneider Kreuznach), *Rodagon* (Rodenstock) oder *El Nikkor* (Nikon) sind in Normalstellung (bis 1:1) und in Retrostellung (1:1 und größer) hervorragende Objektive für die extreme Makrofotografie. Für die Filtergewinde der meisten Vergrößerungsobjektive gibt es Adapter an gängige Filtergrößen, für die es wiederum Adapter für die gängigen Kamera- bzw. Balgenbajonette gibt. Standardgrößen zur Kombination von Filter- plus Retroadapter sind:

El Nikkor / Rodagon: 40,5 mm => 52 mm + Retroadapter 52 mm
 Componon: 43 mm => 52 mm + Retroadapter 52 mm

Schmalfilmobjektive

Noch größere Abbildungsmaßstäbe (bis ca. 20:1) lassen sich preisgünstig mit den kurzbrennweitigen Objektiven von alten Normal-8-Schmalfilmkameras (auch als Doppel-8 bezeichnet) erzielen. Diese Kameras aus den 50er- und 60er Jahren besaßen ein Bildformat von 3,7 mm x 4,7 mm. In Retrostellung sind sie sehr gut geeignet um Objekte von wenigen Millimetern auf einem Sensor abzubilden.

Bei Verkaufsplattformen wie Ebay werden immer wieder 'Erbstücke' oder Dachbodenfunde günstig angeboten (häufig Kamera mit Objektiven, seltener die Objektive einzeln). Teilweise handelt es sich dabei um Kameras mit hochwertigen Optiken – teilweise allerdings auch um Einsteigermodelle mit eher minderwertigen Objektiven. Allerdings gibt es auch für die hochwertigen Objektive dieser Zeit keine Standardadapter, um sie in Retrostellung an ein Balgenreät anzuschließen. Hier ist Eigenbau angesagt.

Welche Brennweite?

Um entscheiden zu können, welche Brennweite ein Objektiv für einen bestimmten Zweck haben sollte, sind zunächst folgende Vorbemerkungen sinnvoll:

- Gilt schon allgemein in der Makrofotografie, daß Festbrennweiten einem Zoomobjektiv vorzuziehen sind, gilt dies für die extreme Makrofotografie noch deutlicher: Lieber im Laufe der Zeit verschiedene Festbrennweiten erwerben, als ein Zoomobjektiv.
- Da im Bereich der extremen Makrofotografie (generell bei Maßstäben größer 1:1, außer bei speziell für extreme Makroaufnahmen konstruierten Lupenobjektiven und Mikroskopobjektiven) Objektive in Retrostellung genutzt werden sollten, ist es wichtig zu wissen, daß ein Objektiv in Retrostellung die gleiche Brennweite hat wie in Normalstellung.

Als nächstes läßt sich die Frage nach der Brennweite, die ein Objektiv für extreme Makroaufnahmen haben sollte, mit einer einfachen Rechnung eingrenzen: Der Abbildungsmaßstab, mit dem ein Objektiv bestimmter Brennweite jeweils arbeitet, ergibt sich nach folgender einfachen Formel:

$$m = \frac{b}{f} - 1$$

Wobei m der Abbildungsmaßstab, b die Bildweite und f die Brennweite des Objektivs ist. Ein einfaches Rechenbeispiel zeigt, was dies bedeutet: Die gängigen Vergrößerungsobjektive (Rodagon, Componon etc.), die mittlerweile häufig für extreme Makroaufnahmen eingesetzt werden, haben

eine Brennweite von 50 mm. Eingesetzt werden diese Objektive häufig am Balgenreät, wobei ein typischer Balgen einen Auszug von 150 mm hat. Die so genannte *Bildweite* bezeichnet den Abstand 'vom Objektiv' bis zum Sensor der Kamera. Neben dem Auszug des Balgens (z.B. 150 mm) kommt noch das Auflagenmaß dazu: Dies benennt den Abstand vom Sensor bis zum Bajonett, in das das Balgenreät eingesetzt wird. Und auch im Objektiv ist genau genommen noch eine Strecke hinzu zu addieren, die den Abstand bis zur so genannten bildseitigen Hauptebene umfaßt. Für unsere Überschlagsrechnung können wir der Einfachheit halber annehmen, daß zu den 150 mm, die der Balgen im ausgefahrenen Zustand hat, noch mindestens 50 mm für Auflagenmaß und 'Objektivinnenleben' realistischerweise hinzugerechnet werden können. Die Bildweite ergibt sich damit aus 150 mm + 50 mm = 200 mm. Als Objektiv hatten wir eines mit 50 mm Brennweite angenommen. Folglich hat bei ausgefahrenem Balgenreät (volle 150 mm) diese Anordnung für die Makrofotografie einen Abbildungsmaßstab von (200 mm / 50 mm) - 1 = 3 (3:1), also eine dreifache Vergrößerung des Motivs auf dem Sensor.

Bei voll ausgefahrenem Balgenreät (150 mm + 50 mm) ergibt sich damit (wieder überschlägig) für verschiedene Brennweiten folgender Abbildungsmaßstab:

Brennweite:	100mm	50mm	35mm	25mm	12,5mm
Abbildungsmaßstab:	1:1	3:1	5:1	7:1	15:1

Daraus folgt zunächst die Überlegung, daß ein Abbildungsmaßstab von 1:1 auch mit einem guten Makroobjektiv erreichbar ist. Häufig ist mit Vorsatzlinsen/Achromaten oder automatischen Zwischenringen noch ein Bereich bis 2:1 gut abzudecken. In den meisten Fällen ist es deshalb sinnvoller, diesen Abbildungsmaßstab mit einem Makroobjektiv abzudecken, da hier die automatische Blendensteuerung (und teilweise sogar noch der Autofokus) ein komfortableres Arbeiten ermöglichen. Erst Abbildungsmaßstäbe von 3:1 und größer sind für Balgen + Retroobjektive wirklich sinnvoll. Und dies bedeutet auch, daß Vergrößerungsobjektive mit 50 mm Brennweite oder noch kleinerer Brennweite sinnvoll einsetzbar sind.

Lupenobjektive

Lupenobjektive gibt es mittlerweile nur noch gebraucht. Die bekanntesten Objektive/Hersteller sind: Luminar (Zeiss), Photar (Leitz), Mikrotar (Zeiss Jena), Nikon, Minolta und Canon². Sie wurden für extreme Makroaufnahmen vor allem auch für Mittelformatkameras und Kleinbildkameras hergestellt und verfügen typischerweise über ein RMS-Gewinde (vgl. den folgenden Abschnitt über Mikroskopobjektive).

¹ Korrekt von der bildseitigen Hauptebene des Objektivs, aber für unsere Überschlagsrechnung ist dies zunächst einmal unerheblich.

² Eine Übersicht über Lupenobjektive und andere Makroobjektive finden Sie in der *Macrolens Collection Database* im Internet unter <http://www.macrolenses.de/objektive.php>.



Abb.	Objektiv	Brennweite	Blende	NA	Ursprüngl. Einsatz
A	Minolta Bellows Micro	12,5mm	2 - 16	-	Lupenobjektiv
B	Carl Zeiss Jena Semiplan 3,2/0,10 160/-	~36mm	5	0,10	Mikroskopeobjektiv
C	TSMO5x 5/0,1 160/-	~27,5mm	5	0,10	Mikroskopeobjektiv
D	Meopta 10/0,30 170/0,18	~16mm	1,65	0,30	Mikroskopeobjektiv
E	Zeiss West 10/0,22 160	~15mm	2,3	0,22	Mikroskopeobjektiv
F	Müller 10/0,25 160/0,17	~15mm	2	0,25	Mikroskopeobjektiv
G	TSMO20x 20/0,4 160/0,17	~8mm	1,25	0,4	Mikroskopeobjektiv
H	Carl Zeiss Jena 40/0,65 160/0,17	~4mm	0,77	0,65	Mikroskopeobjektiv

Mikroskopobjektive

Auch Mikroskopobjektive lassen sich am Balgen für Makroaufnahmen nutzen. Auf den ersten Blick ist der Nachteil dieser Objektive das Fehlen einer Blendeneinstellung: Mikroskopobjektive besitzen normalerweise eine fest Blendenöffnung, wobei bei Mikroskopobjektiven die Blendenangabe als so genannte *Numerische Apertur* erfolgt (vgl. unten).

Geeignete Mikroskopobjektive



Mikroskopobjektive werden nicht nur von verschiedenen Herstellern, sondern auch in deutlich unterschiedlicher Bauweise hergestellt. Die wichtigen Daten finden sich dabei in der Regel auf dem Objektiv eingraviert (siehe Abbildung links): Hier steht 5/0.1 für eine 5-fache Vergrößerung bei einer Numerischen Apertur von 0.1 NA. Und eine Zeile darunter findet sich die Angabe, daß das Objektiv für eine Tubuslänge von 160mm konzipiert ist, gefolgt von einem Bindestrich, der angibt, daß die Deckglasdicke keine Rolle spielt.

Tubuslänge

Gängige Werte für die Tubuslänge (beim Einsatz am Mikroskop) sind 160 bzw. 170 mm. Beide Bauweisen sind für Makrofotografie geeignet. Viele neuere Mikroskopobjektive besitzen jedoch bei der Tubuslängenangabe ein ∞ -Zeichen. Dies verweist darauf, daß das Objektiv nur über eine zusätzliche Tubuslinse im Strahlengang eine Abbildung liefert. Solche Objektive sind nicht (oder nur mit speziellen Konstruktionen) für die Makrofotografie nutzbar.

Numerische Apertur

Bei Mikroskopobjektiven wird statt einer Blendenzahl die so genannte Numerische Apertur (NA) angegeben. Sie können überschlägig aus der Numerischen Apertur die zugehörige Blendenzahl nach folgender Formel berechnen:

$$\text{Blendenzahl} = \frac{1}{2 * NA}$$

Deckglasdicke

Beim Mikroskopieren wird typischerweise ein Objekt auf einem Objektträger platziert und mit einem Deckglas abgedeckt. Übliche Deckglasdicken sind 0,17mm. Vor allem Mikroskopobjektive mit kleinerer Vergrößerung (< 10x) lassen sich jedoch beim Mikroskopieren gleichermaßen mit und ohne Deckglas nutzen. Das Fokusstacking beim Einsatz von Mikroskopobjektiven in der Makrofotografie bewirkt, daß häufig auch Mikroskopobjektive mit Deckglasdickenangabe sehr gute Ergebnisse liefern.

Achromat, Planachromat und Co.

Bei Mikroskopobjektiven gibt es von einfachen Objektiven bis zu sehr teuren Spezialobjektiven eine große Palette. Achromat und Apochromat bezeichnen dabei Objektive mit einer Korrektur der chromatischen Aberration, während die Vorsilben Semiplan- und Plan- auf eine besonders plane Abbildung verweisen. Auch hier zeigt die Erfahrung, daß durch das Fokusstacking selbst einfache Objektive bereits beachtliche Qualität liefern.

Der mechanische Aufbau

Schon im Bereich 'normaler' Makrofotografie gilt der Grundsatz, daß ein stabiler und erschütterungsfreier Aufbau Grundvoraussetzung für gelungene Makroaufnahmen ist. Dies gilt für die Kamera, die auf einem soliden Stativ stehen und per Kabel- oder Funkauslöser ausgelöst werden sollte, damit nicht das Auslösen selbst zu einer Erschütterung führt, aber auch für das Motiv, das im Zweifelsfall fixiert werden muß. Im Bereich extremer Makrofotografie wird dieser Aspekt der Erschütterungsfreiheit jedoch ganz entscheidend: Selbst das beste Objektiv produziert nur Pixel-schrott, wenn kleine Erschütterungen die Aufnahme stören!

Spiegelvorauslösung noch zu wenig

Bereits in der 'normalen' Makrofotografie wird zurecht betont, daß schon das Hochklappen des Spiegels einer Spiegelreflexkamera eine deutliche Erschütterung für den Kameraaufbau bedeutet. Dies läßt sich mit der so genannten *Spiegelvorauslösung* vermeiden: Beim ersten Druck auf den Fernauslöser klappt nur der Spiegel hoch, zeitlich verzögert, daß das Kamerasystem sich beruhigen kann, wird dann beim zweiten Druck auf den Fernauslöser der eigentliche Belichtungsvorgang gestartet. Im Bereich der extremen Makrofotografie ist jedoch selbst die Spiegelvorauslösung häufig noch zu wenig, denn das Hochklappen des Spiegels stellt zwar eine deutlich größere Erschütterung dar, als das Abrollen des (Schlitz-)Verschlusses, aber auch der Verschlussvorgang selbst kann zu deutlich störenden Erschütterungen führen.

Zwei Strategien

Neben dem Bestreben, den Grundaufbau für extreme Makroaufnahmen so stabil und erschütterungsfrei wie nur möglich zu gestalten, treten deshalb zwei Strategien um auch diese Erschütterungen zu minimieren:

Blitz friert Bewegung ein

Moderne Elektronenblitzgeräte können extrem kurze Blitze erzeugen. Nachfolgend finden Sie für einige neuere Nikon-Modelle die einstellbare Leuchtdauer, die bis zu 1/41600 Sekunde reichen kann³:

Nikon Blitzgeräte	Leuchtdauer (in Sekunden)			
Blitzleistung	SB 900	SB 800	SB 600	SB 200
1/1	1/880	1/1050	1/900	1/1650
1/2	1/1100	1/1100	1/1600	
1/4	1/2250	1/2700	1/3400	
1/8	1/5000	1/5900	1/6600	
1/16	1/10000	1/10900	1/11100	
1/32	1/20000	1/17800	1/20000	
1/64	1/35700	1/32300	1/25000	
1/128	1/38500	1/41600	-	

Wollen Sie eine solch kurze Leuchtdauer des Blitzes erzwingen, müssen Sie diesen im manuellen Modus betreiben. Sie finden im Handbuch zum Blitz angegeben, für welche Blitzleistung welche Leuchtdauer zu erwarten ist. Schon eine Tausendstel Sekunde als Leuchtdauer kann Erschütterungen einfrieren, besser sind jedoch noch kürzere Leuchtzeiten (1/10000 und kürzer).

Lange Verschlusszeit beruhigt das System

Die Erschütterung, die das Öffnen und Schließen des Verschlusses mit sich bringt, läßt sich noch auf eine zweite Weise abpuffern: Als Faustregel gilt, daß ein mechanisch stabil gebauter Aufbau von Kamera, Stativ etc. die Erschütterung des Verschlusses nach 1/10 Sekunde abklingen läßt. Beträgt die Verschlusszeit nun deutlich länger (zum Beispiel 1,5 oder 2 Sekunden), so trägt das Licht, das in der Erschütterungsphase auf den Sensor gelangt, nur einen kleinen und in vielen Fällen vernachlässigbaren Bruchteil zur Gesamtbelichtung statt.

Da auch in diesem Fall selbstverständlich die Blende als bester Kompromiß zwischen Abblenden und förderlicher Blende eingestellt werden sollte, läßt sich die Verschlusszeit zwar im M-Modus von Hand einstellen, aber diese muß schließlich auch noch zu einer korrekten Belichtung führen! Es macht deshalb einen Sinn, das Aufnahmeobjekt mit Lampen zu beleuchten und diese in der Helligkeit bzw. dem Abstand zu variieren, um bei der gewünschten Verschlusszeit eine korrekte Belichtung zu erhalten. Das klingt schwieriger, als es ist, denn ob die Erschütterung durch den Verschluss durch eine Verschlusszeit von 1,5 oder 2 oder 5 Sekunden abgepuffert wird, spielt in der Regel keine Rolle.

³ Tatsächlich ist die Leuchtdauer der Blitze in der Regel etwas länger als von den Herstellern angegeben, da in den meisten Fällen die Leuchtdauer nur vom Erreichen der halben Maximalhelligkeit bis zum Unterschreiten dieses Wertes gemessen wird. Als Abschätzung für den Einsatz in der Makrofotografie sind diese Angaben jedoch ausreichend, zumal auch etwas längere Leuchtdauern von 1/1000 Sekunden noch gute Ergebnisse liefern können.

Focus Stacking

Eine besondere Technik spielt im Bereich der extremen Makrofotografie ein immer wichtigere Rolle: Hinter *Focus Stacking* oder auch *Deep Focus Fusion* (DFF) verbirgt sich die Idee, die Kamera auf einem Einstellschlitten fix auf ein Motiv auszurichten und dann – bei gleicher Schärfereinstellung –



Focus Stacking aus 15 Bildern: Weihnachtskaktus (Stempel und Staubgefäße)

die Kamera über den Schlitten auf das Motiv zuzubewegen. Nach jeweils einem kleinen Bewegungsvorgang wird ein Bild aufgenommen. Das Ergebnis ist eine Serie von 10, 20 oder noch mehr Bildern, die jeweils eine unterschiedliche Ebene im Bild scharf abbilden. Aus dieser Serie von Bildern läßt sich nun über spezielle Software ein einziges Bild errechnen, wobei aus jedem der Ausgangsbilder jeweils nur die schärfsten Bereiche übernommen werden. So entstehen Bilder von extremer Schärfentiefe.

Mikrometer statt Einstellschlitten

Gängige Einstellschlitten für Makroaufnahmen lassen bereits eine recht feine Vor- und Zurückbewegung der Kamera zu. Dennoch haben Sie für extreme Makroaufnahmen und insbesondere für das Focus Stacking zwei Nachteile:

- Die wiederholte und dennoch präzise Einstellung von Bewegungen um 1/10 oder gar 1/100 Millimeter vor bzw. zurück ist nur eingeschränkt möglich: Eine Vierteldrehung am Einstellrad ist typischerweise bereits ein Vor oder Zurück von ¼ Millimeter.
- Außerdem sitzt auf dem Einstellschlitten die schwergewichtige und erschütterungsempfindliche Kombination aus Kamera, Balgengerät und Objektiv, die bereits aufgrund ihres Gewichtes zu störenden Verschiebungen neigt.



Eine aus meiner Sicht ziemlich ideale Alternative stellen Mikrometer(schrauben) dar. Diese dienen als Träger für das Aufnahmeobjekt, lassen sich sehr gut auf 1/100 Millimeter genau einstellen und während der Aufnahmeserie für das Focus Stacking bleibt die Kamera ruhig an ihrem Ort, während nur das Mikrometer bewegt wird.

Gebraucht Mikrometer werden bei Verkaufsplattformen wie Ebay bereits für wenige Euro angeboten. Achten Sie aber auf folgendes: Gängige Bügelmikrometer (Abbildung oben links) besitzen eine Meßspindel, die sich nicht nur vor und zurück bewegt, sondern auch um die eigene Achse dreht. Dies ist natürlich als Halterung für eine Aufnahme denkbar ungeeignet. Viele Innenmeß- und

Schnabelmikrometer (rechts in der Abbildung) besitzen eine Meßspindel, die sich nur vor und zurück bewegt, aber nicht dreht.

Stackshot - die ideale Einstellhilfe

Neben dieser Einstellung der Stackschritte von Hand ist die Arbeit mit einem so genannten Stackshot eine sehr komfortable (aber auch teure) Alternative. Der Stackshot von Cognisys⁴ ist ein hochpräziser Schrittmotor (s Abb. rechts), der von einer Elektronik angesteuert wird, die auch die Auslösung der Kamera übernimmt. Der eigentliche Stacking-Vorgang läuft nach entsprechenden Voreinstellungen automatisch ab.



Stacking-Software

Eine solche Bilderserie muß nun in entsprechender Software zusammengestackt werden. Die vier bekanntesten und ausgefeiltesten Programme hierzu sind:

Software	Webadresse	Preis	RAW
CombineZP	http://www.hadleyweb.pwp.blueyonder.co.uk/CZP/News.htm	Freeware	-
Helicon Focus	http://www.heliconsoft.com/	150.- €	+
Zerene Stacker	http://zerensystems.com/stacker/	83.- €	-
Photoshop CS 4 / 5 / 6	http://www.adobe.com/de/	(900.- €)	+

Infografiken

In den Infografiken neben jedem Ausstellungsbild finden Sie vor blauem Hintergrund folgende Informationen:

- Name des abgebildeten Tieres / der abgebildeten Pflanze
- Angaben zum Kameraobjektiv und Abbildungsmaßstab
- Anzahl der Aufnahmen für das Bild (im Beispiel rechts 68) und Bewegung des Objekts zwischen zwei Aufnahmen in Millimeter.

Deutsche Wespe
(*Vespula germanica*)

EI-Nikkor 2.8/50mm retro
3:1, Blende 5.6
68x0,05mm

Die Bilder dieser Ausstellung wurden vor allem mit folgenden Objektiven aufgenommen:

	Objektiv	Brennweite	Aperture	Blende	Retro	Verwendungszweck
1	Nikon Makroobjektiv 2.8/105mm	105mm	-	2.8-22	-	Makroobjektiv
2	Nikon – EI Nikkor	75mm	-	4-22	-	Vergrößerungsobjektiv
3	Nikon – EI Nikkor (N)	50mm	-	2.8-16	- / ✓	Vergrößerungsobjektiv
4	CZJ Carl Zeiss Jena Semiplan 3,2/0,10 160/-	~36mm	0,10	~5	-	Mikroskop
5	Schneider Kreuznach – Componon	35mm	-	4-16	✓	Vergrößerungsobjektiv
6	CZJ Carl Zeiss Jena – Biotar	25 mm	-	2-16	✓	Normal-8-Schmalfilm
7	LOMO 8x/0,20 (160/0,17)	18.20mm	0,20	~2,5	-	Mikroskop
8	S&H (Spindler & Hoyer) 10/0,25 160/-	15,7mm	0,25	~2	-	Mikroskop
9	CZJ Carl Zeiss Jena – Biotar	12,5mm	-	2,0-16	✓	Normal-8-Schmalfilm
10	Minolta Bellows Micro 2/12,5	12,5mm	-	2,0-16	-	Lupenobjektiv RMS

Rainer Werle
rws – rainer werle software
 Ulmenweg 4
 72076 Tübingen
 www.werle.com E-Mail: rws@werle.com



⁴ <http://www.cognisys-inc.com/stackshot/stackshot.php> (das Gerät kostet ~600.-€)