

Christian Westphalen

Das große Buch der Objektive

Technik, Ausrüstung und fotografische Gestaltung

- Objektive verstehen und gekonnt einsetzen
- Mit Objektiven gestalten: Perspektive, Schärfentiefe, Bokeh u. v. m.
- Inkl. Objektivempfehlungen für alle Genres: herstellerunabhängig, umfassend und aktuell

Liebe Leserin, lieber Leser,

mein erstes Wechselobjektiv war ein Auto Revuenon $f 1,8/50$ mm MC an einer Revue ML. Die analoge Spiegelreflexkamera ist nun in erster Linie eine Erinnerung an alte Zeiten. Das Objektiv hingegen kann ich dank M42-Bajonett problemlos an meine digitalen Kameras adaptieren und weiter nutzen. Vielleicht ist es nicht so perfekt wie ein modernes Objektiv, aber neben der Freude, dieses Geschenk meines Opas weiter nutzen zu können, bringt es seinen spezifischen Charakter in das finale Bild mit ein.

Heutzutage liegt der Fokus bei der technischen Ausrüstung oft auf den Kameras, dabei leisten in der Regel die Objektive den größeren Beitrag zum Bild. Christian Westphalen widmet sich daher in diesem Buch den Objektiven. Sie lernen alles, was Sie vielleicht nie zu fragen wagten: Welche Eigenschaften hat das Licht, und welche Herausforderungen bedeutet das für den Objektivbau? Wie sind Objektive konstruiert? Was sind Bildkreis, Aufmaß und Floating Elements? Wie entsteht perfekte Schärfe, was ist Bokeh und welche Abbildungsfehler gibt es?

Technik und Optik sind in diesem Buch aber kein Selbstzweck, sondern sie dienen dem Ziel einer bewussten und kreativen Fotografie. Technik ist nicht Fotografie, sie ermöglicht Fotografie! Sie erfahren daher in diesem Buch auch, wie Sie die Eigenschaften Ihrer Objektive nutzen können, um Landschaften, Porträts, Architektur und viele andere Motive besser zu fotografieren. Sie werden auch sehen, dass sogar Abbildungsfehler einen Beitrag zu einem gelungenen Bild leisten können.

Wechselobjektive sollen auch gewechselt werden: Schauen Sie doch mal über den Tellerrand Ihrer Kameramarke hinaus oder entdecken Sie alte Objektive neu. Mit dem Wissen und den Anregungen aus diesem Buch erschließen Sie sich ein breites Angebot an oft günstigen, herausragenden und charaktvollen Objektiven, die viel Spaß machen und Ihre aktuelle Kamera bei guter Pflege sicher um Jahrzehnte überdauern werden.

Sollten Sie Hinweise, Anregungen, Kritik oder Lob an uns weitergeben wollen, so freue ich mich über Ihre E-Mail. Zunächst einmal wünsche ich Ihnen aber viele Erkenntnisse beim Lesen dieses Buches. Freuen Sie sich darauf, Ihre Objektive besser kennenzulernen und mehr aus ihren Möglichkeiten zu machen!

Ihr Frank Paschen

Lektorat Rheinwerk Fotografie

frank.paschen@rheinwerk-verlag.de

www.rheinwerk-verlag.de

Rheinwerk Verlag · Rheinwerkallee 4 · 53227 Bonn



Inhalt

Vorwort	13
---------------	----

EINFÜHRUNG	15
-------------------------	----

1 GRUNDLAGEN	21
---------------------------	----

1.1 Von der Lochkamera bis zum Vierlinser	22
--	----

Ganz ohne Objektiv – die Lochkamera	23
---	----

DO IT YOURSELF Lochkameradeckel basteln	26
--	----

Die Linse – mehr Licht und trotzdem scharf	28
--	----

EXKURS Achtung: Brandgefahr!	30
---	----

1.2 Einfache Mehrlinser und die ersten Objektive	32
---	----

Die Anfänge der Optik	32
-----------------------------	----

Der Achromat oder das erste Objektiv der Welt	33
---	----

Drei- und Vierlinser	35
----------------------------	----

1.3 Licht und seine Eigenschaften	37
--	----

Brechung	39
----------------	----

Reflexion	41
-----------------	----

Absorption	42
------------------	----

Streuung	43
----------------	----

Beugung	44
---------------	----

DO IT YOURSELF Beugung sichtbar machen	46
---	----

Interferenz	48
-------------------	----

1.4 Objektiv – wichtige Begriffe	49
---	----

Brennweite	49
------------------	----

Zoom	50
------------	----

Bildwinkel	53
------------------	----

Bildkreis	54
-----------------	----

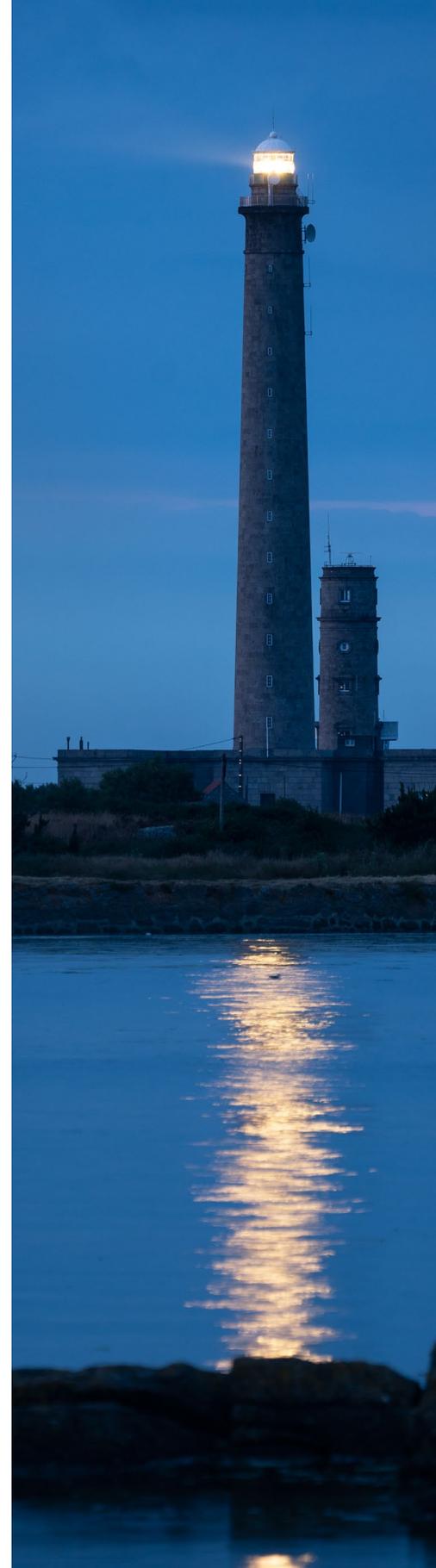
Cropfaktor	58
------------------	----

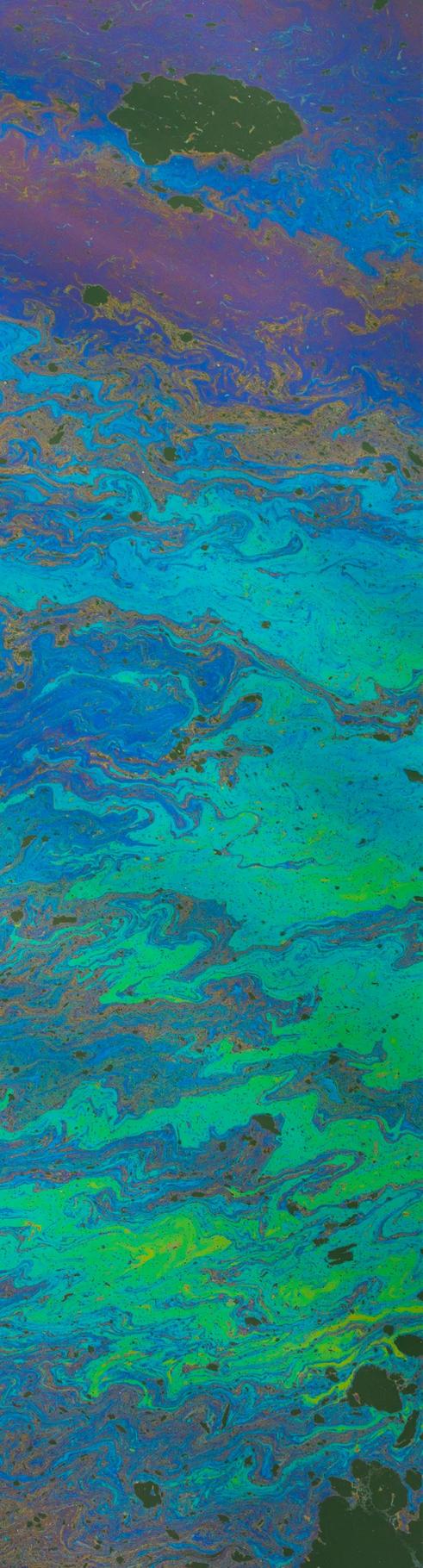
Brennweite und Aufnahmeformat	59
-------------------------------------	----

EXKURS Das Auge als Objektiv	61
---	----

1.5	Objektiv – der Aufbau	63
	Blende	63
	Lichtstärke	67
	Verschluss	68
	Elektronik und Motor	69
	Beugungsoptik	71
	Auszug	72
	Innenfokussierung	73
	Floating Elements	74
	Abbildungsmaßstab und Verlängerungsfaktor	75
	Naheinstellgrenze	75
	ANREGUNGEN	77

2	SCHÄRFE	79
2.1	Auflösung	80
2.2	Kontrast	81
2.3	Schärfe und Abbildungsgröße	82
2.4	Schärfentiefe	83
	Der zulässige Zerstreuungskreisdurchmesser	84
	Schärfentiefe berechnen	86
	Hyperfokale Distanz	87
2.5	Beugungsunschärfe	90
2.6	Blendensterne	92
2.7	Weichzeichnerobjektiv	92
2.8	Scheimpflug'sche Regel	93
	DO IT YOURSELF Tilt-Objektiv bauen	96
2.9	Fokussierung	99
	Fixfokus	99
	Autofokus richtig verwenden	100
	Statische oder bewegte Motive	100
2.10	Manuelle Fokussierung	104
2.11	Bildstabilisierung	107
2.12	Der Objektivaufbau als Schärfefaktor	110





2.13 MTF-Kurven lesen	113
2.14 Modern vs alt	118
ANREGUNGEN	119

3 OBJEKTIVE

3.1 Normalobjektiv	123
OBJEKTIVPORTRÄT Zenit Helios 44 58 mm F2	126
3.2 Pancake-Objektiv	130
3.3 Standardzoom	131
3.4 Weitwinkelobjektiv	133
Gemäßigtes Weitwinkelobjektiv	135
Superweitwinkelobjektiv	136
EXKURS Sterne fotografieren	138
OBJEKTIVPORTRÄT Canon EF 16–35 mm F4L IS USM	140
Fisheye-Objektiv	143
3.5 Teleobjektiv	144
Porträtteleobjektiv	145
OBJEKTIVPORTRÄT Meyer Optik Görlitz Primotar 135 mm F3,5	146
Standardtelezoom	149
Superteleobjektiv	151
OBJEKTIVPORTRÄT Sigma 150–600 mm F5–6,3 DG OS HSM Contemporary	154
3.6 Spektiv	158
3.7 Konverter und Speedbooster	158
3.8 Makroobjektiv	160
OBJEKTIVPORTRÄT Sony FE 90 mm F2,8 Makro G OSS	164
3.9 Makros ohne Makroobjektiv	166
Umkehring (Retroadapter)	166
Zwischenring	167
Balgengerät	168
Vorsatzlinse	170

Makrokonverter	171
EXKURS Focus Stacking	173
3.10 Tilt- und Shift-Objektiv	177
3.11 Teleskop und Spiegelobjektiv	180
OBJEKTIVPORTRÄT MTO Maksutov 1000 mm	
F10, genannt »Russentonne«	182
3.12 Okular	184
3.13 Film- bzw. Videoobjektiv	185
3.14 Smartphone	186
3.15 Spezialobjektive	188
Projektionsobjektiv	188
Anamorphot	189
Vorsatzobjektiv	190
3.16 Stereofotografie und Lichtfeldkamera	191
3.17 Streulichtblende	193
3.18 Filter	194
UV-Filter und Clearfilter	196
ND-Filter	197
Verlaufsfilter	198
Polarisationsfilter	199
EXKURS Regenbogen fotografieren	202
Infrarotfilter	203
Effektfilter	205
3.19 Tipps für die (erste) eigene Ausrüstung	205
Objektive	205
Kamera	206
3.20 Ein Blick in die Zukunft	209
ANREGUNGEN	213
4 ABBILDUNGSFEHLER	215
4.1 Sphärische Aberration	217
4.2 Fokusversatz	218
4.3 Astigmatismus	218
4.4 Koma	219





4.5	Dezentrierung	220
4.6	Farbquerfehler (CA)	221
4.7	Farblängsfehler (LoCA)	223
4.8	Purple Fringing	224
4.9	Farbabweichungen	224
4.10	Verzeichnung	225
4.11	Vignettierung	227
4.12	Objektivprofile erstellen	228
4.13	Streulicht und Blendenflecke	229
4.14	Bildfeldwölbung	232
4.15	Der Einfluss der Kamera	233
	ANREGUNGEN	235

5 **BOKEH** 237

5.1	Bokeh und Brennweite bzw. Sensorgröße	238
5.2	Optische Eigenschaften des Bokehs	242
	Bokehprojektion	243
	Information im Bokeh	244
	Umkehrung	246
5.3	Bokehformen	246
	Seifenblasenbokeh	248
	Donut- oder Ringbokeh	251
	Farbbokeh	252
	Zwiebelbokeh	253
	Swirlbokeh	253
	Front- und Back-Bokeh	255
5.4	STF-Objektive und Apodisation	259
5.5	Bokehrama	260
	DO IT YOURSELF Bokehshablonen	265
5.6	Objektivklassiker für Bokeh	267
	OBJEKTIVPORTRÄT Nikon Nikkor 105 mm	
	F2,5 Ai	272
	ANREGUNGEN	275

6	GESTALTUNG	277
6.1	Perspektive	278
6.2	Die richtige Brennweite finden	280
6.3	Landschaftsfotografie und Brennweite	282
6.4	Panoramafotografie	283
	DO IT YOURSELF Nodalpunkt bestimmen	286
6.5	Porträts fotografieren	290
6.6	Architektur	292
6.7	Freistellung	294
6.8	Objektiv und Bewegung	295
6.9	Verdichtung	297
6.10	Statisch/dynamisch	300
6.11	Dokumentarisch/subjektiv	301
6.12	Vereinfachung	303
6.13	Selektive Schärfe	304
6.14	Licht und Objektiv	305
6.15	Die Seele eines Objektivs	307
6.16	Fehler kreativ einsetzen	309
6.17	Auflösungsreserven nutzen	311
	DO IT YOURSELF Blitzprojektor	313
	ANREGUNGEN	315
7	ALTGLAS UND FREMD- OBJEKTIVE EINSETZEN	317
7.1	Analoge Objektive nutzen	318
	Falls Sie sie brauchen: Gründe für alte Objektive	320
	Exif ersetzen	322
	Analog fotografieren	323
	Adaptierung von Objektiven	326
	EXKURS Mechanischer vs elektronischer Verschluss	335
7.2	Bajonett	337





Funktion	337
Blende	338
Brennweite	338
Fokussierung	338
Bildstabilisator	338
Firmware	339
Objektivprofil	339
Wetterschutz	339
Mechanische Verbindung	339
7.3 Bajonettypen	340
Canon EF	340
Canon RF	340
Canon EF-S	340
Canon EF-M	341
Canon FD	341
Exa	342
Fujifilm X	342
Leica M	343
Leica R	343
Micro Four Thirds	344
Minolta SR	344
Nikon F	345
Nikon Z	346
Olympus OM Zuiko	346
Pentax K	347
Sony A	347
Sony E	348
7.4 Schraubverschlüsse	349
M39	349
M42	349
T2	349
C-Mount	349
7.5 Alte Objektive kaufen	350
Flohmärkte	350
Antik-Fotomärkte	350
Stationäre Händler	350

eBay	351
Foren und Facebook-Gruppen	351
Kurze Übersicht der Marken und Hersteller	351
Empfehlungen für den Altglaskauf	359
7.6 Checkliste Gebrauchtobjektivkauf	361
Äußerliche Sichtprüfung	361
Mechanische Überprüfung	363
Fotografische Tests	364
Radioaktivität älterer Linsen	366
7.7 Pflege	368
Trocken halten	368
Kratzer vermeiden	368
Fett entfernen	369
»Steinschlag«	369
Staub	370
Verharzung	370
7.8 Reparatur	370
ANREGUNGEN	373
Glossar	374
Index	382





VORWORT

Als Jugendlicher unternahm ich meine ersten Versuche in der Fotografie mit einer einfachen Kleinbildkamera mit 50-mm-Objektiv. Als ich es mir leisten konnte, kamen ein Tele- und ein Weitwinkelobjektiv hinzu, später ein Makro, und als ich Geld verdiente, ein paar lichtstarke Festbrennweiten. Jedes Objektiv ermöglichte mir neue Bilder. Manche nur durch ihre Brennweite, andere aber auch, weil sie aus dem Bild etwas Besonderes machen konnten, was ich zu der Zeit noch nicht so genau in Worte fassen konnte. Die erste Kamera ist schon sehr lange nicht mehr interessant, aber ein paar Objektive von damals verwende ich auch heute noch gerne, adaptiert an meine DSLRs oder meine spiegellose Kamera.

Ich schätze die Möglichkeiten hochauflösender Digitalkameras mit optisch fast perfekten Objektiven sehr, vor allem, wenn der Autofokus sie auch für schnelle Motive nutzbar macht. Da geht heute einiges, was noch vor 10 bis 20 Jahren fast undenkbar war. Aber gerade, weil ich mich sehr mit der immer ausgefeilteren Technik auseinandergesetzt habe, wuchs bei mir auch wieder eine Sehnsucht nach dem, was die alten Objektive ausgemacht hat: haptische Qualität, entspanntes Arbeiten und Bildergebnisse mit Seele und Räumlichkeit.

Kurz nachdem ich die Arbeit an diesem Buch begann, eröffnete bei mir um die Ecke ein Laden für alte Fototechnik, »Camera09«. Das war eine glückliche Fügung, denn so konnte ich einiges mehr ausprobieren und erfahren. Meine Liebe für Altglas, das heißt alte Objektive aus der Zeit vor Einführung des Autofokus, ist neu entflammt, ohne dass ich meine modernen Objektive deswegen weniger schätzen würde.

Ich habe noch bei keinem meiner Bücher vorher von so vielen Freunden und Kollegen gehört, dass sie das Buch unbedingt lesen möchten, wenn es fertig ist. Ich hoffe, dass sie, ebenso wie Sie als Leser, darin das finden werden, was sie erwarten. Noch mehr hoffe ich aber, dass das Buch alle Leser durch das Unerwartete überraschen und inspirieren wird! Wenn Sie nach dem Lesen mehr sehen und auch andere Bilder machen können als zuvor, hat das Buch seinen Zweck erfüllt. In jedem Fall wünsche ich Ihnen viel Spaß und gutes Licht!

Christian Westphalen

Hirtshals (Dänemark) nach Sonnenuntergang



EINFÜHRUNG



Das letzte Abendrot erhellt die Teleskope des Roque-de-los-Muchachos-Observatoriums. Bald öffnen sich die Tore für die riesigen Spiegelobjektive.

115 mm | f5,6 | 13s | ISO 200 | Canon EF 70–200 mm f2,8L IS II USM

EINFÜHRUNG

Dieses Buch wurde für Fotografen geschrieben, die eine Systemkamera verwenden, das heißt, die die Möglichkeit haben, Wechselobjektive an ihrer Kamera einzusetzen. Sie werden viel über die Hintergründe und technischen Zusammenhänge erfahren, aber das Hauptziel ist immer, bessere Bilder aufnehmen zu können. Sie sollen durch ein genaueres Verständnis in die Lage versetzt werden, kreativer zu fotografieren.

Auch Sammler finden in diesem Buch interessante Informationen, aber geschrieben habe ich es für den Anwender. Ebenso werden echte »Pixelpeeper«, für die die technischen Eigenschaften und die absolute Schärfe eines Objektivs manchmal wichtiger sind als der gestalterische Nutzen, vielleicht ein wenig enttäuscht sein. Ich habe Optik, Mathematik und Physik nur in dem Maße in dieses Buch aufgenommen, wie sie für die Fotopraxis relevant sind oder für das Verständnis wesentlich. Dafür finden Sie aber auch Praxis- und Bastelworkshops, die eine spielerische Herangehensweise an das Thema ermöglichen.

Und damit steigen wir auch schon gleich ins Thema ein: Objektive gab es schon vor der Fotografie, sie wurden in Fern- und Operngläsern verwendet oder um die Sterne zu betrachten. Genau genommen war das Objektiv nur die vordere Hälfte dieser Geräte, denn hinten befand sich

ein Okular, das das vom Objektiv erzeugte Zwischenbild für das Auge betrachtbar machte. Ihre Kamera kann dieses Zwischenbild direkt auf dem Sensor einfangen, deswegen braucht sie nur das Objektiv, um ein Bild zu erzeugen. Ein Okular besitzt die Kamera meist trotzdem, damit Sie das Sucherbild sehen können.

In der Bezeichnung eines Objektivs finden Sie immer die Brennweite und die Anfangsblende. Die *Brennweite* entscheidet über Bildwinkel und Vergrößerung.

»

Ein Fuchs am Strand von Skagen

400 mm | f5,6 | 1/320s | ISO 5000 | Sony FE 100–400
f4,5–5,6 GM OSS | Bildausschnitt





Kleine Brennweiten, wie zum Beispiel 18 mm, haben einen großen Bildwinkel, es passt mehr aufs Bild, deswegen werden die einzelnen Motivelemente klein abgebildet. Lange Brennweiten, wie zum Beispiel 400 mm, besitzen einen kleinen Bildwinkel, deswegen wirken die Motive vergrößert und wie »nah herangeholt«.

Die *Anfangsblende* beschreibt, wie groß die Öffnung des Objektivs im Verhältnis zur Brennweite ist, je kleiner ihr Wert, desto mehr Licht kommt durch das Objektiv und desto kleiner kann auch der Bereich der Schärfentiefe sein, das heißt der Entfernungsbereich, in dem das Motiv als scharf wahrgenommen wird.

Ein Objektiv mit 50 mm Brennweite und einer Anfangsblende von $f2,8$ hat eine effektive Öffnung von $50\text{ mm} \div 2,8 = 17,86\text{ mm}$. Ein 50 mm mit $f1,4$ besitzt einen doppelt so großen Öffnungsdurchmesser und lässt viermal so viel Licht hindurch. Die mögliche Schärfentiefe ist beim Objektiv mit $f1,4$ deutlich kleiner, was ganz andere Gestaltungsmöglichkeiten eröffnet. Wenn Sie die Blende weiter schließen, wird weniger Licht hindurchgelassen, die Schärfentiefe steigt, und die meisten Abbildungsfehler – von denen kein Objektiv komplett frei



Dieses Bild wurde mit 600 mm, $f8$ und ISO 800 aufgenommen. An einer Micro-Four-Thirds-Kamera (Cropfaktor 2) hätten 300 mm, $f4$ und ISO 200 die gleiche Bildwirkung ergeben, zumindest fast, denn das Bild hängt auch vom verwendeten Objektiv ab.

600 mm | $f8$ | 1/500s | ISO 800 | Canon EF 300 mm $f2,8\text{L II}$ mit 2x-Extender



Zwei 50-mm-Objektive: Dasjenige mit einer Anfangsblende von $f1,4$ (rechts) hat einen doppelt so großen Einlassdurchmesser und eine viermal so große Fläche der Öffnung wie das $f2,8$ -Objektiv (links).

ist – werden abgeschwächt. Sie merken: Bei Objektiven geht es sowohl um technische als auch um gestalterische Aspekte, auf beide werde ich im Verlauf des Buches sehr viel genauer und ausführlicher eingehen.

Die *Brennweitenangaben* beziehen sich in diesem Buch immer auf das Kleinbild- bzw. Vollformat; wenn ein anderes Sensor- oder Filmformat verwendet wurde, wird das extra erwähnt. Sie können die Angaben aber sehr leicht für Ihr Sensorformat umrechnen, indem Sie die Brennweite und den Blendenwert durch den *Cropfaktor* teilen. Dafür ein Beispiel: Micro Four Thirds (μ FT) hat einen Cropfaktor von 2. Um dieselbe Bildwirkung zu erzielen, die ein 200-mm-Objektiv bei Blende $f4$ an Vollformat hat, müssten Sie also ein 100-mm-Objektiv mit $f2$ an zum



Das Edixa Westagon 50 mm $f2$ stammt aus den 1950er Jahren. Mit einem einfachen M42-Adapter macht es auch an einer Sony viel Spaß.

100 mm | $f2,8$ | $1/200s$ | ISO 200 | Canon EF 100 mm $f2,8L$ IS Macro USM

Beispiel einer Olympus OM-D E-M1 Mark II verwenden (siehe den Abschnitt »Cropfaktor« in Abschnitt 1.4).

Zwei andere Werte sind allerdings noch wichtiger, wenn Sie alte Objektive anderer Hersteller an Ihre Systemkamera adaptieren möchten: der *Bildkreis* und das *Auflagemaß*. Der Bildkreis beschreibt, ob das Bild bei der Feineinstellung Ihres Objektivs groß genug für den Sensor oder den Film ist. Das Auflagemaß beschreibt den Abstand zwischen dem Sensor (oder Film) und der Fläche des Bajonetts, auf der das Objektiv direkt aufliegt, wenn Sie es an die Kamera setzen. Das Auflagemaß entscheidet also darüber, ob Sie bei Unendlicheinstellung noch ein scharfes Bild erhalten können, ohne zusätzliche Linsen zu benötigen. Im Prinzip lässt sich jedes Objektiv, dessen Auflagemaß größer ist als das Ihrer Kamera, auch adaptieren.

Die Möglichkeiten des »Altglases« sollten Sie nicht unterschätzen, denn die Zahl der verwendbaren Objektive steigt damit enorm. Und das bei oft günstigen Preisen und sehr ansprechenden Bildergebnissen.

In meinem fotografischen Alltag nehmen alte Objektive aus der Vor-AF-Zeit inzwischen eine gleichberechtigte Rolle ein, auch weil ich dank Kamera-Bildstabilisator oder Bildvergrößerung beim Scharfstellen heute noch besser damit arbeiten kann als in meiner Anfangszeit, als analoge Kameras üblich waren.

Sie finden in diesem Buch einige Objektivporträts. Missverstehen Sie diese bitte nicht als Kaufempfehlungen, sie dienen einfach dazu, bei bestimmten Objektivtypen exemplarisch in die Tiefe zu gehen. Ab einem bestimmten Punkt jenseits von reiner Schärfleistung und Lichtstärke wird die Objektivwahl ohnehin subjektiv, und das soll auch so bleiben. Wenn ich dabei helfen kann, dass Sie genauer hinschauen und die eher subtilen Objektiveneigenschaften zu schätzen lernen, dann würde mich das freuen. Welches Sensorformat, welche Marke und welche Objektive Sie dann wählen werden, hängt von Ihnen ab. Auch meine Wahl hat oft subjektive Gründe.

Ich verwende in diesem Buch nicht immer die vollständigen Herstellerbezeichnungen der Objektive, solange die Eindeutigkeit gewahrt bleibt. Sie würden, wenn Sie sich über Objektive unterhalten, wahrscheinlich auch nicht sagen: »Hast du das Tamron SP AF 17–50 mm $f2,8$

XR Di II VC LD Aspherical [IF] schon ausprobiert?« Manchmal bringt die Marketingabteilung das halbe Datenblatt in der Objektivbezeichnung unter, und dabei verwenden die Hersteller auch noch unterschiedliche Abkürzungen für die gleichen Eigenschaften.

Sie werden in diesem Buch zahlreiche Bilder sehen, aber manche Feinheiten lassen sich im Druck nur schwer darstellen, und manchmal muss man auch am Rechner ins Bild zoomen. Deshalb finden Sie im Downloadbereich zu diesem Buch, unter MATERIALIEN ZUM BUCH, neben Dateien für die Softwareworkshops auch voll aufgelöste Beispielbilder: www.rheinwerk-verlag.de/das-grosse-buch-der-objektive_4464

In der Fotoindustrie passiert gerade sehr viel. Nikon stellt in diesen Tagen (August 2018) sein neues spiegelloses Vollformatsystem vor. Mit diesem werden Objektivemöglich, die vorher bei Nikon nicht konstruierbar waren,

weil der Durchmesser des Bajonetts jetzt größer und das Aufmaß kleiner geworden sind.

Canon hat die EOS R angekündigt, ebenfalls eine spiegellose Vollformatkamera. Und, um zu zeigen, was mit dem neuen RF-Bajonett machbar ist, kommt ein 28–70-mm-Zoom mit $f2$. Es kann durchaus sein, dass in diesem Jahr noch ein weiteres System eines anderen Herstellers auf den Markt kommt. Über Neuerungen nach dem Drucktermin halte ich Sie auf meinem Blog fotoschule.westbild.de auf dem Laufenden.

Diese spiegellosen Systeme werden nicht nur völlig neue Objektivemöglichkeiten mit sich bringen, sondern auch die Zahl der alten Objektivemöglichkeiten, die sich sinnvoll adaptieren lassen, deutlich erhöhen. Aber auch mit Ihrer jetzigen Kamera werden Sie genug Wege finden, günstig Ihre fotografischen Möglichkeiten zu erweitern!

»

Das Nikon NIKKOR Z 58 mm $f0,95$ S Noct zeigt, was heute im Objektivbau möglich ist. Optische Perfektion bei hoher Lichtstärke macht ein Objektiv allerdings auch groß, schwer und teuer.



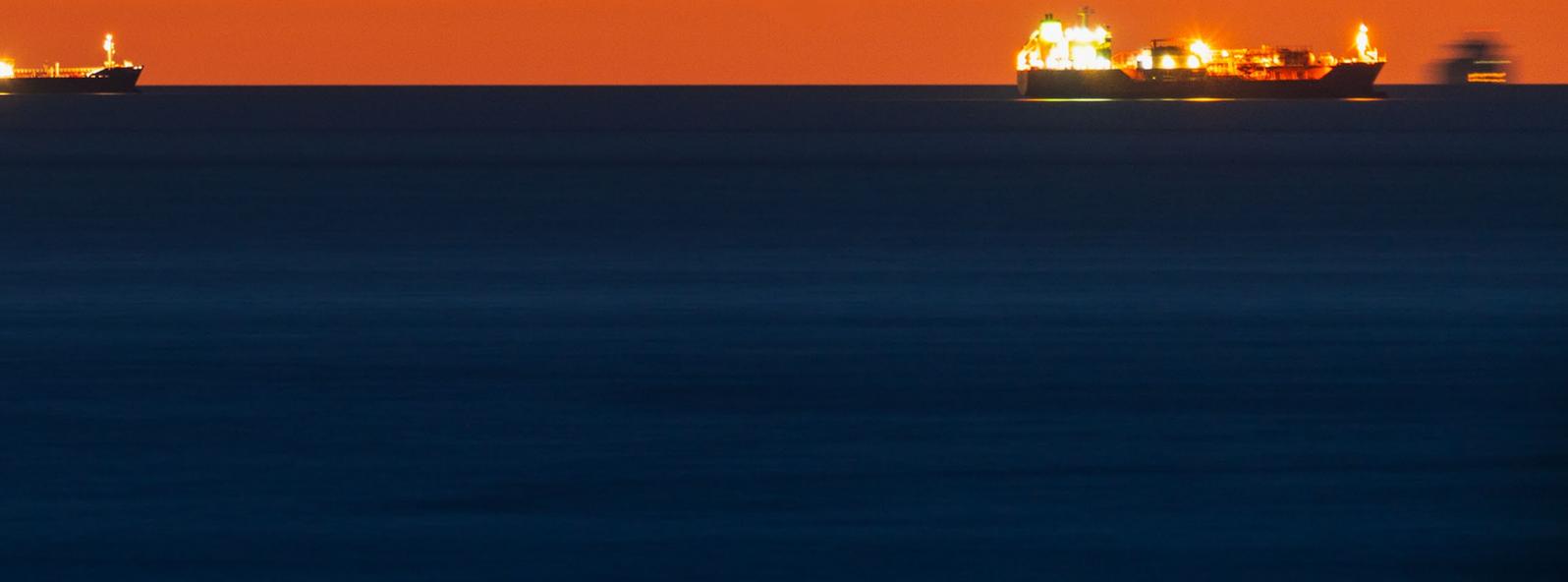


Frachtschiffe liegen auf Reede vor Trouville

**560 mm | f8 | 25 s | ISO 320 | Sony FE 100–400mm
f4,5–5,6 GM OSS mit 1,4x-Telekonverter**

KAPITEL 1

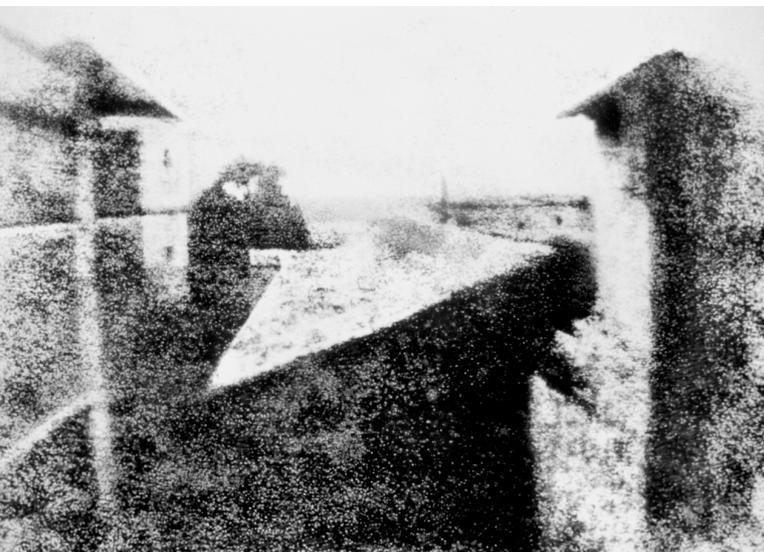
GRUNDLAGEN



GRUNDLAGEN

Als ich mit der Fotografie begann, war eine Kamera ein besserer Filmhalter. Das Objektiv und das verwendete analoge Filmmaterial entschieden über die Bildwirkung. Ob ein Foto mit einer Einsteiger- oder einer Profikamera gemacht worden war, sah im Ergebnis niemand.

Heutzutage macht die Kamera sehr viel mehr, und das Filmmaterial ist weggefallen. Das Objektiv ist aber immer noch ein sehr entscheidender Faktor für die Wirkung Ihrer Bilder, vielleicht sogar der zweitwichtigste. Wichtiger sind nur noch Sie selbst, denn Ihr persönlicher Stil und Ihre Gestaltungsabsichten werden immer wesentlicher sein als die verwendete Technik. Ihre fotografischen Ideen können Sie aber nur dann in Fotos übersetzen, wenn Sie wirklich verstanden haben, was Sie machen.



Und dazu gehört es auf technischer Seite, die Objektive zu verstehen. Dieses Buch liefert Ihnen das Wissen und die Anregungen, die Sie benötigen, um Objektive bewusst einzusetzen, mit ihnen spielerisch zu arbeiten und ihre Schwächen entweder zu umgehen oder als gestalterische Chance zu begreifen.

Im ersten Kapitel erfahren Sie, was in einem Objektiv passiert und wie sich Licht verhält. Dieses Wissen ist grundlegend für alles, was danach noch kommt.

1.1 Von der Lochkamera bis zum Vierlinser

Das erste Foto der Welt wurde ohne Objektiv aufgenommen (siehe Abbildung 1.1), obwohl es auch schon vor der Erfindung der Fotografie Objektive gab, vor allem für Teleskope. Die Konstruktionen der frühen Objektive waren einfach, aber effizient. Sie können auch heute noch neue Objektive kaufen, die auf diesen alten Entwürfen basieren. Diese alten Aufbauten eignen sich nicht nur, um anhand von ihnen optische Grundlagen zu verdeutlichen, sondern sie liefern auch heute noch schöne fotografische Ergebnisse.

« Abbildung 1.1

Das erste Foto der Welt wurde 1826 von Joseph Nicéphore Niépce (1765–1833) aufgenommen. Es wurde acht Stunden lang in einer Lochkamera belichtet.

Ganz ohne Objektiv – die Lochkamera

Eigentlich brauchen Sie zum Fotografieren gar kein Objektiv. Bevor Sie das Buch jetzt enttäuscht weglegen, schiebe ich kurz ein, dass Objektive große Vorteile haben, zu denen ich später komme. Zunächst aber lassen wir das Objektiv weg, um zum besten Verständnis bei null anfangen zu können.

Der Zweck der Fotografie ist es, eine Szene vor der Kamera in der Kamera abzubilden. »In der Kamera« bedeutet dabei konkret auf einem Film oder auf einem Sensor. Die einfachste Methode, diese Abbildung vorzunehmen, ist, ein kleines Loch in etwas Abstand vor dem Sensor zu positionieren und den Rest lichtdicht zu verschließen. Es entsteht also ein dunkler Raum mit einem kleinen Loch vor dem Sensor. (Lateinisch heißt dunkler Raum übrigens *Camera Obscura*, davon hergeleitet heißt auch Ihr Fotoapparat *Kamera*.)

Ein Lichtstrahl, der von außen durch das Loch fällt, muss danach in gerader Linie weitergehen, bis er auf den Sensor fällt. Das ist etwas vereinfacht, denn erstens ist es genau genommen ein dünner Kegel, dessen Form durch den Ausgangspunkt und den Lochdurchmesser bestimmt wird, und zweitens spielt auch die sogenannte *Beugung* eine Rolle, ein physikalisches Phänomen, das später genauer erklärt wird, weil es große Auswirkungen auf die Fotografie hat. Siehe hierzu den Abschnitt »Beugung« in Abschnitt 1.3 ab Seite 44.

Wenn wir die Beugung erst einmal außer Acht lassen, dann wird der Kreis, den das Licht von einem Punkt der Szene auf dem Sensor erzeugt, umso kleiner, je kleiner das Loch ist. Oder anders gesagt: Je schärfer das Bild wird, desto kleiner ist das Loch und desto dunkler die resultierende Abbildung. Da die Linien gerade hinter dem Loch weiterführen, wird ein Bildpunkt, der im Motiv oben lag, auf der Mattscheibe oder dem Sensor unten abgebildet, einer, der auf der rechten Seite des Motivs war, landet links auf dem Sensor. Das ist übrigens bei modernen Objektiven nicht anders. Wenn Sie also auf dem Display im Himmel auf der linken Seite ein Staubkorn entdecken, müssen Sie dieses auf dem Sensor rechts unten suchen, da das Bild auf dem Sensor auf dem Kopf steht.

FILM ODER SENSOR

Die analoge Fotografie lebt, es gibt die entsprechenden Kameras, es gibt die Filme und weitere benötigte Ausrüstung. Im Buch gehe ich dennoch davon aus, dass Sie aller Wahrscheinlichkeit nach digital fotografieren, und erwähne den Film statt des Sensors nur dort, wo es sinnvoll ist. Trotz der Dominanz digitaler Kameras werden Sie sehen, dass Objektive aus den analogen Tagen auch an modernen Kameras funktionieren und Spaß machen.

» Abbildung 1.2

Auch als diese Grafik 1891 in einem Lehrbuch gedruckt wurde, war die Methode der Lochkamera schon Hunderte Jahre alt, auch wenn sie anfangs nur ein flüchtiges Bild auf eine Mattscheibe oder eine Wand werfen konnte, weil es noch keine Fotomaterialien zum Fixieren gab. Die Künstler der Renaissance haben sie gerne zum Studium der Perspektive verwendet. (Quelle: J. M. Eder, Die Photographischen Objektive, Wien 1891)

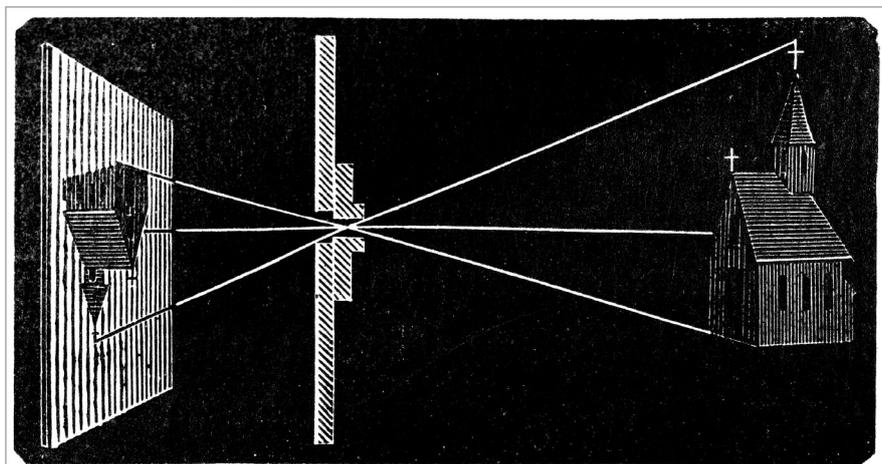


Bild in der Lochkamera.



« **Abbildung 1.3**

Die Gesamtschärfe dieser Lochkammeraufnahme ist zwar nicht besonders hoch, dafür sind die Blüten direkt vor der Kamera genauso scharf wie die Bäume einige Meter weiter.

22 mm | f320 | 1/30s | ISO 3200 | Lochkameradeckel an Sony A7R II

Und wenn wir die Beugung für einen kurzen Moment wieder hinzunehmen, dann müssen wir auch feststellen, dass die Abbildung ab einer bestimmten Grenze sogar wieder unschärfer wird und trotzdem dunkler. Sehr dunkel. Sie würden mit einem winzigen Loch statt einem Objektiv im Sucher kaum etwas sehen und müssten sehr lange belichten, um ein Bild zu erhalten, das dann aber von vorne bis hinten gleich scharf bzw. unscharf ist. Das ist auf Dauer etwas unbefriedigend, aber bevor wir das im nächsten Schritt als Problem ansehen, das es zu

lösen gilt, können wir uns kurz freuen, dass es eine so einfache (und billige!) Methode gibt, Fotos zu machen. Solche Bilder haben zudem eine ganz eigene Anmutung, die man anders nicht hinkommen kann (siehe auch »DIY: Lochkameradeckel basteln« ab Seite 26).

» **Abbildung 1.4**

Dies ist eine Lochkamera, genau genommen sind es sogar zwei, denn ich habe in die Mitte eine Wand eingezogen und auf der Rückseite ein zweites Loch eingefügt, so dass diese Kamera nach vorne und hinten gleichzeitig aufnehmen konnte. Das Foto selbst wurde mit einer Großbildkamera aufgenommen.





» **Abbildung 1.5**

Dieses Bild wurde mit der Holzkasten-Lochkamera auf 40 × 50 cm Fotopapier aufgenommen.

Die Auflösung einer Lochkamera nimmt mit ihrer Größe zu. Es kann deswegen sinnvoll sein, eine Lochkamera für analoge Fotomaterialien zu bauen. Sogenannte *Planfilme* bekommen Sie bis 8 × 10 Zoll, also ca. 20,3 × 25,4 cm. Diese sind aber relativ teuer und nicht so leicht erhältlich, aber einen Sensor bekommen Sie in der Größe (noch) nicht und bezahlbar wäre er vermutlich auch nicht. Anstelle von Planfilmen können Sie auch Fotopapier verwenden; dann erhalten Sie zwar ein negatives Bild auf dem Papier, aber wenn Sie das entwickelte Bild in der Dunkelkammer Schicht auf Schicht auf ein unbelichtetes Papier legen, können Sie eine positive Kontaktkopie erstellen.

Ich habe so einmal mit einer alten Holzbox 50 × 60 cm große Papiernegative erzeugt und in der Dunkelkammer mit einer Glasplatte darüber (für die bessere Planlage) und einer nackten Glühlampe die Kontaktkopie belichtet. So eine Kamera lässt sich mit den einfachsten Mitteln selbst bauen, selbst das Fotomaterial könnten

Sie mit etwas Zeit, ein paar Chemikalien und einem dunklen Raum selbst herstellen, wenn Sie es unbedingt wollten. Das ist eine sehr einfache, handwerkliche und ursprüngliche Technik, die einen angenehmen Kontrast zu der High-Tech-Welt der Digitalkameras darstellt.

Lochkameras erzeugen die besten Bilder, wenn sie sehr groß sind. Sie haben sehr lange Belichtungszeiten, die das Aufnehmen bewegter Motive fast unmöglich machen.

Ich zeige Ihnen in nächsten Abschnitt, wie Sie mit einer modernen Digitalkamera eine Lochkamera bauen, die klein ist und aus der Hand verwendet werden kann, doch diese Möglichkeit bestand in der Frühzeit der Fotografie natürlich nicht. Und auch heute hat die damit erzielbare Bildqualität deutliche Grenzen, weswegen Sie mit Objektiven arbeiten, weil diese schärfere Bilder und viel kürzere Belichtungszeiten ermöglichen. Die Lochkamera ist aber nicht tot und hat gerade in der künstlerischen Fotografie weiterhin ihre Berechtigung.

LOCHKAMERADECKEL BASTELN

Bauanleitungen für analoge Lochkameran finden Sie in der Literatur und im Netz zur Genüge. Sie können auch fertige Produkte kaufen oder alte Kameras umbauen lassen. Vielleicht möchten Sie diese Art der Fotografie aber einfach nur mal ausprobieren oder ganz komfortabel mit Ihrer Digitalkamera die visuelle Anmutung von Lochkamerafotos nachempfinden. Auch dafür gibt es fertige Lösungen, aber Sie können sich das auch ganz einfach selbst basteln.



Ein erstes Führungsloch schaffen Nehmen Sie den Kameradeckel, suchen Sie die Mitte, und setzen Sie dort einen Nagel an. Schlagen Sie dann mit dem Hammer den Nagel ein Stück in den Deckel, und ziehen Sie ihn wieder heraus. So hat es der Bohrer leichter, in der Mitte zu bleiben. Es kommt hier nicht auf einen Millimeter an, da das erste Loch eh größer wird und Sie das später mit dem Alufolien-Einsatz noch korrigieren können.



Das Loch bohren Spannen Sie den Kameradeckel irgendwo ein, in einen Schraubstock, wenn Sie einen haben. Ich habe einfach eine Blitzklemme verwendet, die ich gerade zur Hand hatte. Setzen Sie eine eher dicke (8–10 mm zum Beispiel) Bohrspitze auf den Bohrer, am

WAS SIE BRAUCHEN

Material

- einen Kameradeckel
- ein Stück Alufolie
- Klebeband

Werkzeug

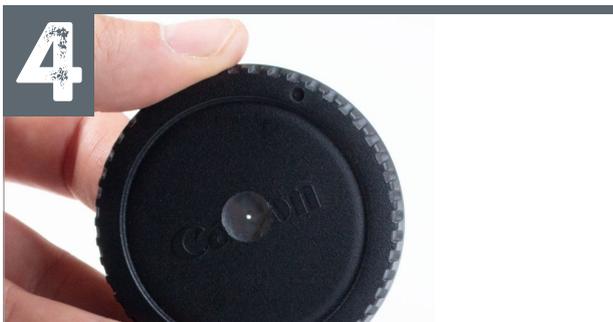
- Hammer und Nagel
- Akkubohrer mit einer Bohrspitze für Holz (mit Zentrierspitze)
- einen Weinkorken
- eine dünne Stecknadel
- schwarzen Filzstift



besten eine mit Zentrierspitze, damit Sie nicht aus der eben vormarkierten Mitte abrutschen. Bohren Sie nun gerade durch den Deckel.



Alufolie und Nadel für das Aufnahme Loch Schneiden Sie sich ein Stück Alufolie zurecht, größer als das Loch im Deckel, aber etwas kleiner als der Innendurchmesser des Deckels. Stechen Sie mit der Nadel ein kleines Loch ungefähr in die Mitte der Alufolie, die genaue Justierung kommt gleich noch. Das geht am besten, wenn Sie die Alufolie auf einen Weinkorken oder etwas Ähnliches legen, so fransen die Ränder des kleinen Lochs nicht so aus.



Montage des Aufnahme Lochs Legen Sie nun die Alufolie in den Deckel, und verschieben Sie sie so, dass das kleine Loch in der Folie in der Mitte des Lochs im Deckel liegt. Kleben Sie die Alufolie von innen mit Klebeband

in den Kameradeckel. (Sie können die Alufolie auch von außen aufkleben, aber wenn Sie es innen machen, ist das Loch näher am Sensor, und der Bildwinkel wird etwas größer, was schöner wirkt.) Wenn das Loch nicht ganz in der Mitte liegen sollte, ändert das am Bildergebnis nur wenig, es kommt hier nicht auf einen Millimeter an.



Reflexionen mindern Nehmen Sie den schwarzen Filzstift, und schwärzen Sie die silberne Folie komplett, so gibt es später kaum Reflexionen, und Sie erhalten ein kontrastreiches Bild.

Fotografieren Sie los! Probieren Sie jetzt, ein Bild aufzunehmen, indem Sie den Deckel mit dem kleinen Loch statt eines Objektivs an die Kamera setzen. Stellen Sie die Kamera auf Blendenvorwahl (auch Zeitenautomatik genannt) und den ISO-Wert auf Auto oder relativ hoch (zum Beispiel ISO 3200). Eventuell müssen Sie die Kamera auf dem Tisch stehen lassen oder auf ein Stativ stellen, damit bei den langen Belichtungszeiten das Bild nicht verwackelt. Mit 1/30 s können Sie gut aus der Hand fotografieren, wenn Sie die Kamera ruhig halten.

Wenn Ihnen das Bild zu unscharf ist, dann lösen Sie die Alufolie aus dem Deckel, und probieren Sie, ein kleineres Loch in ein neues Stück Folie zu stechen. Da die Folie nur mit Klebeband befestigt wurde, können Sie sie leicht austauschen.



« **Abbildung 1.6**

Diese Testaufnahme wurde mit dem selbst gebauten Lochkameradeckel erstellt, die Plastikblume liegt nur wenige Zentimeter vor der Kamera.

44 mm | ca. f_{100} | 1/40s | ISO 1600 | selbst gebauter Lochkameradeckel

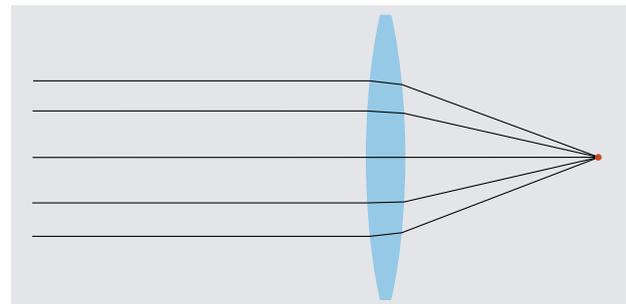
Die Linse – mehr Licht und trotzdem scharf

Wenn man einen Weg finden könnte, das Loch der Lochkamera zu vergrößern, um mehr Licht nutzen zu können, und trotzdem ein scharfes Bild zu bekommen, dann wären die Nachteile einer Lochkamera beseitigt. Die Lochkamera stößt hier an ihre Grenzen, doch hat man einen anderen Weg gefunden, um das Licht, das von einem Punkt des Motivs kommt und durch ein großes Loch auf den Sensor fällt, wieder zu bündeln: die Linse.

Sie werden schon einmal eine Lupe in der Hand gehabt haben. Wahrscheinlich haben Sie sie als Kind nicht nur dafür verwendet, sich kleine Dinge groß anzusehen, sondern auch, um mit dem gebündelten Licht kleine Löcher in lose Blätter und Äste zu brennen. Eine Lupe eignet sich also, Lichtstrahlen, die von einem entfernten Punkt (hier der Sonne) kommen, wieder in einem Punkt zu bündeln (siehe Abbildung 1.7). Dieser Punkt heißt *Brennpunkt*, und wer eine Lupe in der oben beschriebenen Weise verwendet hat, weiß auch, dass das ein guter Name ist.

Der Abstand von der Lupenmitte zum Brennpunkt heißt *Brennweite*. Und der Durchmesser der Lupe ent-

scheidet, wie viel von dem einfallenden Sonnenlicht gebündelt wird. Das ist das, was bei einem Objektiv als *Lichtstärke* bezeichnet wird. Sie werden vielleicht auch als Kind schon festgestellt haben, dass beispielsweise der Ast am schnellsten brennt, wenn Sie die Lupe exakt zur Sonne ausrichten. Das hat zwei Gründe: Erstens wird der Durchmesser der Lupe aus Sonnensicht kleiner,



⤴ **Abbildung 1.7**

Bei einer konvexen Linse (Sammellinse) schneiden sich parallel einfallende Lichtstrahlen in einem Brennpunkt, der im Abstand der Brennweite von der Linsenmitte entfernt liegt.

wenn sie schräg zur Sonne steht, aus einem Kreis wird dann ein Oval mit weniger Fläche. Deswegen wird die Abbildung zum Rand hin dunkler, ein Effekt, den man bei Objektiven *Vignettierung* nennt. Zweitens, und das ist bei einer Lupe der ausschlaggebende Grund, wird die Sonne bei schräg gehaltener Lupe nicht mehr als Punkt abgebildet, sondern eher als Schweif, der vielleicht auch farblich etwas aufgespalten wird, Sie sehen dann einen leichten Regenbogeneffekt (siehe Abbildung 1.9). Das liegt an verschiedenen sogenannten *Abbildungsfehlern*, denen wir uns in Kapitel 4 ausführlich widmen.

Eine Lupe, das heißt eine einzelne Linse, ist nicht ideal für die fotografische Abbildung geeignet, weil sie unter anderem nur in der Mitte einigermaßen scharf abbildet. Sonst würde man wahrscheinlich auch viel mehr Leute auf der Straße treffen, die eine Lupe vor der Kamera verwenden. Vielleicht ist aber auch gerade das ein Grund, es einmal auszuprobieren.



⤴ **Abbildung 1.8**

Eine Lupe, mit Tesafilm an einem Balgen befestigt, so wurde das Foto in Abbildung 1.9 aufgenommen. Wenn Sie keinen Balgen zur Hand haben, tut es auch eine Pappröhre in der richtigen Länge.



⤴ **Abbildung 1.9**

Oben: Dieses Bild wurde mit einer einfachen Lupe und einem alten Balgengerät aufgenommen. Die Gesamtschärfe ist nicht besonders hoch, und es gibt starke Farbsäume. Rechts: In diesem Ausschnitt aus dem Lupenfoto habe ich die Farbsättigung etwas angehoben, damit Sie die Farbfehler besser erkennen können. Die unterschiedliche Fokussierung der Einzelfarben ist das größte Problem des Einliners.

Ca. 200 mm | f4,5 | 1/1600s | ISO 100 | Lupe vor Balgengerät

ACHTUNG: BRANDGEFAHR!

Der eine oder andere der Leser wird sich vielleicht fragen: Wenn sich Objektiv und Lupe so ähnlich sind, was bedeutet das für den fotografischen Alltag? Für die Spielkinder unter uns: Auch mit einem Objektiv kann man kokeln. Das ist kein Problem, wenn das Objektiv an einer Spiegelreflexkamera sitzt, weil dann das Licht aus dem Objektiv wegen des Okulars praktisch parallel auf der anderen Seite wieder herauskommt, ohne einen gefährlichen Brennpunkt zu erzeugen. Dieser Brennpunkt würde dann erst in Ihrem Auge erzeugt. Was Sie deswegen auf keinen Fall machen sollten: durch die Kamera direkt in die Sonne schauen! Gerade bei lichtstarken längeren Brennweiten können Sie damit Ihre Augen schädigen! Bei Aufnahmen mit Weitwinkelobjektiven ist es oft praktisch unvermeidbar, die Sonne mit im Bild zu haben. Da dabei aber viel weniger Sonnenlicht gebündelt wird, ist es auch ungefährlicher. Anders sieht es mit einer spiegellosen Kamera oder einer Sucherkamera aus: Wenn Sie zum Beispiel eine ältere Leica besitzen, dann kann die Sonne Löcher in den Tuchverschluss brennen, wenn sie genau fokussiert ist, also das Objektiv auf unendlich gestellt ist.

Zur Sicherheit der Kamera (und der Wohnung) sollten Sie Objektivdeckel verwenden. Denn auch wenn ein Objektiv ohne Deckel auf dem Schreibtisch liegt und sich etwas in Brennpunktentfernung befindet, kann eine Verkettung unglücklicher Umstände einen Brand auslösen. Manche Kameras, gerade spiegellose, schließen deswegen die Blende im Ruhezustand, auch, wenn Sie das Objektiv von der Kamera abnehmen. Dann kann nichts mehr passieren, weil die Blende zu wenig Licht für eine

Brandgefahr durchlässt. Wenn sich Ihre Kamera anders verhält, also die Blende offen lässt, sollten Sie mindestens einen Objektivdeckel verwenden, um die Brandgefahr abzuwenden.

Bei spiegellosen Kameras ist die Maximalhelligkeit des Suchers begrenzt und somit unschädlich für die Augen. Wenn Sie Filter vor dem Objektiv verwenden, die die Lichtmenge stark beschränken, kann es trotzdem passieren, dass im Infrarotbereich des Lichtspektrums zu viel Energie in den Sucher einer DSLR gerät. Im Zweifel sollten Sie einfach das Livebild verwenden, wenn Sie zum Beispiel eine Sonnenfinsternis aufnehmen möchten.

Es gibt aber ein Risiko, das viele Fotografen vergessen: Wenn Sie ein Teleobjektiv mit so großer Frontlinse verwenden, dass im hinteren Bereich Einsteckfilter zum Einsatz kommen, dann wird im vorderen Bereich das volle Sonnenlicht gebündelt. Der Filter ist also nicht vor dem Objektiv, sondern erst im hinteren Bereich und kann somit nicht das ganze Objektiv vor der Energie des Sonnenlichts schützen. Wenn Sie ein Objektiv direkt in die Sonne richten, können Sie damit die Blende schmelzen. Das gilt nicht nur für Superteles. Die Firma Lens Rentals bekam nach der Sonnenfinsternis vom 21.08.2017 in den USA auch ein Panasonic 20 mm $f1,7$ mit geschmolzener Blende zurück. Ein 600 mm $f4$ von Canon sah allerdings noch schlimmer aus. Zudem waren in den Kameras Spiegel, Verschlüsse und Sensoren zerstört. Die Gefahr besteht natürlich nicht mehr, wenn die Sonne schon sehr tief steht und Sie mit ungeschütztem Auge schon gut hineinblicken können. Bei Sonnenuntergangsfotos müssen Sie sich also keine Sorgen machen.



⤴ **Abbildung 1.10**

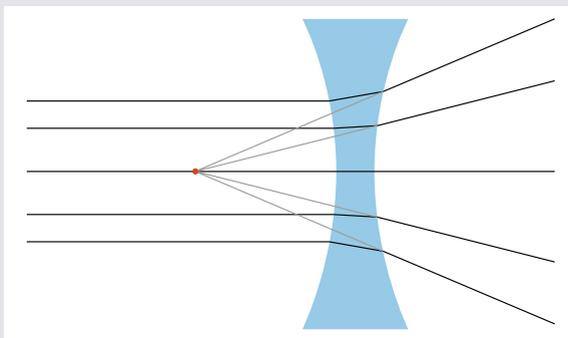
Dieses Foto der Sonnenfinsternis von 1999 habe ich mit einem ND 3,0, also einem 1000-fach abdunkelnden Graufilter, aufgenommen. Ich verwendete ein 70-200-mm-Objektiv mit Zweifach-Extender und kurzer Belichtungszeit bei recht weiter Ablendung. Genaue Daten habe ich zu dem Bild nicht, es ist ein Scan von einem analogen Dia.

1.2 Einfache Mehrlinser und die ersten Objektive

Eine Standardlinse ist an beiden Seiten kreisförmig gebogen und damit zu den Rändern hin ein bisschen zu stark für einen perfekten Punkt als Abbildung (dazu mehr in Kapitel 4, »Abbildungsfehler«). Wenn Sie eine Linse nun genau andersherum aufbauen, also an den Rändern dick und nach innen gewölbt, dann wird das Licht nicht gebündelt, sondern gestreut. Das nennt sich *Streulinse*. Sie können jetzt etwas stärkere Sammellinsen mit etwas schwächeren Streulinsen so kombinieren, dass sich diese Kombination insgesamt wie eine einzelne Sammellinse verhält, nur besser, weil die verwendeten Linsen zu einem Teil gegenseitig ihre Abbildungsfehler ausgleichen. So eine Kombination nennt sich Objektiv.

STREULINSEN

Es gibt auch Linsen, die sich einzeln nicht für die Bilderzeugung eignen, weil sie das Licht streuen und keinen Brennpunkt haben. Sie werden zum Rand hin dicker anstatt zur Mitte, sind also konkav statt konvex oder werden als *Streulinse* statt als *Sammellinse* bezeichnet (siehe Abbildung 1.11). Für den Objektivbau sind sie ebenfalls sehr wichtig, weil man mit Ihnen den Strahlengang verlängern und die Abbildungsfehler ausgleichen kann.



⤴ Abbildung 1.11

Bei einer konkaven Linse (*Streulinse*) werden die Lichtstrahlen hinter der Linse gestreut. Der negative Brennpunkt liegt vor der Linse.

Ein Objektiv ist also eine Linsenkombination zum Zwecke einer verbesserten Abbildung gegenüber einer Einzelinse. In der Praxis werden manche Linsen direkt aufeinander geklebt, um einen erneuten Übergang in Luft zu verhindern, man spricht dann von einer *Linsengruppe*. Sie fragen sich vielleicht, warum man dann nicht eine einzelne Linse nimmt, die die Form der kombinierten hat? Diese Linsen bestehen aus unterschiedlichen Glassorten, die auch einen unterschiedlichen Brechungsindex aufweisen, beim Übergang zwischen der ersten und der zweiten Linse wird das Licht also ebenfalls gebrochen, auch wenn keine Luft dazwischenliegt. Die Funktion der allermeisten Objektive lässt sich also über die Brechung des Lichts praktisch vollständig beschreiben. Es gibt Ausnahmen, die in den Abschnitten »Reflexion« und »Beugung« in Abschnitt 1.3 erwähnt werden.

Die Anfänge der Optik

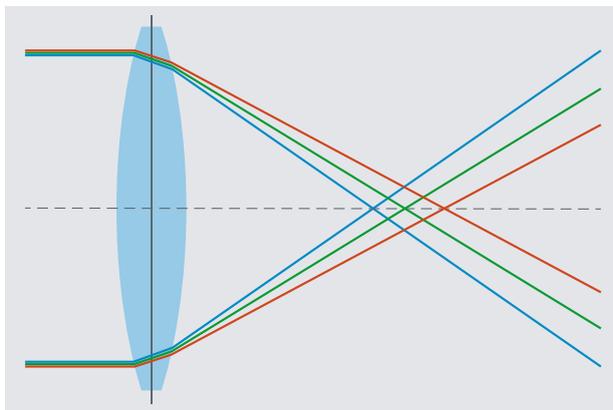
Eine Glaslinse zur Bilderzeugung hat man bereits 1608 in Fernrohren verwendet. Die Fernrohre hatten zwar zwei Glaslinsen, aber die hintere wurde als Okular verwendet, das heißt, ihre Rolle war es, dem Auge die Betrachtung des durch die vordere Linse vergrößerten Bilds zu ermöglichen. Die Verwendung von Linsen aus Kristall ist allerdings noch viel älter. Die älteste bekannte Linse stammt aus dem 7. Jahrhundert v. Chr. aus Assyrien, die Nimrud-Linse. Nimrud liegt in der Nähe von Mossul im heutigen Irak. Wahrscheinlich wurde sie als Vergrößerungsglas für miniaturisierte Handwerksarbeiten verwendet, aber das lässt sich heute nicht mehr zweifelsfrei feststellen, vielleicht war sich auch nur ein antikes »Feuerzeug«. Von Kaiser Nero (37–68 n. Chr.) hat Plinius der Ältere überliefert, dass er einen geschliffenen Smaragd verwendete, um trotz seiner Kurzsichtigkeit die Gladiatorenkämpfe betrachten zu können, nach anderen Quellen hat er diesen allerdings nur als eine Art Sonnenbrille verwendet. Ptolemäus hat bereits im zweiten nachchristlichen Jahrhundert die Brechungsindizes verschiedener Materialien bestimmt.

Die optische Forschung erhielt erst im Frühmittelalter neuen Schwung, und zwar aus dem arabischen Raum und Persien, die damals führend in den Wissenschaften waren, indem sie antike Schriften übersetzten und neue Ideen entwickelten. Um 1000 n. Chr. verfasste Alhazen (965–1040) seinen siebenbändigen »Schatz der Optik«, der auch ins Lateinische übersetzt wurde und zu einem Grundlagenwerk für die europäische Wissenschaft wurde.

Die meisten Objektive werden heutzutage aus verschiedenen Linsen aufgebaut. Die Genauigkeit bei der Herstellung ist heute sehr hoch, Canon schreibt zum Beispiel, dass die Toleranz bei ihren besten Objektivlinsen gerade einmal 30 nm (Nanometer, 1 nm ist ein Milliardstel Meter) beträgt. Um das besser vorstellbar zu machen: Wenn Sie die Linse auf die Fläche eines gesamten Fußballstadions (300 m Durchmesser) vergrößern, dann beträgt die Toleranz nur 0,3 mm. Solche Linsen können nicht einfach gepresst werden, sondern müssen aufwendig geschliffen werden.

Der Achromat oder das erste Objektiv der Welt

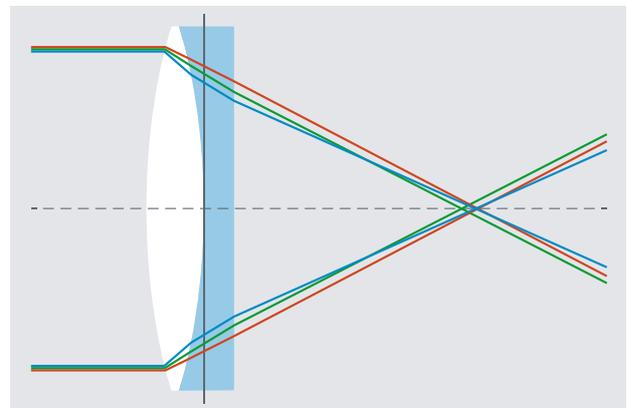
Wenn Sie nur eine Linse zur Abbildung verwenden, werden die Farbanteile des Lichts (siehe Abbildung 1.12) nie auf einem gemeinsamen Punkt abgebildet werden. Dies



⤴ **Abbildung 1.12**

Wenn Sie nur eine Sammellinse verwenden, sind die Brennpunktabweichungen der einzelnen Farbanteile beträchtlich.

war damals auch der Grund, warum man die Notwendigkeit empfand, mehrere Linsen zu kombinieren und so die Abbildung zu verbessern. Das erste dauerhaft konservierte Foto wurde 1826 von Joseph Nicéphore Niépce (1765–1833) aufgenommen, allerdings noch mit einer Lochkamera. Das erste Objektiv der Welt ist fast 100 Jahre älter, nämlich von 1733. Es wäre heute vielleicht unbekannt, denn der Erfinder Chester Moor Hall (1703–1771) versuchte, die Erfindung geheim zu halten, indem er die beiden Linsen für sein erstes Objektiv bei zwei verschiedenen Optikern in Auftrag gab. Diese vergaben ihren jeweiligen Auftrag jedoch an denselben Optiker weiter, der den gemeinsamen Zweck der Linsen erkannte und ihn Jahre später in Gesprächen gegenüber John Dollond (1706–1761) erwähnte, der daraus ein Patent (für den Achromaten) ableitete. Dieses erste Objektiv, mit zwei Linsen, war für ein Teleskop bestimmt. Eine zweilinsige Bauart wird als *Achromat* bezeichnet (siehe Abbildung 1.13), das bedeutet, dass sich zwei Wellenlängen des Lichts an einem Punkt schneiden, womit ein Farbfehler ausgemerzt werden kann. Es verbleibt also noch ein Farbfehler für andere Wellenlängen. Wenn zum Beispiel Rot und Blau aufeinander abgebildet werden, würde Grün immer noch etwas danebenliegen.

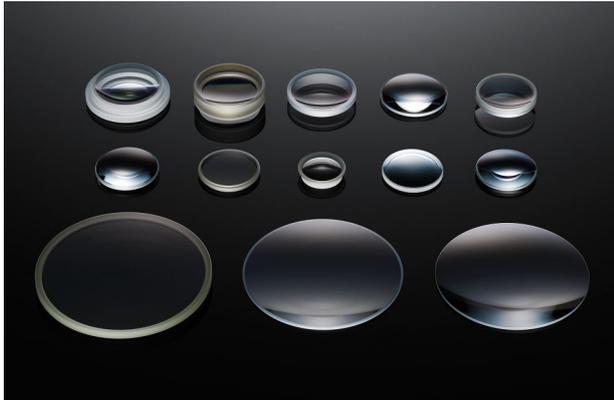


⤴ **Abbildung 1.13**

Wenn Sie eine Linse stärker als den Einlinser brechen lassen und sie mit einer Zerstreuungslinse mit unterschiedlicher Dispersion kombinieren, erhalten Sie wieder die ursprüngliche Brennweite, allerdings mit deutlich weniger Farbabweichung. Diesen Bautyp nennt man Achromat.

1733 klingt zwar sehr historisch, doch hat die Firma Novoflex ihr 600 mm $f8$ für ihr Schnellschussystem noch bis in die 1990er Jahre als zweilinsigen Achromaten gebaut.

Wenn man die Farbfehler für drei statt zwei Wellenlängen korrigiert hat, spricht man von einem *Apochromat*, hier schneiden sich Brennpunkt und farbiges Licht für drei Wellenlängen. Da das Sonnenlicht aber ein kontinu-



⤴ **Abbildung 1.14**

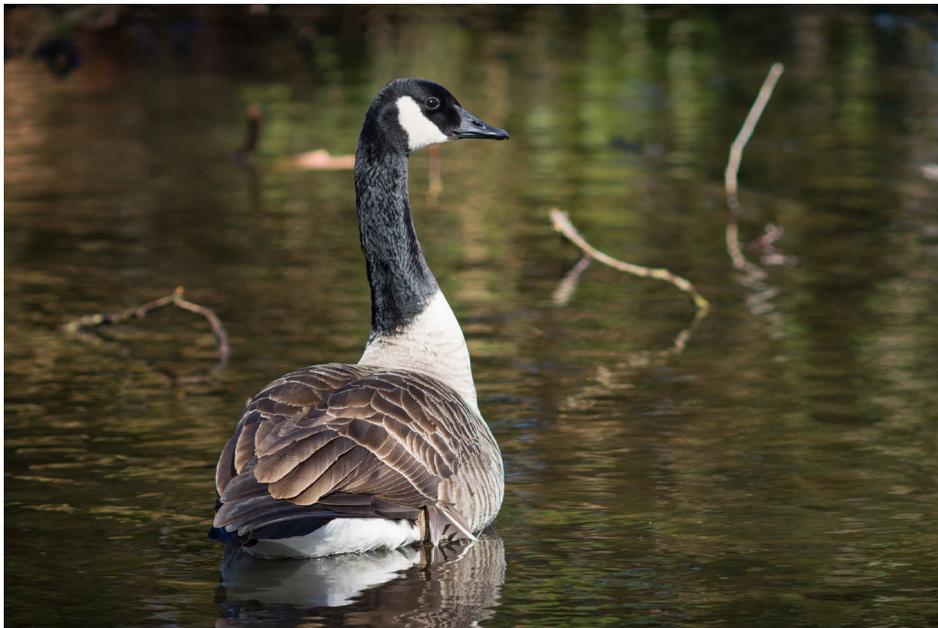
Die Linsen, aus denen das Zoomobjektiv der Sony RX III aufgebaut ist (Bild: Sony)

ierliches Spektrum hat und nicht nur aus Rot, Grün und Blau besteht, verbleiben für die Zwischenfarben trotzdem noch leichte Abweichungen, die allerdings deutlich geringer als beim Achromat sind.



⤴ **Abbildung 1.15**

Das eigentliche Objektiv dieses Novoflexar 600 mm $f8$ besteht nur aus zwei Linsen, die die vorderen ca. 3 cm der gesamten Konstruktion ausmachen, der Rest ist Auszug, der den Abstand zum Film herstellt. Das Objektiv lässt sich aus einem Baukastensystem zusammensetzen, so dass Sie die Blende zum Beispiel auch für ein 400-mm-Objektiv einsetzen können.



⤵ **Abbildung 1.16**

Dieses Bild wurde mit einem zweilinsigen Achromaten aufgenommen, einem Novoflex 600 mm $f8$. Gerade bei langen Brennweiten (geradem Strahleneinfall) lässt sich mit einem Zweilinsler erstaunlich gut arbeiten.

600 mm | $f8$ | 1/160s | ISO 100

Drei- und Vierlinser

Bis zum ersten Dreilinsler dauerte es nach Patentierung des Achromaten noch ungefähr weitere 160 Jahre: 1890 meldete Ernst Karl Abbe (1840–1905) ein Patent dafür an, der erste Vierlinser stammt aus demselben Jahr. Es gab allerdings auch schon vorher vierlinsige Versuche, zum Beispiel von Alvan Clark (1804–1887). Ernst Abbe war in vielen Bereichen ein bedeutender Mann, im Objektivbereich ist allerdings die Zusammenarbeit mit Carl Zeiß (1816–1888) der wesentliche Punkt. Das von ihm begründete Unternehmen Carl Zeiss ist für die Entwicklung der fotografischen Optik das wichtigste Unternehmen überhaupt. Für die Verbreitung des Triplets, also des dreilinsigen Objektivs, war die Firma Cooke allerdings wichtiger. 1893 beschrieb Harold Dennis Taylor (1862–1943) den Objektivtyp, der dann nach seinem Arbeitgeber, Thomas Cooke & Son, als Cooke-Triplett benannt wurde. Die Dreilinsler hatten den Vorteil, dass sie den Astigmatismus und die Bildfeldwölbung beseitigten (siehe Kapitel 4, »Abbildungsfehler«). Das bedeutet, dass sie wenn das Objektiv nicht zu weitwinklig oder zu

lichtstark war, über das gesamte Bildfeld ein scharfes Bild liefern konnten. Das war ein wichtiger Schritt; nach heutigen Maßstäben erzeugen Dreilinsler allerdings ein Bild, das zwar in der Mitte meist einigermaßen scharf ist, bei Offenblende zum Rand hin allerdings, vornehm ausgedrückt, einen träumerischen Effekt erzeugt (siehe Abbildung 1.17). Das macht dreilinsige Objektive der 1950er und 1960er Jahre aber interessanterweise heute gesuchter als die besseren und damals teureren Vierlinser. Ein trotzdem immer noch besonders günstiges (ca. 10 € gebraucht) dreilinsiges Objektiv ist das Domiplan 50 mm $f2,8$, das Sie mit M42-Adapter auch an viele moderne Systemkameras ansetzen können.

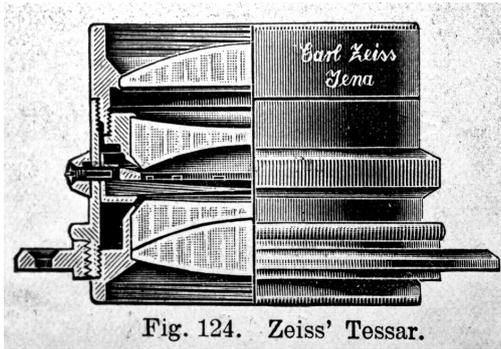
Mit vier Linsen lassen sich bereits Objektive konstruieren, die hohen Schärfenanforderungen genügen, zumindest, wenn sie nicht besonders lichtstark sein müssen. Der bekannteste Vierlinser und wohl auch der meistgebaute Objektivtyp überhaupt ist das Tessar. Über 100 Millionen Tessar-Objektive sind bereits gebaut worden. Es besitzt vier Linsen in drei Gruppen, vor der Blende zwei

» Abbildung 1.17

Das Domiplan 50 mm $f2,8$ war immer eher ein günstiges Einsteigerobjektiv. Es ist nicht sehr scharf, und der Hintergrund wirkt auf eine interessante Weise etwas unruhig. Es eignet sich aber gut für eine Pause von der Perfektion moderner Objektive.

**50 mm | $f2,8$ | 1/640s | ISO 100 |
Zwischenring**





⤴ **Abbildung 1.18**

Links: Das erste Tessar ist von 1902, hier in einer zeitgenössischen Abbildung.

Mitte: Das Tessar von Carl Zeiss Jena im Zebra-Design wurde von 1965 bis 1975 gefertigt.

Es ist auch heute noch beliebt, weil es günstig, schön und abgeblendet sehr scharf ist.

Rechts: Das alte Carl-Zeiss-Jena-Logo, das bis 1945 verwendet wurde, zeigt schematisch das hintere Linsenglied des Tessars.

Einzellinsen, die zusammen streuend wirken, hinter der Blende zwei miteinander verkittete Linsen, die sammelnd wirken. Wegen seiner Schärfe hatte das Tessar den Spitznamen »Adlerauge« und selbst ich war positiv überrascht, als ich das erste Mal mit einem Tessar an einer Digitalkamera gearbeitet habe. Auch in analogen Kompaktkameras waren häufig Tessare verbaut, und ich erinnere mich, dass besonders die Yashica T3 und T4 bei den Fotostudenten besonders beliebt waren, weil die Kamera klein und handlich war, die Auflösung der Negative aber auch für große Prints reichte.

Ich besitze einige vierlinsige Objektive, gerade aus den 1960er und 1970er Jahren, die zum Teil recht ordentliche Abbildungsleistun-

» **Abbildung 1.19**

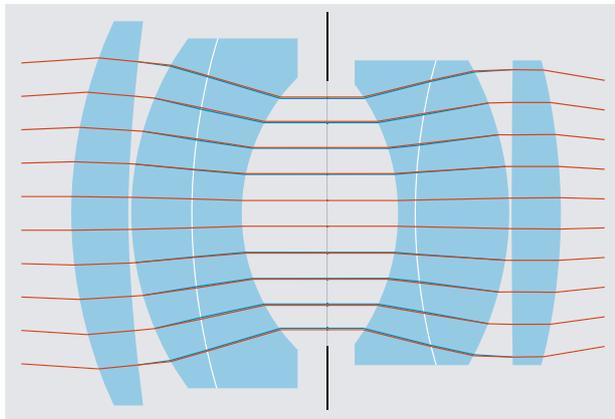
Das Nikkor-Q 135 mm f3,5 liefert mit vier Linsen schon eine recht gute Schärfe und ein schönes Bokeh.

135 mm | f3,5 | 1/160s | ISO 100 | Nippon Kogaku Nikkor-Q Auto 135 mm f3,5



gen liefern. Nikon hat bis 1986 in verschiedenen Bauformen ein 135-mm-Objektiv als Vierlinser auf dem Markt gehabt. Mit vier Linsen kann man alle wichtigen Bildfehler so gut auskorrigieren, dass man damit auch heute noch mit modernen Sensoren recht gut arbeiten kann. Das gilt jedoch nicht für starke Weitwinkel und hochlichtstarke Objektive. Wenn Sie Perfektion bis in die Ecken bei hoher Lichtstärke möchten (oder brauchen), dann werden Sie mit einem Tessar nicht glücklich und brauchen Objektive, die mit einem deutlich höheren konstruktiven Aufwand hergestellt werden. Aber vergessen Sie nicht: Viele Meisterwerke der Fotogeschichte sind mit sehr einfachen Mitteln entstanden! Und da die Fotografie nur ungefähr 200 Jahre alt ist, sind diese Mittel zum großen Teil noch vorhanden und können auch von Ihnen für Ihre Arbeit noch verwendet werden. Ich werde in Kapitel 7, »Altglas und Fremdobjektive einsetzen«, noch ausführlicher darauf zu sprechen kommen; es gibt viele gute Gründe, alte Objektive auch heute noch zu benutzen.

Die Entwicklung ging Ende des 19. Jahrhunderts sehr schnell weiter. Bereits 1896 patentierte Paul Rudolph (1858–1935) ein sechslinsiges Objektiv nach Art des Planars, eine Bauform, die auch heute noch, leicht weiterentwickelt, zum Beispiel bei 50-mm- f 1,8-Objektiven verwendet wird.



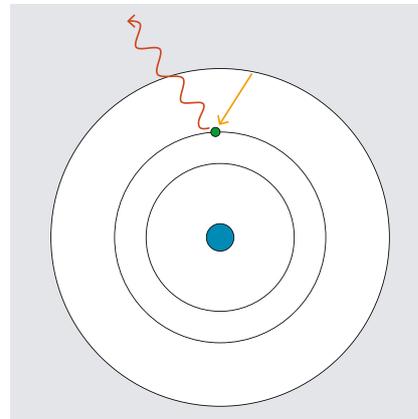
⤴ **Abbildung 1.20**

Ein Sechslinser nach Art des Planars korrigiert auch die Bildfeldwölbung gut, daher auch der Name. Zudem gleicht sein annähernd symmetrischer Aufbau im hinteren Teil weitgehend die Abbildungsfehler aus, die der vordere Teil erzeugt.

1.3 Licht und seine Eigenschaften

Um Objektive und ihre Eigenschaften zu verstehen, sollten Sie sich zumindest kurz mit den Eigenschaften des Lichts beschäftigen. Das Wort »Fotografie« selbst kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet nichts weiter als Schreiben oder Malen mit Licht. Interessanterweise haben wir erst seit gut hundert Jahren eine einigermaßen genaue Vorstellung davon, was Licht überhaupt ist.

Eine uralte Art, Licht zu erzeugen, ist, ein Feuer anzuzünden. Aber was passiert da eigentlich? Warum leuchtet das Feuer? Das Verbrennen von Holz ist eine exotherme chemische Reaktion, das bedeutet vereinfacht, sobald der Kohlenstoff des Holzes mit dem Sauerstoff der Luft reagiert, wird Wärme freigesetzt. Diese thermische Strahlung (Wärme) ist selbst schon mit Licht vergleichbar, weil es sich auch um elektromagnetische Strahlung handelt. Diese ist bloß deutlich langwelliger als Licht und trifft auf die Elektronen in den beteiligten Atomen (zum Beispiel die von Kohlenstoff und Sauerstoff, wobei natürlich eine Vielzahl weiterer Elemente in Holz und Luft vorhanden sind, die auch beeinflusst werden). Wenn so ein Elektron eine ordentliche Portion Wärmestrahlung abbekommt, dann hüpfert es auf eine weiter außen liegende Bahn um das Atom herum. Irgendwann verliert es genug von der



⤴ **Abbildung 1.21**

Wenn ein Elektron (grün) von einer höher gelegenen Bahn um den Atomkern (blau) zurückspringt (gelber Pfeil), wird die überschüssige Energie als Photon abgestrahlt (rot).



« **Abbildung 1.22**

Eine Kokerei fackelt überschüssiges Gas ab, ein Teil der frei werdenden Energie wird als Licht ausgesendet.

335 mm | f5,6 | 1/1000s | ISO100

aufgenommenen Energie, so dass es wieder zurückfällt auf eine näher an dem Atomkern liegende Bahn. Für diese Bahn hat es aber noch zu viel Energie, die es während des Zurückfallens abgibt. Diese Energie, die dort abgegeben wird, wird als Licht ausgesendet.

Licht ist also, vereinfacht gesagt, die überflüssige Energie zurückhüpfender Elektronen eines Atoms. Zumindest in einem bestimmten Stärkebereich der Energie gilt das, denn wenn ein Elektron zurückhüpft, kann es auch weniger Energie abgeben, was dann zu langwelligerer Strahlung führt, die wir nicht mehr sehen können (Infrarot) oder die wir, wenn sie noch langwelliger wird, als Wärme wahrnehmen. Ebenso kann mehr Energie abgegeben werden, die dann als UV-Licht oder sogar Röntgenstrahlung in Erscheinung tritt. Aber keine Sorge: Bei einem normalen Feuer wird keine Röntgenstrahlung entstehen, diese wird erzeugt, wenn Elektronen hart in Materie abbremsen, wie in einem Röntgengerät oder auch durch natürliche Radioaktivität.

Das funktioniert das andersherum: Wenn Sie Licht auf bestimmte Materialien scheinen lassen, springen die Elektronen in eine höhere Bahn um den Atomkern, es entsteht also eine elektrische Ladung durch die Umwandlung von Licht. Diese können Sie messen und in einen Datenwert verwandeln. Und das ist genau das, was der Kamerasensor macht: Licht in Strom umwandeln, und aus dem gemessenen Strom Daten erzeugen. Dies geschieht in einer sogenannten *A-D-Wandlung*, bei der analoger Strom in digitale Daten verwandelt wird.

PHOTOELEKTRISCHER EFFEKT

Diese Umwandlung von Licht in Strom nennt sich photoelektrischer Effekt und wurde zum ersten Mal 1905 von Albert Einstein (1879–1955) erklärt. Dafür und nicht für die noch berühmtere Relativitätstheorie hat Einstein 1921 den Nobelpreis für Physik erhalten.

Auch das Auge und nicht nur die Digitalkamera erzeugt aus einem Lichtimpuls einen elektrischen Impuls. Ein zurückhüpfendes Elektron im Feuer erzeugt einen Energieimpuls, der im Auge (oder auf dem Kamerasensor) ein anderes Elektron wieder hochhüpfen lässt. Dieser elektrische Impuls wird beim Auge über Nervenbahnen ins Gehirn weitergeleitet und beim Sensor während der Belichtungszeit als elektrische Ladung gesammelt und danach ausgelesen und in Daten gewandelt.

Wie müssen Sie sich diesen Energieimpuls, der sich Licht nennt, vorstellen? Als eine Welle, die sich durch den Raum ausbreitet, oder als ein Teilchen, das durch den Raum fliegt? Beide Vorstellungen existierten schon seit der Renaissance, in diesem Fall seit dem 17. Jahrhundert parallel nebeneinander. Anfang des 20. Jahrhunderts stellten die Wissenschaftler fest, dass *beide* Vorstellungen gleichzeitig richtig sind. Licht ist sowohl Teilchen als auch Welle und verhält sich je nach Situation wie das eine oder das andere. Das nennt sich *Welle-Teilchen-Dualismus*. Ich werde an dieser Stelle aufhören, weil die Grundlagen für das Verständnis der fotografischen Effekte damit gelegt sind. Die ganze Wahrheit ist wie immer natürlich viel komplizierter, dann würden wir aber schnell in der Quantenphysik landen und nicht bei den Objektiven.

Nun findet ja nur ein kleiner Teil des Lichts direkt von dem beschriebenen Feuer in das Auge. Oder um von dem Beispiel wegzugehen, nur ein kleiner Teil des Sonnenlichts nimmt den direkten Weg von der Sonne ins Auge, und selbst mit diesem passiert oft noch etwas in den acht Minuten, die das Licht von der Sonne zum Auge

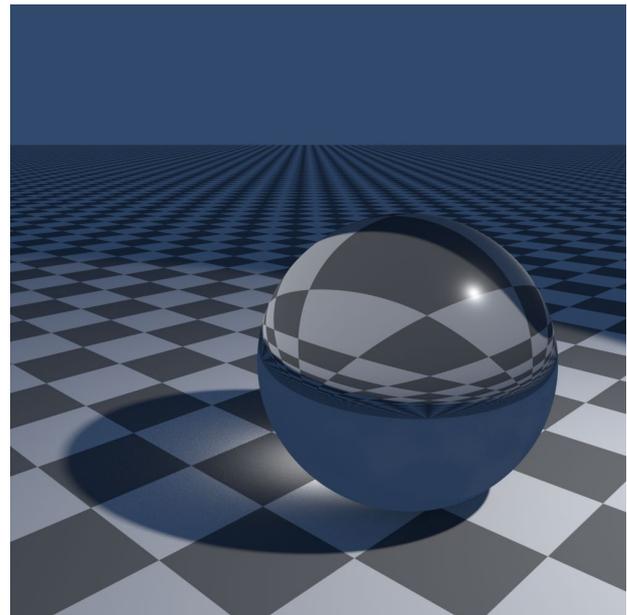
QUANTENPHYSIK

Den Begriff *Lichtquant* werden Sie vielleicht schon gehört haben; gebräuchlicher ist *Photon* als Bezeichnung für ein Lichtteilchen, für die kleinste Einheit von Licht, die möglich ist. Was wir hier aussparen, möchten Sie sich vielleicht an anderer Stelle anlesen. Mein Lesetipp: »Auf der Suche nach Schrödingers Katze: Quantenphysik und Wirklichkeit« von John Gribbin, eine auch für Normalbürger verständliche Einführung in die Quantenphysik.

benötigt. Die für die Fotografie wichtigen Effekte werde ich im Folgenden kurz erklären.

Brechung

Die Brechung ist für ein Objektivbuch die wichtigste Eigenschaft des Lichts. Wenn ein Photon (Lichtteilchen) auf ein durchsichtiges Material trifft (zum Beispiel Glas), dann wird es abgebremst, weil die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht je nach Material unterschiedlich ist. Wenn es gerade, also nicht schräg, auf eine Glasscheibe trifft, wird es beim Eintritt kurz abgebremst, beim Austritt wird es wieder so schnell wie vorher. Optisch passiert hier nicht viel, außer dass vielleicht bestimmte Wellenlängen teilweise verloren gehen, weil das Glas eben nicht 100 % durchlässig für Licht ist. Sie nehmen zum Beispiel einen leichten Grünstich wahr, oder das Bild wirkt – durch die Glasscheibe gesehen – einen Tick dunkler als neben der Glasscheibe.



⚡ **Abbildung 1.23**

Bei der Brechung des Lichts geht das Licht durch den Körper hindurch und wird von ihm abgelenkt. (Computer-generiertes Bild)