



Objektive für FT und mFT

Reinhard Wagner



Vorwort

Vorwort zu 1.014

Wieder ein paar neue Objektive, Ergänzungen, Aktualisierungen.

Rocksdorf im Oktober 2021

Reinhard Wagner

Vorwort zu 1.100

Ich wollte eigentlich nur ein paar neue Objektive einpflegen. Und das Layout umstellen. Und dann ist eine Monsterarbeit draus geworden. MTF-Kurven gemacht und eingepflegt, Fotos herausgesucht, die mit dem besprochenen Objektiv gemacht wurden, Fehlerberichtigungen, Aktualisierungen, mehr Daten...

Falls Sie ein Programm suchen, mit dem sie auch bei 700.000 Fotos aus 20 Jahren den Überblick behalten und Bilder finden, die Sie vor 15 Jahren mal mit einem Objektiv gemacht haben, das sie nur einen Tag hatten - ich empfehle Ihnen Excire...

Aus den veranschlagten drei Tagen nebenher ist dann ein ganzer Monat geworden.

Rocksdorf im Februar 2023

Vorwort zu 1.200

Neue Objektive, ein paar neue Hintergrundinfos zu Objektiven.

Mai 2023

Vorwort zu 1.201

Ein paar kleine Aktualisierungen und das 90er Makro

Juni 2023

Vorwort zu 1.300

Neues Layout und ein neues Objektiv. Komplette Überarbeitung.

November 2023

Vorwort zu 1.310

Fehlerbereinigungen nach Hinweisen aus der Community (Danke!) und neue Objektive.

Dezember 2023

Vorwort zu 1.400

Neue Objektive und Erweiterungen für einige Hersteller.

Februar 2024

Vorwort zu 1.500

Neue Objektive und Korrekturen nach den aktuellen Ereignissen.

Mai 2024

Die in diesem Buch verwendeten Markennamen sind im Allgemeinen eingetragene Warenzeichen und deshalb nicht frei.

Es wird keine Gewähr für die Richtigkeit und Verwendbarkeit der in diesem Dokument verbreiteten Informationen gegeben.

Redistribution untersagt.

Verwenden Sie dieses PDF wie ein Buch: Wenn sie es weitergeben, löschen Sie ihre eigene Kopie.

Alle Rechte Vorbehalten.

Verlag Reinhard Wagner

90602 Pyrbaum

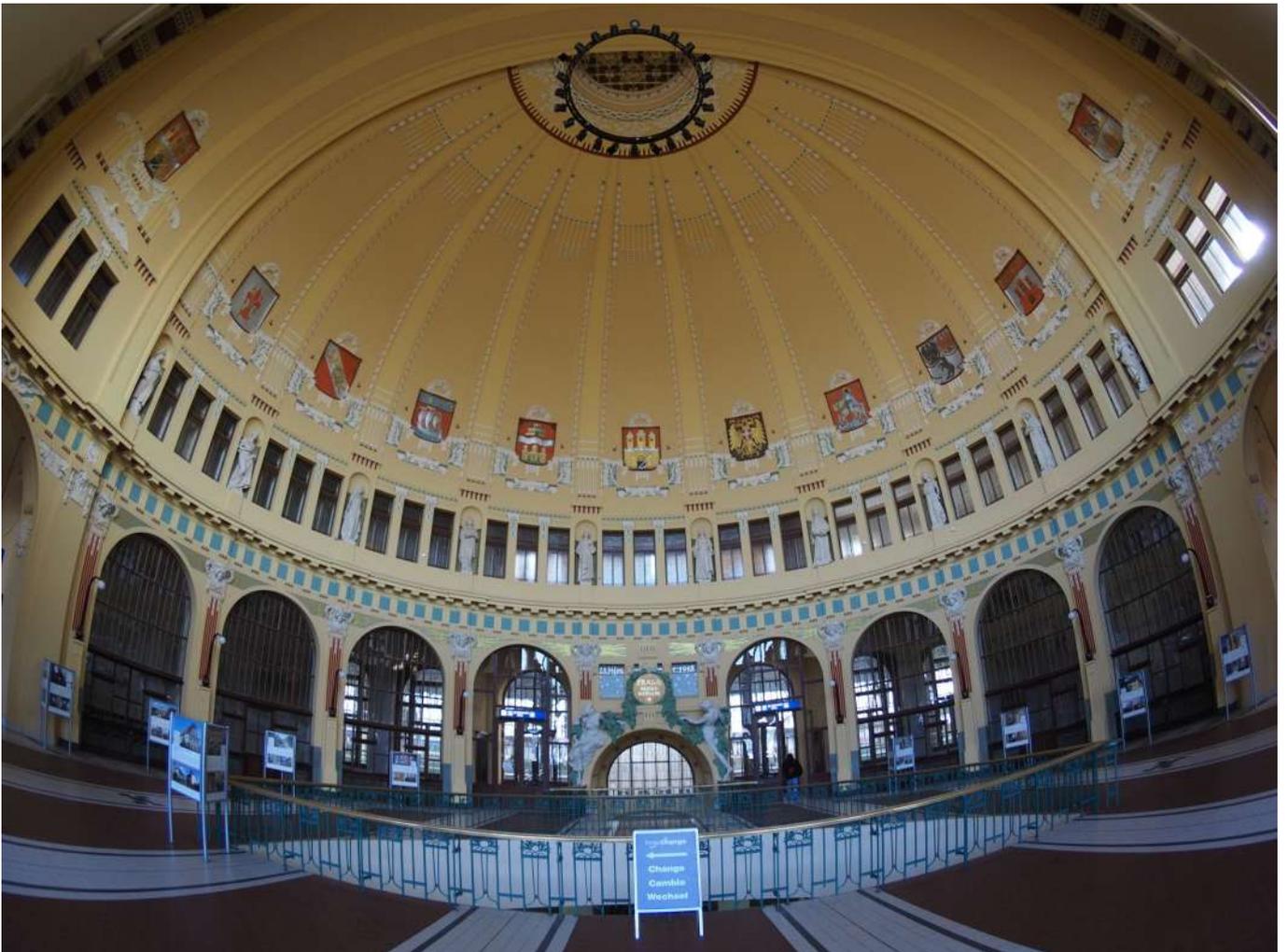
Version 1.500



Inhalt

Vorwort	3	9mm f/8 Fishcap	88
Vorwort zu 1.014	3	12mm f/2	90
Vorwort zu 1.100	3	15mm f/8 Bodycap	92
Vorwort zu 1.200	3	17mm f/1,2	94
Vorwort zu 1.201	3	17mm f/1,8	96
Vorwort zu 1.300	3	17mm f/2,8 Pancake	98
Vorwort zu 1.310	3	20mm f/1,4	100
Vorwort zu 1.400	3	25mm f/1,2	102
Vorwort zu 1.500	3	25mm f/1,8	104
Inhalt 5		45mm f/1,2	106
Objektivtechnik	7	45mm f/1,8	108
Etwas technischer Hintergrund	7	75mm f/1,8	110
MTF-Charts und Testergebnisse	8	300mm f/4	112
Bildebene und Bildwinkel	10	Zuiko-FT	115
Cropfaktor	10	FT-Zoomobjektive	115
Die Beugungsunschärfe	11	7-14mm f/4	116
Blendensterne	13	9-18 f/4,0-5,6	118
Das Bokeh	14	11-22 f/2,8-3,5	120
Chromatische Aberration	16	12-60 f/2,8-4,0	122
Naheinstellgrenze	17	14-35 f/2	124
Randabdunklung	17	14-42 f/3,5-5,6	126
Parfokal	18	14-45 f/3,5-5,6	128
Telebrennweiten	19	14-54 f/2,8-3,5	130
Stative und Köpfe - kurzer Exkurs	25	17,5-45 f/3,5-5,6	132
Ultraweite Winkel	26	18-180 f/3,5-6,3	134
Balgen	33	35-100 f/2	136
Umgang mit Objektiven	35	40-150 f/3,5-4,5	138
Zuiko mFT	41	40-150 f/4-5,6	140
mFT Zoomobjektive	44	50-200 f/2,8-3,5	142
7-14 f/2,8	44	50-200 f/2,8-3,5 SWD	144
8-25 f/4	46	70-300 f/4-5,6	146
9-18 f/4-5,6	48	90-250 f/2,8	148
12-40 f/2,8	50	FT-Festbrennweiten	150
12-45 f/4	52	8mm f/3,5 Fish	150
12-50 f/3,5-6,3	54	25mm f/2,8 Pancake	152
12-100 f/4	56	35mm f/3,5 Makro	154
12-200 f/3,5-6,3	58	50mm f/2 Makro	156
14-42 f/3,5-5,6	60	150mm f/2	158
14-42 f/3,5-5,6 Pancake	62	300mm f/2,8	160
14-150 f/4,0-5,6 II	64	Sigma	163
40-150 f/4,0-5,6R	66	mFT	163
40-150 f/4	68	FT	164
40-150 f/2,8	70	FT-Zooms	165
75-300 f/4,8-6,7II	72	10-20 f/4-5,6	166
100-400 f/5,0-6,3	74	50-500 f/4-6,3	166
150-400 f/4,5	76	70-200 f/2,8	168
150-600 f/5,0-6,3 IS	78	300-800 f/5,6	169
mFT Makroobjektive	80	Festbrennweiten	170
30mm f/3,5 Makro	80	105mm f/2,8 Makro	171
60mm f/2,8 Makro	82	150mm f/2,8 Makro	172
90mm f/3,5 Makro	84	Panasonic	173
mFT Festbrennweiten	86	mFT	173
8mm f/1,8 Fish	86	mFT Zoomobjektive	174
		Lumix 7-14 f/4	176
		Leica 8-18 f/2,8-4	177
		Leica 10-25 f/1,7	178
		Lumix 12-35 f/2,8II	180

Lumix 12-32 f/3,5-5,6	181
Lumix 12-60 f/3,5-5,6	182
Leica 12-60 f/2,8-4,0	184
Leica 25-50 f/1,7	186
Lumix 35-100 f/2,8	188
Lumix 45-175 f/4,0-5,6	190
Leica 50-200 f/2,8-4,0.	192
Leica 100-400 f/4-6,3	194
mFT Festbrennweiten	196
Leica 9mm f/1,7.	196
Leica 12mm f/1,4	198
Leica 15mm f/1,7	200
Lumix 20mm f/1,7.	202
Leica 42,5 f/1,2	204
Leica 200mm f/2,8	206
FT-Objektive	208
Fremdobjektive	211
Voigtländer	211
Kowa	213
Tokina	213
Tamron	214
Laowa	215
Samyang	217
Lensbaby	218
TtArtisan	219
7Artisans	220
SLRMagic	221
Sonstige Objektive	223
Zwischenringe und Konverter	229
Zwischenringe	229
Balgengeräte	229
Retroadapter	231
Telekonverter	232
Vorsatzlinsen	234
Speedbooster.	235
Adapter	236
Glaspilz	238
Objektive reinigen	238
Vorsatzfilter.	239
UV-Filter	239
IR-Filter	240
Polfilter	241
Graufilter	243
Grauverlaufsfiter	247
Bildquellen:	248
Nodalpunkte	249
Abstände des Stativgewindes zur Sensorebene.	249
Nodalpunkte der Objektive	250
FT-Zuiko.	250
mFT-Zuiko Zooms	250
mFT-Zuiko Festbrennweiten	251
mFT-Fremdobjektive: Panasonic, Voigtländer.	251
mFT-Fremdobjektive: Sigma	251
Hyperfokaldistanzen von Brennweiten- und Blenden- kombinationen:	252



8mm, 1/160s, f/3,5, ISO 800. Bahnhofshalle in Prag. Fisheye.

Objektivtechnik

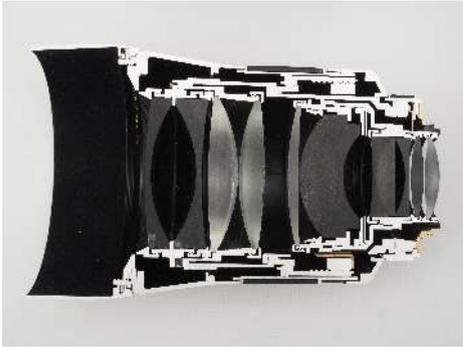
Etwas technischer Hintergrund

Objektive sind Präzisionsinstrumente. Auch wenn die Hersteller alles tun, um sie so alltagstauglich wie möglich zu machen - wenn Ihnen ein Objektiv auf den Steinfußboden fällt, dann ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass innen drin irgendwas verrutscht - selbst wenn das Gehäuse den Schlag unter Umständen ohne Kratzer wegsteckt. Wenn so etwas passiert, dann bezeichnet man das Objektiv als "dejustiert" - das macht sich dadurch bemerkbar, dass das Bild ganz merkwürdig unscharf ist, an manchen Stellen knackscharf, an anderen Stellen unscharf, obwohl das eigentlich in der gleichen Schärfenebene liegen müsste.

Wenn Ihnen also ein Objektiv runterfällt, überprüfen Sie es sehr genau und schicken Sie es im Zweifelsfall zum Hersteller zur Reparatur.

Leider macht das nicht jeder, und so tummeln sich auf dem Gebrauchtmrkt jede Menge dejustierte Objektive. Wenn Sie also ein Objektiv von Unbekannt kaufen, kalkulieren Sie immer erst noch eine Generalüberholung in den Kaufpreis mit ein. Bei neueren Objektiven gibt es von OM-System Pauschalen, eine aktuelle Liste finden Sie bei pen-and-tell, ältere Objektive kann unter Umständen noch viadaVinci Dialog in Hamburg reparieren.

Ein Wort noch zur Stabilität der Optiken insgesamt: Die meisten Objektive werden heute aus glasfaserverstärktem Kunststoff gebaut, teilweise mit Metallbajonett oder anderen Metallteilen. Objektive komplett aus Metall



Das Zeiss Otus. Mit einem Adapter auch an mFT zu verwenden. 55mm, f/1,4

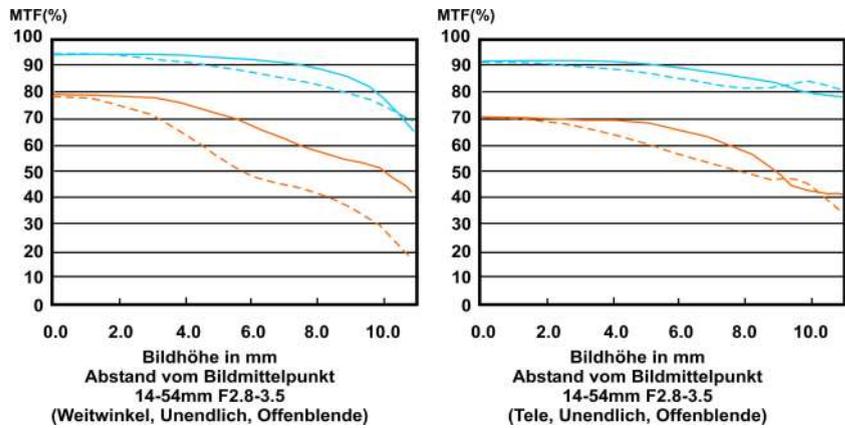
sind die Ausnahme: Die Zeiss CinePrimes etwa, die sprichwörtlich aus dem Vollen gefräst sind.

Das hat einen ganz simplen Hintergrund: Damit die Objektive sich nicht bei Hitze ausdehnen oder bei Kälte zusammenziehen, sind reine Metallkonstruktionen ausgesprochen aufwendig. Bekommen solche Objektive einen heftigen Schlag, dann neigen Sie dazu, sich zu verbiegen. Der GFK (Glas-Faser verstärkter Kunststoff)¹ dagegen bricht in einem solchen Fall. Es ist aber prinzipiell egal, ob das Objektiv verbogen oder gebrochen ist: Das entsprechende Teil muss erneuert werden, was bei GFK definitiv schneller möglich ist - zudem muss nicht langwierig vermessen werden, ob ein Teil verbogen ist: Was gebrochen ist, wird ausgetauscht, der Rest kann bleiben.

MTF-Charts und Testergebnisse

Es gibt Fotografen, die im Wesentlichen Millimeterpapier fotografieren, um herauszubekommen, welches ihr aller-, allerschärfstes Objektiv mit der kleinsten Verzerrung ist. Zusätzlich studieren sie stundenlang Vergleichsbilder im Internet und lesen alle Tests, die DXO, Lenstip und die vielen Fachzeitschriften veröffentlichen. Und dann stellen sie fest, dass sie die allerbeste Abbildung bei einer Brennweite und einer Blende bekommen, die irgendwie für die allermeisten Motive nicht passt.

Widerstehen Sie der Versuchung, Objektivvergleiche anzustellen. Sie haben in ein System investiert, in dem es echte "Möhren" eigentlich nicht gibt. Selbst das legendäre FT 17,5-42, das eine Zeitlang bei der E-400 mitverkauft wurde, ist besser als sein Ruf - und es gibt Fotografen die buchstäblich mit Flaschenböden oder per Heisskleber an Pappröhren montierten Linsen aus Türspionen fotografieren - und Erstaunliches zu Wege bringen. (Und es gibt Objektive wie das Petzval oder das Trimagon, die bereits ab Werk auf schlechte Abbildungsleistung "optimiert" sind.)



MTF-Chart des FT 14-54

Eine Rolle bei der Objektivbeurteilung spielt auch oft das "MTF-Chart" eines Objektivs. Die MTF (Modulation Transfer Function) ist eine Funktion zur Darstellung der Abbildungsleistung eines Objektivs. Olympus hat für alle seine ZUIKO-Objektive MTF-Charts veröffentlicht. Diese Grafiken werden nur noch bei Leica und Zeiss tatsächlich gemessen, alle anderen Hersteller erhalten die MTF-Charts aus der Linsenberechnung. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Linienmuster mit einer bestimmten „Frequenz“, also mit einem definierten Abstand der Linien, durch das Objektiv abgebildet wird. Der Verlust, der durch das Objektiv auftritt, betrifft einerseits Bildschärfe und andererseits Bildkontrast. Dieser Verlust wird grafisch dargestellt. Die von Olympus veröffentlichten MTF-Charts zeigen die Entwicklung der Auflösung des Bildes über den Sensor, ausgehend von der Mitte des Sensors bei einer Frequenz des Charts von 20lp/mm (Linienpaare pro Millimeter) und 60 lp/mm. Panasonic gibt bei seinen MFT-Objektiven lediglich Frequenzen von 20 lp/mm und 40 lp/mm an.

1 GFK ist eine deutsche Abkürzung. Auf englisch heißt das GFRP = glass-fibre reinforced plastic

Das Chart wird folgendermaßen gelesen: Die oberen, blauen Linien entsprechen der Kurve bei einer Frequenz (einem Muster) von 20 Linienpaaren pro Millimeter (lp/mm), die orangefarbenen Linien 60lp/mm. Bei Kleinbildsensoren werden nur 10lp/mm und 30lp/mm angegeben, weil da der Sensor ja auch größer ist.

Die Messung erfolgt in der Bilddiagonale, ausgehend vom Bildmittelpunkt. Der Ort der Messung ist an der waagrechten Achse abzulesen. Wenn dort 6 steht, dann ist das 6mm vom Mittelpunkt entfernt.

Die durchgezogene Linie entspricht einem Streifenmuster, das längs der Bilddiagonale verläuft (sagittal), die gestrichelte Linie entspricht einem Streifenmuster, das quer zur Bilddiagonalen verläuft (meridional). Das erste ist also quasi ein Sternchenmuster, das zweite sind Kreise, jeweils mit Zentrum in Bildmitte.

Von oben nach unten nimmt die Signalqualität ab. 100% wäre das Originalmuster, 0% ununterscheidbares Grau.

Die Unterscheidung von schwarzen und weißen Linien kann an zwei Problemen scheitern: entweder an mangelndem Kontrast (alles ist detailreich aufgelöst, aber leider grau in grau) oder an mangelnder Detailauflösung (Schwarz ist da, Weiß ist da, aber es ist nicht klar, wo das eine anfängt und das andere aufhört). Das kann man nun den beiden Linien unterscheiden. Die 20lp/mm-Linie dient zur Bewertung des Kontrastes, die 60lp/m-Linie zur Bewertung der Auflösung.

Bis zu einem Wert von etwa 20% bei der 60lp/mm-Linie kann die Schärfe digital "gerettet" werden.

Objektive, deren MTF-Charts charakteristische "Wellen" aufweisen, sind auf Kontrast korrigiert. Diese Schärfeverläufe sehen nicht gut aus und müssen in der Kamera digital korrigiert werden. Das ist ein gewisses Problem, weil sich digitale Schärfe anders zusammensetzt als natürliche Schärfe. Eine gleichmäßig fallende MTF-Kurve ist deshalb leichter und harmonischer zu korrigieren als eine wellenformige Kurve.

60lp/mm entsprechen übrigens bei einem FT-Sensor einer Auflösung von 3,2Megapixel. Um 20Megapixel randscharf zu liefern, muss das Objektiv etwa 150 Linienpaare pro mm auflösen. Wie man an den MTF-Charts sieht, sind die Auflösungen in der Mitte des Sensors erheblich höher.

Die Vergleichbarkeit mit MTF-Charts anderer Hersteller ist nur eingeschränkt gegeben, zudem ist die Aussage von MTF-Charts bezüglich der endgültigen Bildqualität des Systems sehr begrenzt. Nehmen Sie also ein MTF-Chart, wie jedes andere Testergebnis als Hinweis, aber nicht als endgültiges Urteil über die Anschaffung eines Objektivs.

Objektive werden seit Jahrzehnten auf den Anwendungszweck optimiert. Objektive für Negativfilm erhielten bis in die 70er-Jahre hinein linear abfallende MTFs, da der Kontrastverlust bei feineren Linien durch entsprechend ausbalancierte Chemie im Entwicklungs- und Vergrößerungsprozess aufgefangen werden konnte. Im Zeitalter der Diafilme wurden die Objektive so gerechnet, dass die Bilder auf Kosten der hohen Auflösung höheren Kontrast aufwiesen, dann aber bei feinen Strukturen einbrachen. Die Projektion wurde dadurch brillanter, knackiger, allerdings konnten keine befriedigenden hochauflösenden Prints mehr hergestellt werden.

Die heutigen digitalen Objektive sind eine Mischung beider Strategien. Es gibt Objektive, die linear abfallende MTFs haben, die meistens hervorragend auflösen und eine phänomenale Dynamik liefern, aber unbeliebt sind, weil sie nicht "knackig" sind - und andere Objektive, die auf Kontrast korrigiert sind und kontrastreiche Bilder liefern, aber dafür an anderen Stellen etwas "haken". Das ist Geschmackssache. Ein Beispiel für zwei solcher Objektive sind das Zuiko 14-54 und das Zuiko 12-60. Beide Objektive haben einen ähnlichen Brennweitenbereich. Das 14-54 ist etwas lichtstärker, das 12-60 etwas knackiger. Beide Objektive haben ihren Fankreis - und interessanterweise gibt es selten Leute, die das Lager wechseln.



Bildebene und Bildwinkel

Die Bildebene ist die Ebene, auf die ein Objektiv scharf abbildet. Die Bildebene ist bei den Olympus-Kameras meist auf der Oberseite der Kamera durch einen kleinen Kreis mit Strich markiert. Diese Markierung liegt bei mFT knapp 20 mm hinter dem Bajonett, bei FT knapp 40mm.

Jedes Objektiv bildet innerhalb eines Winkels auf den Sensor ab. Bei Zoomobjektiven ist dieser veränderlich. Der Bildwinkel berechnet sich aus dem Aufnahmeformat, in diesem Fall dem FT-Sensor, und der Brennweite. Das gilt aber nur für Normalobjektive bei Unendlich-Einstellung und nicht für spezielle Objektivkonstruktionen wie zum Beispiel Fisheye-Linsen. Der Bildwinkel, der in den technischen Daten eines Objektivs zu finden ist, eignet sich jedoch hervorragend, um Objektive miteinander zu vergleichen. Wenn Sie selbst den Bildwinkel einer Brennweite ermitteln wollen:

$$\text{Bildwinkel} = 2 \times \arctan (\text{Sensordiagonale} / (2 \times \text{Brennweite}))$$

In diesem Fall erhalten Sie den diagonalen Bildwinkel, wie er von den Herstellern immer angegeben wird. Statt der Sensordiagonale können Sie auch die Sensorhöhe oder Sensorbreite einsetzen und erhalten dann den entsprechenden Bildwinkel. Der Winkel wird im Bogenmaß berechnet. Für die etwas anschaulichere Gradzahl müssen Sie das Bogenmaß noch ins Gradmaß umrechnen. Falls Sie in der Schule gerade gefehlt haben, als die Winkelfunktionen durchgenommen wurden: Man kann auch ohne fotografieren.

E-M1 mit Sigma 70-230 f/4,5. Durch den Anschluss an die E-M1 mutiert das Objektiv nicht auf einmal zum 140-460.



Cropfaktor

Der Cropfaktor oder auch "Brennweitenverlängerungsfaktor" ist eigentlich eine Erfindung des Marketings. Er wurde notwendig, weil es für die ersten digitalen Spiegelreflexkameras keine passenden Objektive gab und man den Kunden die alten analogen Objektive verkaufte. Damit die wussten, welchen Bildwinkel sie erwarten konnten, sollten Sie die Brennweite mit dem "Cropfaktor" multiplizieren. Das "Crop" kommt natürlich aus dem Englischen und bezeichnet den Beschnitt, den der kleinere Sensor dem Bildkreis des Kleinbildobjektivs angedeihen lässt.

Nach einiger Zeit hatte sich die Umrechnung so eingeschliffen, dass man, als dann tatsächlich zu den Objektiven passende Kleinbildsensoren hergestellt werden konnten, im Unterschied zum "Crop" vom "Vollen Kleinbildformat" gesprochen wurde. Das kam mal wieder aus USA, dort hieß es "Full 35mm Format". Das zu übersetzen klang komisch: "Volles 35mm Format". Das "Vollformat" war geboren.

Zwischenzeitlich hatte sich der "Crop" aber verselbstständigt und man sprach auf einmal von "Cropkameras" - also Kameras, die einen Sensor besitzen, der kleiner ist als das Kleinbildformat. Rein technisch

hanebüchener Unsinn, da jede Kamera, an die man ein Objektiv anschraubt, das einen größeren Bildkreis liefert, im Hui zur Cropkamera wird. Man baue ein Mittelformatobjektiv an eine Kleinbildkamera - und schon ist das "Vollformat" eine "Cropknipse".

Vollends unsinnig wird der ganze "Crop", wenn man berücksichtigt, dass es längst für jedes APS-Format, genauso wie für FT/mFT native Objektive gibt. Da wird nichts gecroppt.

Wirklich problematisch wird es dann, wenn bei der ganzen Crop-Umrechnung vergessen wird, dass es hier ausschließlich um den Bildwinkel im Vergleich zu Kleinbild geht - und um sonst nichts. Am Objektiv ändert sich dadurch, dass man es an eine andere Kamera schraubt, gar nichts. Brennweite und Lichtstärke bleiben gleich und damit auch alle Effekte, die eine Folge von Brennweite und Lichtstärke sind.

Vergessen Sie also alle Cropfaktorrechnung. Brennweite ist immer Brennweite. Ein 50-200 ist ein 50-200, auch wenn Olympus zeitweise Aufkleber mit 100-400 draufgepappt hat um nichtsahnende Kleinbildfotografen zu beeindrucken. Und wenn Sie ein Noflexar 400mm an ihre Oly adaptieren, dann ist das immer noch ein 400mm-Objektiv und nicht auf einmal ein 800mm-Rohr.



50mm 1/160s, f/14, ISO 200, 51mm Zwischenringe. Die Schärfentiefe beträgt hier selbst bei Blende 14 unter einem Millimeter. Die Wollkrautblütenkäfer sind nur 3mm lang.

Die Beugungsunschärfe

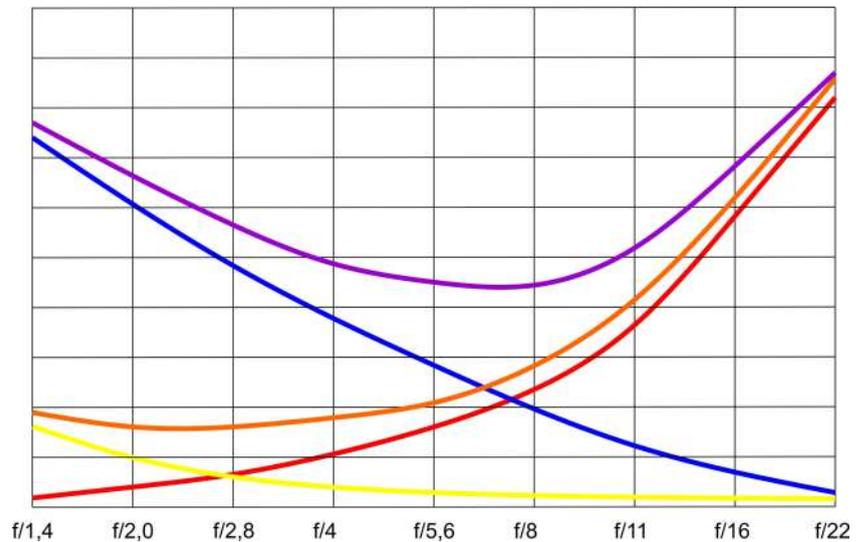
Um eine größere Schärfentiefe zu erzielen bzw. um längere Belichtungszeiten bei hellem Sonnenschein zu ermöglichen, werden gern große Blendenzahlen verwendet.

Das hat aber Folgen: Durch die Lichtbrechung an den Kanten der Blende entstehen sogenannte Beugungsscheibchen – nichts anderes als Unschärfen. Diese betreffen das gesamte Bild. Je kleiner nun die Blendenöffnung ist, desto größer ist der Anteil der Beugungsscheibchen am Gesamtlichteinfall.

Die sogenannte „förderliche Blende“, die den Kompromiss aus Beugungsunschärfe und Schärfentiefe darstellt, liegt bei 16MP FT-Kameras etwa bei $f/8$, im Makrobereich ist die förderliche Blende abhängig vom Abbildungsmaßstab.²

² Der Abbildungsmaßstab gibt an, wie groß ein Motiv maximal auf dem Sensor abgebildet werden kann, wenn sich das Motiv an der Nahgrenze (der minimalen Arbeitsentfernung) des Objektivs befindet. Der Abbildungsmaßstab ist nach der Formel „Bildgröße zu Objektgröße“ definiert. Ein Abbildungsmaßstab von 1:2 bedeutet, dass ein Motiv (Objekt) mit einer Höhe von zwei Zentimetern auf dem Sensor in einer Größe von einem Zentimeter abgebildet wird. Beim FT-Querformat ist das bildfüllend. Der Abbildungsmaßstab M kann allgemein berechnet werden mit $M = (\text{Auszugsverlängerung} / \text{Brennweite})$. Werden nun Zwischenringe montiert, steigt die Auszugsverlängerung und damit der Abbildungsmaßstab.

Zusammenhang zwischen Objektivfehlern und Blende. Die rote Linie gibt die Stärke des Abbildungsfehler durch die Beugung an, blaue und gelbe Linie die konstruktiven Abbildungsfehler zweier Objektiv. Die resultierende Größe des gesamten Abbildungsfehlers zeigt jeweils die orangene (für das gelbe Objektiv) und die lila Linie für das blaue Objektiv. Das gelbe Objektiv hat die beste Abbildung zwischen $f/2$ und $f/2,8$ und wird dann wieder "schlechter", das blaue Objektiv ist etwa bei $f/8$ am Besten. Das Gelbe ist aber bis $f/22$ immer besser als das blaue Objektiv.



Die neueren Olympus-Kameras haben nun eine Elektronik eingebaut, die die durch die Beugung verursachten Unschärfen im JPG ausgleicht. Rein physikalisch ist das natürlich nicht möglich - Unschärfe ist Unschärfe und da kann auch Olympus nicht hexen. Aber Olympus hat einen trickreichen Algorithmus entwickelt, der blendenabhängig schärft - die Unschärfen in feinen Strukturen werden damit tatsächlich etwas ausgeglichen - allerdings schlägt der Algorithmus erst ab Blende 16 richtig zu.

Lassen Sie sich also nicht durch die förderliche Blende verrückt machen. Die durch die Beugungsunschärfe verursachten Verluste sind - vor allem nach der Nachbehandlung durch den Bildprozessor - so gering, dass sie in der Hitliste der Unschärfeursachen ganz hinten steht. Wenn Sie für ein spezielles Bild eine extreme Schärfentiefe brauchen, blenden Sie auf $f/22$ ab. Sie erreichen damit die gleiche Schärfentiefe wie bei Kleinbild mit Blende $f/44$. Natürlich wird das Bild dann insgesamt etwas weicher - aber so oft muss man diesen Kompromiss ja nicht eingehen. Und berücksichtigen Sie: Auch mit Blende 22 werden die Bereiche, die mit einer größeren Blendenöffnung noch unscharf waren, schärfer. Nur wird eben die Abbildung im Schärfebereich selbst schlechter.

Es gibt relativ wenig Gründe, tatsächlich auf $f/22$ abzublenden. Im Freiland kümmern Sie sich besser um ihre Hyperfokaldistanz, dann brauchen Sie nicht so stark abblenden und im Makrobereich gibt es mittlerweile das Fokus-Stacking, das Ihnen die geschlossene Blende auch oft erspart. Im Endeffekt blendet man vor allem ab, um Blendensterne zu erreichen. Dazu später.

Wenn Sie Objektivtests lesen, werden Sie feststellen, dass die wenigsten Objektiv mit Offenblende ihr Leistungsmaximum haben. Die meisten müssen abgeblendet werden, damit sie die beste Schärfe erreichen. Es gibt aber sehr teure Objektiv, wie etwa das Zuiko 75mm $f/1,8$, das bereits ab Blende 4 wieder „schlechter“ wird. Hier schlägt die Beugung zu. Ein Objektiv, das bereits ab Offenblende „schlechter“ wird, ist ein so genanntes beugungsbegrenztes Objektiv. Ein Beispiel ist das Rodenstock HR Diga-W 90mm $f/5,6$, eine Festbrennweite für Fachkameras, die um die 3600 Euro gehandelt wird.

Wird ein Objektiv durch Beugung schlechter, so bedeutet das, dass die Abbildungsfehler des Objektivs unterhalb dessen liegen, was die Beugung, die eine Konstante ist, verursacht. Ein beugungsbegrenztes Objektiv kann durch konstruktive Maßnahmen nicht mehr verbessert werden, es ist sozusagen ein „ideales“ Objektiv.

Im Internet gibt es Vergleichsspezialisten, die nun erklären "Das Objektiv ist schlecht, das wird bereits ab Blende 4 wieder schlechter. Das andere ist besser, das wird erst ab Blende 8 schlechter."

Wie schon geschrieben: Im Makrobereich ist die Sache nochmal etwas anders. Dort sind die Schärfentiefen so gering, dass die förderlichen Blenden anderen Gesetzen gehorchen.

In der Tabelle sind links starke Vergrößerungen, rechts schwache Vergrößerungen.

Förderliche Blende und Abbildungsmaßstab bei 16MP-Sensor					
5:1	4:1	2:1	1:1	1:2	1:5
1,7	2,0	3,5	5,6	7,0	8

Wie man sieht, funktioniert Makrofotografie eigentlich gar nicht - denn die Schärfentiefe bei einem Abbildungsmaßstab von 1:1 und Blende 5,6 liegt bei zwei Zehntel Millimetern - ziemlich genau die Dicke von zwei Blatt Papier.

Nun haben sie zwei Möglichkeiten: Sie "stacken" einige Dutzend Aufnahmen im Computer - oder Sie ignorieren die Optik und blenden einfach so weit ab, wie Sie für ihre Schärfentiefe benötigen und kucken dann nicht so genau hin.³

Es gibt allerdings eine Faustformel: Weiter als die vierfache Blendenzahl der förderlichen Blende sollten sie nicht abblenden. Was dann rauskommt, ist auch beim besten Willen und weitem Abstand nicht mehr als scharf zu bezeichnen. Blenden Sie also unterhalb von 1:1 nicht mehr auf 22 ab und bei 4:1 nicht weiter als Blende 8.



150mm, 8s, f/20, ISO 400. Hafen von Valletta, Malta. Nicht jede Straßenlaterne macht Blendensterne.

Blendensterne

Blendensterne sind ebenfalls eine Folge der Beugung. Sie entstehen dadurch, dass an den Kanten der Blende das Licht gebeugt wird. Dies geschieht unabhängig davon, welche Form die Blende hat. Ist die Blende exakt kreisrund, so ist auch der „Blendenstern“ kreisrund, bzw eigentlich sieht er aus wie eine runde Welle in einem See, in den man einen Stein geworfen hat. Besitzt nun die Blende zwei gegenüberliegende, parallele Kanten, so stoßen diese „Wellen“ quasi an den Kanten an, laufen zurück und überlagern sich mit den Wellen von der Gegenseite zu größeren Wellen. Effekt: Hat eine Blende eine gerade Anzahl von Blendenlamellen,

³ Wenn Sie aus dem Kleinbildbereich kommen, berücksichtigen Sie, dass es hier um völlig andere Abbildungsmaßstäbe geht. Bei Kleinbild ist eine Stubenfliege nur mit 2:1 halbwegs formatfüllend zu fotografieren, bei FT erreicht man das bereits mit 1:1.

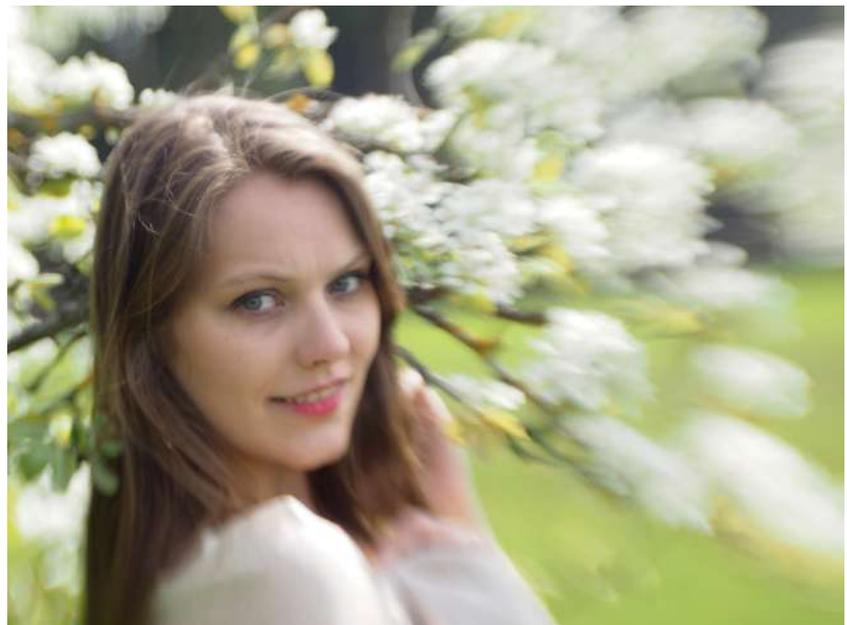
so hat der Blendenstern genausoviele Zacken wie die Blende Lamellen – und die Zacken sind sehr groß.

Hat die Blende eine ungerade Anzahl Lamellen, wie alle Zuiko-Objektive, dann sind die Blendensterne nur halb so groß und haben doppelt so viel Strahlen wie Lamellen. Kreisrunde Blenden haben gar keine Blendensterne. Damit man die Effekte der Beugung – also die Blendensterne – besser sieht, müssen Sie abblenden. Sie können also nur eines haben: Blendensterne oder knackscharfe Bilder...

Wichtig für Blendensterne ist auch, dass die Lichtquellen sehr stark – und möglichst klein sind. Leuchtstoffröhren produzieren keine Blendensterne, ihre Leuchtdichte ist zu gering. Ideal sind Halogenlampen mit kleinen Reflektoren oder LEDs. Auch die Sonne ist mit den meisten Brennweiten eigentlich schon zu groß für einen schönen Blendenstern. Abhilfe: Den Großteil der Sonne durch Teile des Motivs verdecken.

Falls Sie viel mit Blendensternen machen wollen, besorgen Sie sich bei Heliopan oder Marumi ein sogenanntes "Crossfilter". Das hat den großen Vorteil, dass Sie Beugungssterne auch mit Offenblende erzeugen können. Abblenden dürfen Sie mit einem solchen Filter aber nicht mehr, sonst sehen sie das im Filter eingätzte Muster im resultierenden Bild.

Der "Sternchenfilter", den die Kamera als Option bei einigen Artfiltern anbietet, ist leider kein Ersatz für die optische Methode. Zudem wird der elektronische Sterncheneffekt im Sucher nicht bei allen Kameras angezeigt. Aber auch hier gilt: das sieht nur bei Punktlichtquellen gut aus.



50mm, f/2, 1/1600s, ISO 200. Lensbaby Muse. Bokeh muss nicht notwendigerweise kreisrund sein. Eigentlich ist es das nur in den seltensten Fällen. Das Bokeh des Lensbaby (hier das Alte mit Plastiklinse und FT-Bajonett) ist allerdings besonders extrem.

Das Bokeh

Werden Teile eines Bildes extrem unscharf, da die Schärfentiefe zu gering ist, steigt der Durchmesser des Zerstreuungskreises so stark an, dass schließlich die Objektkonturen aufgelöst werden. Lichtreflexe werden nun nicht mehr punktförmig abgebildet, sondern als mehr oder weniger große, helle Scheiben. Die Form der Scheiben wird durch das Objektiv bestimmt, einerseits durch die Form der Blende und andererseits durch den Korrekturzustand des Objektivs.

Diese Scheiben nennt man "Bokeh". Der Begriff kommt aus dem Japanischen, dort bezeichnet man mit "boke" alte Menschen mit Spinnweben in den Haaren oder eben auch den unscharfen Bereich eines Fotos. Das "h" am Ende hat Mike Johnston, ein nordamerikanischer Journalist, hinzugefügt, um zu verhindern, dass die amerikanischen Leser das E am Ende verschlucken. Ausgesprochen wird das Wort nicht etwa "Bokay", wie man es oft bei besonders coolen Fotografen hört, sondern tatsächlich "boke" - kurzes o, kurzes e.

Je weicher das Bokeh ist, desto besser. Bokeh soll nicht Selbstzweck sein, sondern das Motiv betonen und nicht davon ablenken.

Es wird behauptet, die Art des Bokeh's könne direkt aus dem MTF-Chart abgelesen werden. Das ist nicht korrekt. Die üblicherweise veröffentlichten MTF-Charts treffen nur Aussagen über die grobe Form des Zerstreuungskreises in der Schärfenebene, nicht jedoch im unscharfen Bereich.

Den größten Einfluss auf das Bokeh hat jedoch nicht das Objektiv, sondern der Fotograf. Damit Bokeh entsteht, müssen sich Motiv und Hintergrund im richtigen Abstand zueinander befinden, der Hintergrund muss ausreichend beleuchtet sein und genügend kleine Reflexionsflächen aufweisen, damit in ausreichender Anzahl Spitzlichter entstehen. Ein Hintergrund ohne Spitzlichter verschwimmt einfach, gibt es zu wenig Spitzlichter, stören sie eher, sind es zu viele, überstrahlt der Hintergrund. Typische Situationen für Bokeh sind betaute oder frisch beregnete Wiesen, leicht bewegte Seen oder Bäche, zugeschnittene Wälder bei Tauwetter sowie Nachtporträts mit viel Straßenbeleuchtung.

Bokeh ist eine direkte Funktion der Schärfentiefe. Wenn das Objektiv auf die Hyperfokaldistanz eingestellt ist, gibt es in der Ferne natürlich kein Bokeh mehr. Grob kann man bei Sensoren über 10MP davon ausgehen, dass ein Zerstreuungskreis mindestens 50 bis 100 Pixel haben sollte, damit man von Bokeh sprechen kann. Der Zerstreuungskreis sollte also mindestens 0,17mm betragen. Spätestens bei Zerstreuungskreisen, die größer sind als 1,5mm, wird es dann etwas dominant. Ein gutes Bokeh ist also zwischen 0,3mm und etwa 1mm Zerstreuungskreisdurchmesser zu erwarten.⁴

Diese Zerstreuungskreisdurchmesser können Sie in einen der handelsüblichen DOF-Rechner (Depth Of Field) eingeben und erhalten dann den Bereich, in dem beim entsprechenden Motivabstand und der Brennweiten/Blendenkombination ein Bokeh passender Größe zu erwarten ist.

Seit der Verbreitung des elektronischen Verschlusses gibt es eine weitere Besonderheit bei Bokeh, vor allem bei kurzen Verschlusszeiten. Gerade wenn man Sonnenreflexe im Hintergrund hat, hat man oft offene Blenden und Zeiten von 1/4000s oder noch kürzer. In dem Fall ist der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Vorhang des mechanischen

*54mm, 1/500s, f/3,5, ISO 125, E-P2 mit 14-54.
Je weiter die Blende offen ist, desto größer die Lichtflecken. Gibt es keine Lichtflecken, zerfließt die Struktur in Unschärfe.*



4 Wie mittlerweile fast überall im Internet entwickeln Begriffe Eigenleben. Irgend jemand fängt an Begriffe falsch zu verwenden - und jemand greift das sofort auf und innerhalb kurzer Zeit hat der Begriff seine Bedeutung gewandelt und niemand weiß mehr so genau, was eigentlich gemeint war. Schließlich schreibt das noch einer in Wikipedia und von da an scheint das Gesetz zu sein. Bokeh war früher der Begriff für das Aussehen der Zerstreuungsscheiben. Mittlerweile wird sogar in einer Nikon-Präsentation der Begriff Bokeh mit "Freistellmöglichkeit" gleichgesetzt. Ursprünglich ist Bokeh eine Eigenschaft des Objektivs - mittlerweile gilt es stellenweise als Eigenschaft des Sensors und übermorgen lässt sich irgendwer das als Marke schützen.

150mm, 1/8000s, f/2,8, ISO 200. Typische Beugungsausreißer am mechanischen Verschluss bei kurzen Verschlusszeiten. Unterhalb von 1/4000s treten die nicht mehr störend auf.



Verschlusses so eng, dass relevante Teile des Bildes von der Lichtbeugung am Verschluss betroffen sind. Das sorgt nicht nur für Ausreißer der Lichter quer zum Verschluss - was aussieht wie ein Blendenstern mit nur zwei Strahlen - sondern für eine generelle Unschärfe im Bild. Für das Bokeh ist das supi - das wird weicher. Wie der Rest des Bildes. Nimmt man nun den elektronischen Verschluss, wird zwar das Bild schärfer - aber eben auch das Bokeh sichtbar härter. Irgendwas ist halt immer...

Chromatische Aberration

Chromatische Aberrationen (CAs) sind Abbildungsfehler, die an harten Kontrasten entstehen. Ihre Ursache liegt im unterschiedlichen Brechungsverhalten des Lichts bei verschiedenen Wellenlängen. Auf den Sensor bezogen, liegt der Brennpunkt von Blau vor dem Sensor, der Brennpunkt von Rot dahinter. Bei harten Kontrastkanten – einem dunklen Ast vor hellem, weißem Himmel – gibt es deshalb typische Farbränder.

Es gibt zwei Arten chromatische Aberrationen: Farblängsfehler und Farbquerfehler. Farbquerfehler erzeugen die typischen Lila/Cyan-Kanten. Diese Kanten treten nie an Kanten auf, die vom Mittelpunkt des Bildes radial nach außen laufen, sondern nur an Kanten, die Quer zum Radius sind und werden an den Bildrändern stärker.

Die Ursache von chromatischen Aberrationen liegt im Objektiv. Entsprechende Korrekturen durch Glas sind aufwendig und teuer, deshalb werden Sie bei mFT-Objektiven oft stiefmütterlich behandelt.

Diese Fehler korrigieren die neueren mFT-Kameras intern bei der JPG-Erstellung, zumindest bei Objektiven, die der Kamera mitteilen, welche Farbfehler sie liefern. Manuelle Objektive werden nicht korrigiert.

Beim Farblängsfehler ist die Sache etwas anders. Der Farblängsfehler macht sich im Allgemeinen durch lila Schatten bemerkbar und tritt vor allem bei sehr lichtstarken Objektiven knapp außerhalb der Schärfenebene auf. Eine Abhilfe per EBV gibt es nicht - abblenden hilft aber immer. Das ist natürlich gerade bei lichtstarken Objektiven nicht der Sinn der Sache - aber es gibt keine andere Möglichkeit, also im Zweifel den Farblängsfehler kreativ einbauen.

Panasonic hat bei seinen Kameras einen Weg gefunden, den Farblängsfehler zu eliminieren, indem einfach ein Filter vor den Sensor gesetzt wird um die entsprechenden Wellenlängen der Lila Streifen zu eliminieren. Das ist ein cooler Trick - nur sorgt er dafür, dass das gesamte nahe UV eliminiert wird. Und es gibt dummerweise Motive, bei denen dieses nahe UV wichtig ist. Spezielle Stoffe und einige Blumen. Olympus macht dies nicht - der Effekt ist, dass einige Pana-Objektive an Olympus-Kameras die ganze



14mm, 1/320s, f/5,6, ISO 200. Typische Chromatische Aberrationen. Oben das ganze Bild, links ein Ausschnitt aus dem unkorrigierten RAW.

Pracht ihrer Längsfehler zeigen. Das ist kein Fehler von Olympus, sondern Rotstiftedesign von Panasonic.

Naheinstellgrenze

Die Naheinstellgrenze eines Objektivs bezeichnet den kürzesten Abstand, auf den noch scharfgestellt werden kann und bemisst sich im Allgemeinen ab Bildebene, sprich ab Sensoroberfläche. Der freie Arbeitsabstand ist dagegen der Abstand von der Frontlinse zum Motiv.

Gelegentlich ist in Forendiskussionen auch von der Gegenstandsweite die Rede. Das wiederum ist die Entfernung vom Motiv zur motivseitigen Hauptebene des Objektivs. Diese Entfernung kann aber normalerweise nicht mit dem Maßstab gemessen werden, da sich die Lage der motivseitigen Hauptebene mit der Einstellung des Fokus ändern kann. Wo die beiden Hauptebenen (motivseitig und sensorseitig) bei einer bestimmten Entfernungseinstellung liegen, weiß meistens nur der Hersteller genau.

Randabdunklung

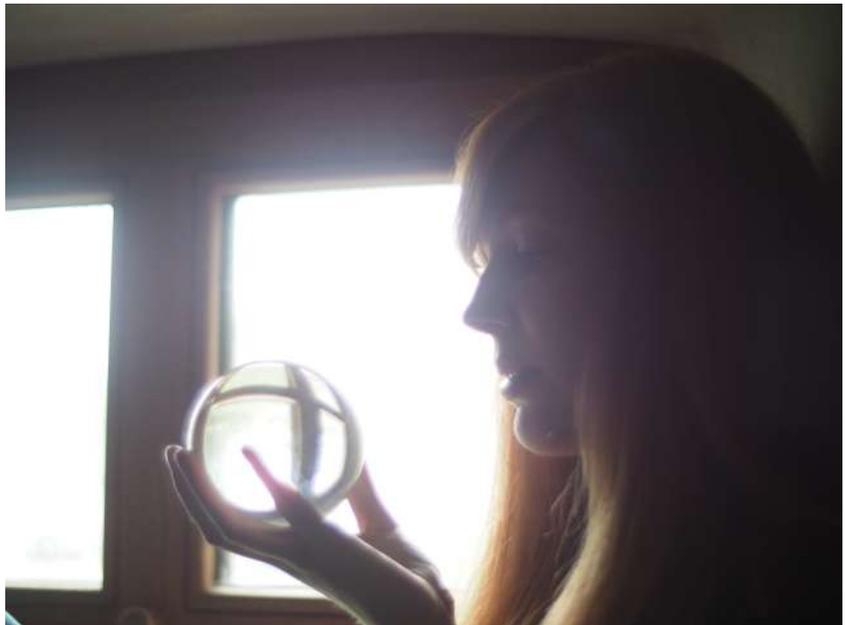
Jeder kennt das, wenn man blauen Himmel fotografiert, scheinen die Ecken des Bildes dunkler zu sein. Teilweise verstärkt man das sogar in der Bildbearbeitung, um den Blick "aufs Motiv zu konzentrieren" und nennt es Vignette.

Es gibt mehrere Arten der Randabschattung. Eine Art wird mit dem Abblenden geringer, eine zweite hat damit zu tun, dass die Lichtstrahlen am Rand des Sensors eine geringere Wirkung auf die Sensorpixel haben. Dann wird bei korrigierten Weitwinkeln der Rand optisch "korrigiert" - was bedeutet, dass die Randlichtstrahlen auf eine größere Fläche gestreut werden. Auch das sorgt dafür, dass das dunkler wird. Und auch engere Bildkreise sorgen dafür, dass die Vignettierung ansteigt. (Ein Beispiel dafür ist das 12-100 f/4 bei 12mm.)

Nun gibt's das Problem, dass so eine Vignette vom Kunden nicht mit Begeisterung begrüßt wird. Also tun die Kamerahersteller alles, um diese Vignette zu reduzieren und stecken in diese Aktion erheblichen Gehirnschmalz. Die im Menü einschaltbare "Randschattenkompensation" ist in diesem Zusammenhang nur ein unbedeutendes Add-On. Die wesentliche Korrektur findet vorher statt.

Mit jeder neuen Kamerageneration werden bei diesem Feature neue Erfolge erzielt - die aber natürlich nicht an die große Glocke gehängt werden, sondern im Parameter "verbesserte Bildqualität" einfließen.

35mm, f/1, 1/200s, ISO 800. OM50mm f/1,4 mit Metabones Speedbooster. Im Gegenlicht ist der Farblängsfehler sehr deutlich zu sehen. Vermeidet man Gegenlicht, so ist diese Kombination knackscharf.



Randabschattung ist ein Problem. Ein Großes. Und das hat nichts mit der halben Blende zu tun, die von diversen Objektivtestern gemessen werden. Randabdunklung kann so weit gehen, dass man von 1,2 auf 1,4 aufblendet und nur merkt, dass der Rand etwas heller wird. Das 75mm 1,8 sieht unkorrigiert aus, als würde man durch eine Pappröhre fotografieren.

Auf diese RAWs werden nun ausgefeilteste Rechenvorschriften angewandt, die den Rand vorsichtig aufhellen

Überraschung: Das hebt natürlich das Rauschen in den Randbereichen an. Es hilft allerdings nichts, einfach überzubelichten, weil dann die helle Mitte ausfrisst.

Wir sind genau in so eine Falle mal anno 2010 gerannt, als wir mit der E-P2 und unter anderen mit dem neuen Panasonic 20mm f/1,7 an der Bühne gefilmt haben. Alle Objektive waren gleich eingestellt, nur das Pana lieferte ausgefressene Bilder. Der Grund war, dass die E-P2 mit der Randschattenkompensation des Panasonic nicht klarkam. Nur hat uns das damals niemand gesagt.

Also haben die Hersteller ausgefeilte Strategien entwickelt um so ein Objektiv elektronisch aufzuhellen ohne dass das Rauschen in den Ecken zu übel wird - Nikon hat das Aufhellen anfangs etwas übertrieben, so dass in einer Kombination die Ecken grob das vierfache Rauschen hatten. Andererseits darf aber auch die Dynamik drunter leiden.

Da die reale Randabdunklung weder in technischen Specs, noch durch Testbilder so ohne weiteres zu zeigen ist, wird sie in diesem Buch auch nicht angegeben. Generell kann man sagen, dass alle mFT-Objektive, die lichtstärker als 2,0 sind, damit zu kämpfen haben.

Das einzige Objektiv, das mir bisher unterkam, das tatsächlich 1,4 hatte und nicht elektronisch aufgehellt wurde, ist das OM-System 20mm f/1,4.

Parfokal

Als parfokal werden Zoom-Objektive bezeichnet, wenn sie die Fokusebene beim Zoomen nicht verändern. Hochwertige Objektive für Filmkameras sind so ausgelegt, damit der Kameramann eine Zoomfahrt machen kann, ohne dass der Fokus verloren geht.

Im Fotobereich ist diese Eigenschaft in Zeiten des Autofokus im Normalfall uninteressant. Da aber mittlerweile viele Kameras für Video eingesetzt werden, hat vor allem Panasonic einen coolen Trick ersonnen. Im Videomodus regelt die Kamera den Fokus nach, so dass es aussieht, als wäre das Objektiv tatsächlich parfokal. Ist es aber nicht. Bei meinen Tests hat kein einziges der getesteten Objektive im manuellen Modus den Fokus gehalten.



8mm, 20s, f/2,8, ISO 800, LiveComposite. Gardasee bei Tignale. Das Pana 8-18 ist in Sachen Fokuswanderung ziemlich friedlich, aber bei anderen Objektiven sieht das anders aus.

Gerade im Weitwinkelbereich sprang der Fokus bisweilen ruckartig bei kleinsten Brennweitenänderungen.

Das ist vor allem dann extrem lästig, wenn man Nachtaufnahmen macht und gerade mit viel Mühe die Sterne scharf gestellt hat - und man dann den Bildausschnitt noch eine Kleinigkeit nachregelt, weil einem aufgefallen ist, dass man da rechts außen noch einen Zweig im Bild hat. Peng - weg ist der Fokus. Nur fällt einem das nicht auf. Erst hinterher am PC ist dann der Jammer groß.

Es ist also eine gute Idee generell bei jedem Objektiv davon auszugehen, dass sich mit jeder Brennweitenänderung auch der Fokus ändert. Und zwar unter Umständen sehr stark. Kontrolle ist also immer besser.

Telebrennweiten

Als Telebrennweite gilt alles jenseits der 25 mm Normalbrennweite, wobei wir hier über Brennweiten im mFT-System, nicht über Kleinbildbrennweiten sprechen. Teleobjektive sind auf den ersten Blick einfacher zu handhaben, daher bekommen Kompaktkameras sehr gern lange Rüssel mit irr-sinnigen Brennweiten samt Digitalzoom spendiert – aber selten brauchbare Weitwinkel. Das Tele erspart auf den ersten Blick die Bewegung, man kann gemütlich im Café sitzen und die Passanten auf der Straße aus der Deckung heraus „abschießen“. Man braucht nicht in den Tigerkäfig zu klettern, um eine Nahaufnahme der Raubkatze zu bekommen, und das Porträt des Torwarts beim Elfmeter ist ohne großes Tele schon gleich gar nicht denkbar.

Zwei Teleobjektive: Das "Bigma" 50-500 von Sigma für FT und das 75-300 Version I für mFT. Das Bigma ist eine Riesentüte, die auf f/8 abgeblendet auch an 16MP gute Ergebnisse bringt - allerdings ist der Autofokus stark von gutem Licht abhängig.



Zudem kommen Teleobjektive unseren Sehgewohnheiten näher - wir nehmen eher Motive in der Ferne wahr, als Motive, für die wir erst den Kopf in verschiedene Richtungen drehen müssen. Das bedeutet aber nicht, dass Teleobjektive einfacher zu handhaben sind.

Fernobjektiv/Teleobjektiv

Entgegen der landläufigen Meinung, dass Teleobjektive dadurch definiert sind, dass ihre Brennweite eben länger als die Normalbrennweite ist, ist das Kennzeichen eines Teleobjektives, dass es eine sogenannte „Barlow-Gruppe“⁵ eingebaut hat. Dies ist nichts anderes als ein Telekonverter (eine Zerstreuungslinse), der ermöglicht, dass das ganze Objektiv kürzer ist, als die Brennweite des Objektivs. Ohne diese Linsengruppe wäre es ein sogenanntes „Fernobjektiv“ und dann auch wirklich mindestens so lang wie die Brennweite. Ein Beispiel für Fernobjektive sind etwa die Novoflex Schnellschussobjektive.

230mm, 1/400s, f/2,8, ISO 400. Fahrsport bei Regen. Das 90-250 ist zwar spritzwassergeschützt, aber schlechtes Wetter kann es nicht wegzaubern. Vierspänner sind zudem gut zehn Meter lang - mit Blende 2,8 bekommt man beim besten Willen nicht die ganze Länge scharf.



5 Peter Barlow war englischer Mathematiker und Physiker und lebte von 1776 bis 1862. Er entwickelte Linsen für astronomische Fernrohre. "Gruppe" deshalb, weil es sich hier um eine Linsengruppe handelt.