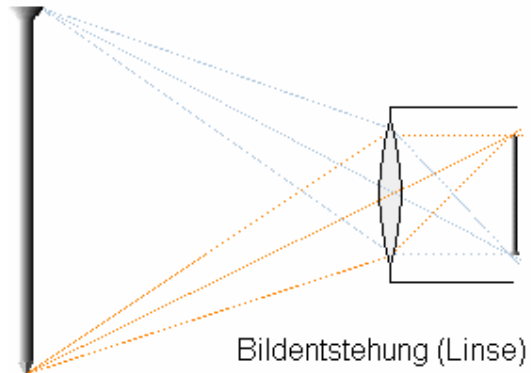


Bau einer Lochkamera für das Format 13 x 18 cm

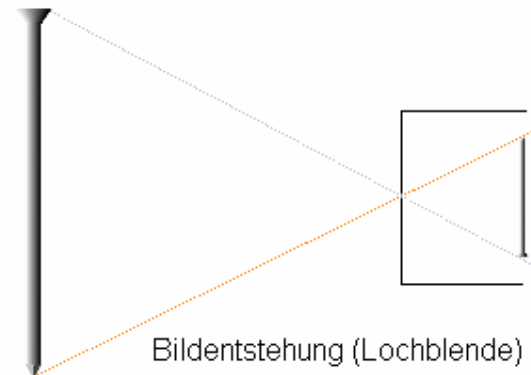
Diese Anleitung beschreibt den Bau von Lochkameras für das Format 13 x 18 cm, die maximale Bildqualität zu minimalen Kosten liefern sollen. Die Grenzen der Bildqualität bestimmt die Physik, die Materialkosten liegen bei wenigen Euro.

Ein wenig Theorie

Eine Sammellinse besteht aus Glas, welches das Licht bricht, und ist so geformt, dass von einem Punkt ausgehende Lichtstrahlen, die auf die Linse treffen, hinter der Linse wieder in einem Punkt vereinigt werden. Da dies für alle Lichtstrahlen gilt, die aus jeder Richtung auf die Linse fallen, entsteht hinter dieser in einer ganz bestimmten Entfernung eine Abbildung (reelles Bild), welche mit einem Film oder einer Mattscheibe aufgefangen werden kann.



Eine Abbildung entsteht jedoch auch, wenn man statt einer Linse ein sehr kleines Loch verwendet. In diesem Fall ist die Abbildung nicht völlig scharf, je nach Lochgröße, und sehr lichtschwach, da auf die viel kleinere Fläche auch entsprechend weniger Licht fällt. Da die Strahlen allerdings nicht in einem Punkt vereinigt werden (und danach wieder auseinanderstreben), kann die Abbildung überall hinter dem Loch aufgefangen werden, und nicht nur an einer bestimmten Stelle (Schärfeebene).



Je grösser das Loch ist, desto grösser ist das Strahlenbündel, das vom Objekt aus auf den Film trifft, und desto unschärfer die Abbildung. So gesehen muss das Loch möglichst klein sein. Der Rand des Loches spielt allerdings auch eine Rolle: Da an der Kante das Licht gebeugt wird, was zu Unschärfe führt, soll das Loch möglichst wenig Rand aufweisen. Geometrisch heisst das erstmal, dass das Loch kreisrund sein soll, denn ein Kreis hat am wenigsten Umfang pro Fläche. Dummerweise wird dieses Verhältnis aber mit kleiner werdendem Loch immer ungünstiger, da der Kreisumfang vom Radius abhängt, die Fläche von dessen Quadrat. Folglich erhalten wir kein beliebig scharfes Bild, wenn wir das Loch immer weiter verkleinern, sondern stossen irgendwann an eine Grenze, an der die Beugung am Lochrand eine höhere Schärfe verhindert. Es gibt folglich eine optimale Lochgröße, die uns das schärfste Bild liefert, das wir mit einer solchen Kamera machen können.

Die exakte Berechnung der optimalen Lochgröße ist eine recht komplizierte Angelegenheit und hängt von vielen Faktoren ab, wie etwa der Wellenlänge des Lichts. Für unsere Zwecke ist eine Näherung völlig ausreichend:

$$d = \sqrt{\frac{A}{500}}$$

Hierbei ist (d) der Lochdurchmesser in mm und A das Auflagemass in mm, also der Abstand Loch – Film.

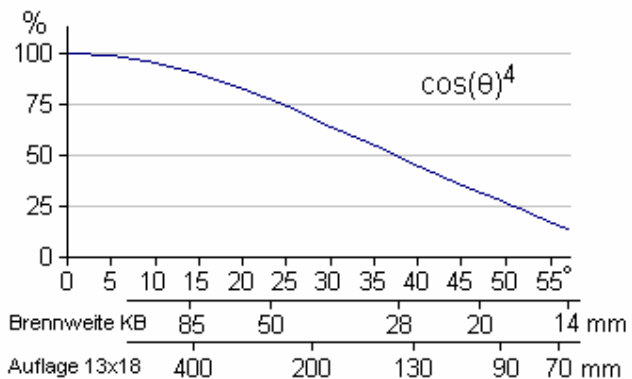
Das Auflagemass

Der Abstand des Lochs vom Film hat entscheidenden Einfluss auf die Charakteristik der Kamera. Je näher das Loch am Film ist, desto grösser wird der Bildwinkel. Man bekommt also mehr aufs Bild und erhält einen Weitwinkelleffekt, andererseits werden entferntere Gegenstände kleiner abgebildet und die Helligkeit fällt zum Rand hin ab.^[1] Am einfachsten ist die Kamera zu bauen, wenn man sich mit dem Auflagemass am vorhandenen Material orientiert, dazu unten mehr. Man kann natürlich auch eine "Zoom"-Kamera mit veränderbarem Lochabstand bauen, doch würde ich davon eher abraten. Neben dem konstruktiven Aufwand muss man bei der Lochgrösse einen Kompromiss eingehen, da die Lochgrösse, die optimale Bildschärfe liefert, vom Auflagemass abhängt. Wer sich mit Brennweiten für Kleinbildkameras auskennt und weiss, welcher Brennweite seine Kamera entsprechen soll, kann das Auflagemass errechnen, indem er die gewünschte Brennweite mit 4.86 multipliziert.^[2]

Brennweite Kleinbild (f)	Auflage (f x 4.86)	optimales Loch (mm)	Blende (f)	Verlängerungs-faktor zu f16	Belichtung Sonne	Belichtung Wolken	Belichtung Regen
14	68	0,37	180	130	40 s	160s	12 min
17	83	0,41	200	160	50 s	200 s	15 min
20	97	0,44	220	190	60 s	4 min	20 min
24	117	0,48	244	230	75 s	5 min	30 min
28	136	0,52	260	270	85 s	6 min	40 min
35	170	0,58	290	340	105 s	8 min	1 h
50	243	0,7	350	470	150 s	12 min	1.5 h
85	413	0,91	450	800	250 s	20 min	2.5 h

Aus dieser Tabelle kann man das Auflagemass entnehmen, das einer gewünschten Kleinbild-Brennweite entspricht.^[2] Weiterhin kann man den optimalen Lochdurchmesser ablesen und weitere Daten, die beim Fotografieren nützlich sein können (siehe weiter unten: Fotografieren mit der Lochkamera).

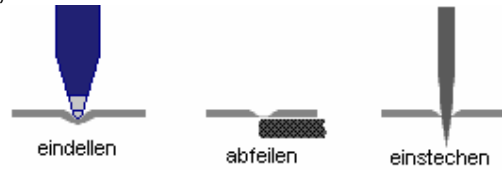
[1] Der Randlichtabfall ist unvermeidbar, da er geometrisch bedingt ist. Schaut man schräg auf das Loch, wird dessen Fläche kleiner. Somit fällt auch weniger Licht pro Fläche auf die Ecken im Vergleich zur Bildmitte. Die Grafik zeigt den Helligkeitsabfall in Abhängigkeit vom halben Bildwinkel; zum Vergleich sind entsprechende Kleinbild-Brennweiten und Auflagemasse für die hier vorgestellte Kamera angegeben. Kritisch wird der Randlichtabfall bei mehr als zwei Blendenstufen (=25%). In diesem Fall können die Ecken schwarz werden.



[2] Der Faktor 4.86 entspricht dabei dem Verhältnis der Bilddiagonalen und muss angepasst werden, wenn man Kameras für andere Formate als 13x18 baut.

Das Loch


Das optimale Loch ist, wie bereits erwähnt, kreisrund und hat einen bestimmten Durchmesser. Weiterhin sollte es aus möglichst dünnem, nicht reflektierendem Material bestehen. Man kommt diesem nahe, indem man ein dünnes Stück Blech (z. B. von einer Getränkedose, etwa 2 x 2 cm) mittig mit einem Kugelschreiber eindellt, die Delle rückseitig abfeilt oder abschmirgelt und den verbleibenden, sehr dünnen Teil mit einer Nähnadel durchsticht. Die Nadel wird nur hineingestochen, nicht hindurch. Anschliessend das Loch vorsichtig entgraten und mit schwarzem, wasserfestem Filzstift auf beiden Seiten schwärzen.



Das Stück Blech mit Loch wird dann mit Klebeband in einem Diarähmchen befestigt und mit einem Diaprojektor an die Wand projiziert und scharfgestellt. Hierbei erkennt man, ob das Loch schön rund geworden ist. Ausserdem kann man mit einem Lineal den Durchmesser des projizierten Loches genau ausmessen. Anschliessend entfernt man das Dia und steckt ein durchsichtiges Plastiklineal in den Projektor. Man sollte es so hineinstecken, dass die Skala scharf abgebildet wird, ohne den Projektor neu fokussieren zu müssen. Dann misst man auf der Leinwand den Abstand zweier Millimeter-Striche. Teilt man den vorher gemessenen Lochdurchmesser durch diesen Abstand, erhält man den Lochdurchmesser in Millimetern. Normalerweise benötigt man mehrere Versuche, bis man den gewünschten Lochdurchmesser hergestellt hat. Da die Formel für die optimale Lochgrösse nur eine Näherung ist, sind allerdings Abweichungen von $\pm 15\%$ unbedenklich.

Stativgewinde

Wegen der langen Belichtungszeiten ist es unabdingbar, die Kamera zum Fotografieren auf ein Stativ zu stellen. Man sollte pro Kamera zwei Stativgewinde anbringen, eins für Hoch- und eins für Querformat.

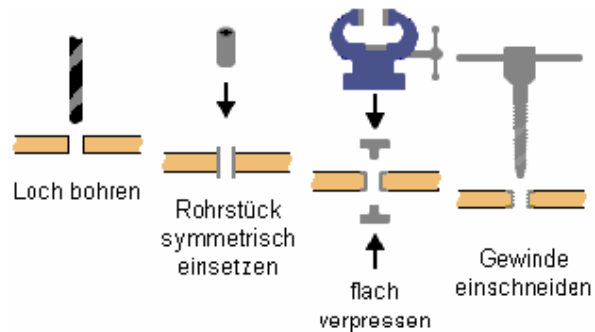
Gleich vorneweg: Der Aufwand, der hier – auch werkzeugsässig – für die Stativgewinde getrieben wird, lohnt sich nicht für eine einzelne Kamera. Wenn nur eine Kamera gebaut werden soll, kann man sich für ca. 1 € pro Stück Stativ-Gewindeadapter (Übergewinde) kaufen. Dabei handelt es sich um kleine Adapter, die in grosse Stativgewinde (3/8") eingeschraubt werden können und den Durchmesser auf ein kleines Stativgewinde (1/4") reduzieren.  Wenn man das Holz der Kamera mit einem Bohrer (9 mm) anbohrt und einen Adapter einklebt, kommt man sehr einfach zum gewünschten Ergebnis. Wenn man ein Stativ mit Schnellwechselplatten besitzt, kann man alternativ auch Wechselplatten aus Holz nachbauen und fest an der Kamera verschrauben.

Möchte man wesentlich mehr Kameras bauen, z. B. mit einer Jugendgruppe, und schieht dabei auf die Kosten, kann man sich auch folgendermassen behelfen: Man schneidet 16 mm^[3] lange Stücke von 8 mm Alu- oder Kupferrohr ab, setzt diese in durchgehende 8 mm-Löcher in die Boden- bzw. Seitenwand der Kamera ein und verpresst sie mit einem Schraubstock. Anschliessend bohrt man – wenn nötig – das

[3] Das Rohr soll auf beiden Seiten rund 3 mm überstehen, also 6 mm länger sein als die Wand der Kamera dick ist. Bei anderen Dicken als 10 mm muss man hier das Mass entsprechend anpassen.

Innenmass auf 5 mm^[4] auf und schneidet mit einem Gewindebohrer ein 1/4" UNC-Gewinde hinein. Da das Gewinde durchgehend ist, muss anschliessend noch die Innenseite zugeklebt werden, damit kein Licht eindringt. Aluminium ist leicht zu verarbeiten und in jedem Baumarkt als 1 m langes Stück zu bekommen.

Um die Hülsen sauber zu verpressen, muss man sich einmalig ein entsprechendes Werkzeug herstellen. Es besteht aus zwei Flachkopfschrauben M5, die vom Durchmesser ins Rohr passen müssen und nicht länger als die halbe Wanddicke sein dürfen. Gegebenenfalls muss man etwas vom Gewinde abfeilen bzw. die Schrauben mit einer Säge kürzen. Man verpresst die Hülse mit den

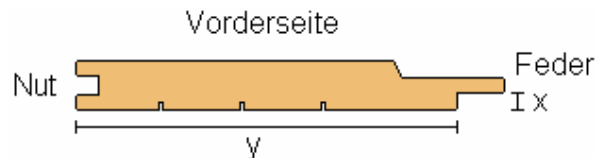


flachen Schrauben in einem Schraubstock. Ist das Material zäh und die Kraft zum verpressen sehr gross, kann man die Rohrstücke kürzer schneiden und so den Überstand verringern; sollte das Holz beim Verpressen reißen, kann man das Loch etwas grösser bohren und das Rohrstück mit etwas Klebstoff einsetzen.

Der Kasten

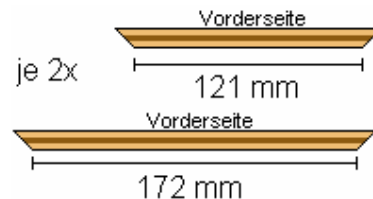
Wandpaneele werden verwendet, um Wände mit Holz zu verkleiden. Möglichst schmale Massivholzpaneele eignen sich optimal für den Bau von Lochkameras, ein 2 m-Paneel reicht für rund drei Kameras und kostet rund 1 €. Häufig sind sie allerdings nur bündelweise zu 10 Stück erhältlich; vielleicht ergattert man aber auch ein paar Reste.

Die Paneele haben eine Vorder- und eine Rückseite; die Vorderseite ist gehobelt und geschliffen. Auf einer Seite ist eine Feder, die in die Nut des Nachbarpaneels greift, sodass man die Paneele flächig zusammensetzen kann. Die Abbildung zeigt einen Querschnitt; die schmalen Rillen auf der Rückseite sind nicht immer vorhanden und für unsere Zwecke unwichtig. Die Werte x und y müssen ausgemessen werden.



Die Abbildung zeigt einen Querschnitt; die schmalen Rillen auf der Rückseite sind nicht immer vorhanden und für unsere Zwecke unwichtig. Die Werte x und y müssen ausgemessen werden.

Pro Kamera müssen vier Stücke zugeschnitten werden. Die Schnitte werden als 45°-Gehrungsschnitte ausgeführt, sodass sich die vier Teile zu einem Kasten zusammensetzen lassen, bei dem die Vorderseite der Paneele nach aussen zeigt. Es sind zwei Teile mit der Länge 121 mm und zwei Teile von 172 mm vonnöten, wobei die Masse für die Rückseite gelten; sie ergeben somit die Innenmasse des Kastens.^[5] Möchte man die Masse an der Vorderseite anzeichnen, muss man zum jeweiligen Mass noch zweimal die Dicke des Panels dazuzaddieren.



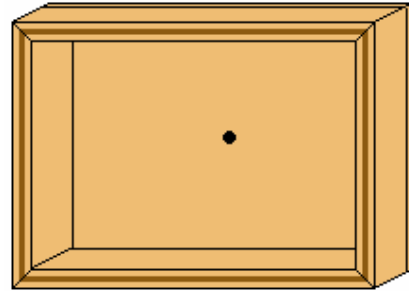
[4] Für die werkzeugmässig sehr gut sortierten: Das korrekte Kernlochmass ist 5.1 mm.

[5] Die Abmessungen orientieren sich am Fotopapier, dessen exakte Grösse 12.7 x 17.8 cm beträgt. Es ist somit an jeder Kante 3 mm grösser als der Kasten und wird so an die Rückwand gedrückt.

Für die Vorderseite der Kamera muss ein Stück Sperrholz zugesägt werden. Die Grösse dieses Stückes ergibt sich aus dem oben gemessenen Wert (x): Es soll $171+2(x)$ mm breit und $120+2(x)$ mm hoch sein. Beträgt (x) also z. B. 3 mm, benötigt man ein 177 x 126 mm grosses Brett. Wenn man nicht so genau sägen kann, macht man es lieber noch einen Millimeter kleiner.

Nun kommt das Auflagemass ins Spiel: Am einfachsten sind Kameras zu bauen, bei denen das Auflagemass gleich dem oben bestimmten Wert (y) ist oder um so viel grösser, wie das Sperrholz für die Vorderseite der Kamera dick ist. In diesem Fall muss man lediglich ein hinreichend grosses Loch in die genaue Mitte der Vorderseite bohren und später das Blech mit dem kleinen Loch dahinter- oder davorkleben. Ist das Auflagemass deutlich geringer oder höher als der Wert (y), muss man ein grösseres Loch aussägen und die Auflage so anpassen, wie weiter unten beschrieben wird (Kameras mit hohem oder niedrigem Auflagemass). Man sollte die Vorderwand fertigstellen, bevor man den Kasten zusammenbaut.

Für den Zusammenbau werden die vier Paneelteile mit den Gehrungsschnitten zu einem Rechteck zusammengeklebt. Dazu verwendet man reichlich Weissleim, das Rechteck kann man mit Gummibändern zusammenhalten, solange der Leim noch feucht ist. In die Feder wird die Vorderwand ebenfalls mit Leim eingesetzt. Je nach Gusto kann man sie auch noch mit ein paar dünnen Nägeln fixieren. Sind die Gehrungsschnitte ungenau oder treten sonstwo Lücken auf, kann man diese mit einem Gemisch aus feinen Sägespänen und Weissleim füllen. Wichtig ist, dass die Rückseite möglichst plan ist; man legt dazu am besten die Kamera mit der Vorderseite nach oben auf einen Tisch, bis der Kleber richtig ausgehärtet ist.

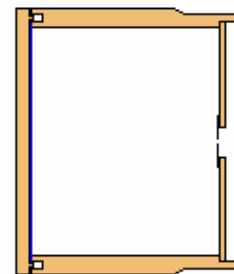


Danach kann man den Kasten noch mit Schleifpapier bearbeiten, z. B. die Ecken rundschleifen. Auf der Innenseite ist die raue Oberfläche eher erwünscht, so dass man dort nur schleifen sollte, wenn Holzspäne störend abstehen.

Nun muss man noch die Rückwand zusägen, die aus etwas dickerem Sperrholz bestehen sollte. Sie ist so gross wie die Aussenmasse des Kastens, also z. B. 141 x 192 mm bei 10 mm dicken Paneelen.

Schliesslich streicht man die Innenseite des Kastens sowie eine Seite der Rückwand gründlich mit mattschwarzer Farbe. Auch die Nut, die hinten am Kasten umläuft, wird innen schwarz gestrichen.

Wenn die Farbe getrocknet ist, wird auf die schwarz gestrichene Seite der Rückwand etwas hervorstehendes aufgeklebt, welches in die umlaufende Nut des Kastens greift und so gegen Licht abdichtet. Man kann aus Moosgummi 2 mm breite Streifen schneiden oder einen dicken Draht mit Gewebepapier aufkleben. Wenn die Rückwand rundherum mit dem Rand beklebt ist, sollte das Fotopapier genau hineinpassen. Es wird dann vom inneren Teil der Nut des Kastens festgehalten, was der Querschnitt verdeutlichen soll.



Das Blech mit dem kleinen Loch wird vor oder hinter das Loch in der Vorderwand geklebt, je nach Auflagemass. Helle Kanten oder undichte Stellen können mit

schwarzem Klebeband oder Klebefolie abgedeckt oder mit schwarzer Farbe überstrichen werden.

Die Rückwand wird schliesslich einfach mit Gummibändern an dem Kasten befestigt, die um die Kamera geschlungen werden. So kann man sie problemlos und schnell mit einem Stück Fotopapier bestücken. Wichtig ist, dass die umlaufende Kante auf der Rückwand sauber in der Nut des Kastens sitzt.

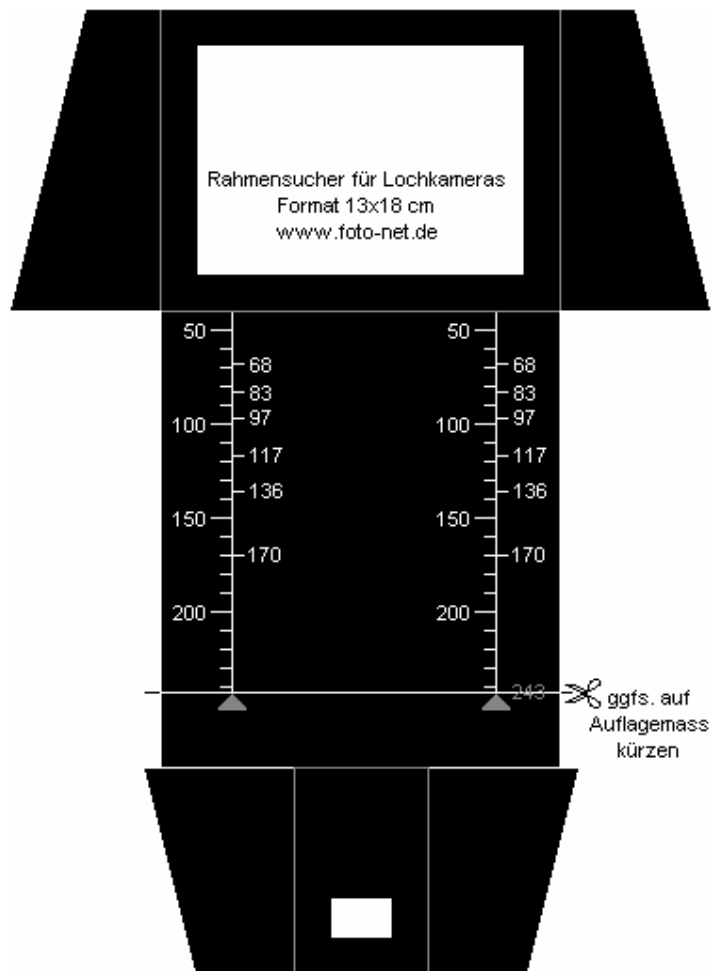
Der Sucher

Für den Sucher wird diese Seite auf dünne, weisse Pappe ausgedruckt oder kopiert. Der Sucher kann dabei beliebig vergrössert (oder verkleinert) werden, solange das Verhältnis Höhe zu Breite nicht verändert wird. Neben der äusseren Form werden dann die beiden Fenster ausgeschnitten und die weissen Linien am unteren Ende eingeschnitten.

Das obere und das untere Ende mit den Fenstern wird jeweils an den grauen Linien rechtwinklig hochgebogen, die Flügelchen klappt man in Richtung des anderen Fensters knapp rechtwinklig ein. Sie helfen, die Fenster genau senkrecht zu stellen. Wenn man dann durch das kleine Fenster schaut, sieht man durch das grosse den ungefähren Ausschnitt, der aufgenommen wird.

Der Sucher ist für Auflagen (Abstand Loch – Film) bis 243 mm geeignet.^[6] Für geringere Auflagemasse muss der Sucher an der unteren grauen Linie an den Dreiecken auseinandergeschnitten und auf das dem Auflagemass entsprechenden Wert an den Skalen verkürzt werden.

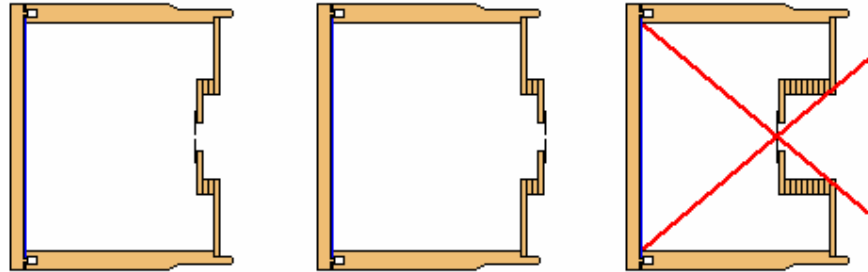
Je geringer das Auflagemass, desto schwieriger ist der Sucher zu benutzen, da man im Bild herumschauen muss, um die Bildgrenzen zu sehen. Daher sollte man in diesen Fällen den Sucher etwas grösser drucken oder kopieren.



[6] Dies entspricht 50 mm beim Kleinbildformat. Die Skalen stimmen nur für das Bildformat 13x18 cm.

Kameras mit hohem oder niedrigem Auflagemass

Mit einer Lochsäge lassen sich einfach grosse Löcher in Sperrholz sägen, man kann aber andersrum auch runde Holzscheiben herstellen oder auch Ringe, indem man in die Holzscheibe ein kleineres Loch sägt. Man kann so mit einem mittelgrossen Loch in der Kameravorderseite und einer etwas grösseren Holzscheibe, die man davor oder dahinterklebt, das Auflagemass vergrössern oder verkleinern. Wenn man noch Ringe aus Holz oder Pappe dazwischenlegt, kann man jedes beliebige Auflagemass erreichen. Man muss jedoch die Öffnung gross genug machen, dass der Lichtweg von allen Bildecken durch das Loch hindurch nicht behindert wird.



Fotografieren mit der Lochkamera

Bevor die Kamera benutzt wird, muss noch eine Art Verschluss konstruiert werden. Eine einfache Möglichkeit ist ein Stück schwarze Pappe, die mit Kreppband vor das Loch geklebt wird.

Zum Aufnehmen des Bildes wird Fotopapier in der Grösse 13x18 cm benötigt.^[7] Da man die Belichtung nur schätzen kann,^[8] und auch innerhalb der Bildfläche durch Randlichtabfall ungleichmässig belichtet wird, sollte man eine Papiersorte weicher Gradation (2, 1 oder 0) verwenden.^[9]

Die Kamera mit zugeklebtem Loch muss im Dunkeln mit Fotopapier geladen werden, wobei man auch im Licht der Dunkelkammerleuchte arbeiten kann. Das Fotopapier ist nur auf einer Seite, der Schichtseite, lichtempfindlich.^[10] Diese Seite muss natürlich zum Loch hin weisen. Man erkennt sie im Licht der Dunkelkammerlampe daran, dass sie glänzt, während die Rückseite völlig matt ist. Ausserdem krümmt sich das Fotopapier von der Schichtseite weg, die konvexe Seite ist also die Schichtseite. Am einfachsten legt man die Rückwand auf einen Tisch, legt ein Stück Fotopapier mit der Schicht nach oben darauf, und legt die Kamera so drauf, dass der Rand auf der Rückwand gut in der Nut sitzt. Anschliessend fixiert man die Rückwand mit Gummibändern und kann ein Foto machen gehen.

[7] Selbstverständlich kann man auch mit Planfilm entsprechender Grösse arbeiten. Der klare Träger bringt Vorteile durch kürzere Belichtungszeiten beim Umkopieren, und fotografierte Farben werden als realistischere Grauwerte wiedergegeben. Allerdings ist Planfilm sehr teuer und muss in völliger Dunkelheit in die Kamera gelegt, entwickelt und fixiert werden, was ohne die entsprechende Ausrüstung und Erfahrung problematisch ist.

[8] Mit einem Belichtungsmesser lässt sich zwar genauer arbeiten, aber auch gemessene Werte können wegen bestimmter Effekte (allgemeine und spektrale Empfindlichkeit des Fotopapiers, Schwarzschildeffekt) nur als Anhaltspunkt dienen.

[9] Je geringer die Gradation, desto flacher verläuft die Schwärzungskurve. So erhält man auch bei Fehlbelichtungen eher ein brauchbares Ergebnis. Es fällt kontrastärmer aus, was man beim Umkopieren in gewissen Grenzen wieder ausgleichen kann.

[10] Man sollte es vermeiden, die Schichtseite zu berühren, weil Fettspuren den Kontakt mit dem Entwickler behindern, sodass Fingerabdrücke später sichtbar sein können.

Die Belichtungszeit kann man messen oder schätzen. Bei der Messung misst man mit einem Belichtungsmesser bei Blende 16 und multipliziert die gemessene Belichtungszeit mit dem Verlängerungsfaktor aus der Tabelle, der zur Blendenöffnung gehört. Als Einstellung für die Filmempfindlichkeit ist 20 ASA ein guter Anfang. Für geschätzte Belichtungswerte liefert die Tabelle für verschiedene Lichtverhältnisse grobe Richtwerte, die allerdings auch von den Daten des verwendeten Fotopapiers abhängen und gegebenenfalls korrigiert werden müssen.

Brennweite Kleinbild (f)	Auflage (f×4.86)	optimales Loch (mm)	Blende (f)	Verlängerungs- faktor zu f16	Belichtung Sonne	Belichtung Wolken	Belichtung Regen
14	68	0,37	180	130	40 s	160s	12 min
17	83	0,41	200	160	50 s	200 s	15 min
20	97	0,44	220	190	60 s	4 min	20 min
24	117	0,48	244	230	75 s	5 min	30 min
28	136	0,52	260	270	85 s	6 min	40 min
35	170	0,58	290	340	105 s	8 min	1 h
50	243	0,7	350	470	150 s	12 min	1.5 h
85	413	0,91	450	800	250 s	20 min	2.5 h

Um ein Bild aufzunehmen, wird die Kamera auf ein Stativ gestellt und mit Hilfe des Rahmensuchers ausgerichtet. Um eine Weitwinkelkamera gerade aufzustellen, kann auch eine Wasserwaage hilfreich sein. Wenn die Kamera aufgebaut und die Belichtungszeit bestimmt ist, kann die Belichtung erfolgen: Das Loch wird geöffnet, indem man die schwarze Pappe davor entfernt; nach der Belichtung wird sie wieder angebracht.

Beim Fotografieren sollte man auf Motive achten, bei denen sowohl nahe als auch entfernte Gegenstände im Bild sind. Neben der schöneren Tiefenwirkung von Bildern mit Vordergrund und Hintergrund nutzt man dabei aus, dass alles unabhängig von der Entfernung gleich (un)scharf abgebildet wird. Personen sind schwierig zu fotografieren, da sie über die Belichtungszeit stillhalten müssen. Umgekehrt ist es nicht schlimm, wenn mal eine Person durch das Bild läuft, meistens ist später nichts von ihr zu sehen. Läuft eine Gruppe durchs Bild oder laufen Personen genau auf die Kamera zu, kann man die Belichtung auch unterbrechen und bei unveränderter Kameraposition später fortsetzen.

Entwickeln und Kopieren

Bei der Belichtung erhält man ein Negativ, welches auch noch seitenverkehrt ist, da man die Negative nur von der Seite betrachten kann, auf die man belichtet hat.



Diese Negative werden

im Kontakt umkopiert, wodurch man wieder seitenrichtige Positive erhält. Das Positiv hat das gleiche Format wie das Negativ, wodurch die Qualität erhalten bleibt, da man bei einer Vergrößerung auch die Unschärfen mitvergrößert. Wünscht man grössere Bilder, sollte man von vornherein eine grössere Lochkamera bauen.

Optimal für den Entwicklungsprozess ist der Zugang zu einer Dunkelkammer. Das Minimum ist ein dunkler Raum, der mit einer Beleuchtung ausgestattet ist, für die das verwendete Papier nicht empfindlich ist.^[11] Weiterhin braucht man einen Tisch mit drei Schalen (mindestens 20x30 cm), Papierentwickler und Fixierer, sowie eine Glasplatte ohne Kratzer und Flecken; das Glas aus einem rahmenlosen Bildträger ist gut geeignet. Zum Durchkopieren ist eine gleichmässig ausleuchtende Lichtquelle nötig. Ein Vergrösserer ist ideal, ein Halogenstrahler oder Diaprojektor geht aber notfalls auch. Mit Tageslicht sollte man nicht arbeiten, da dann die Ergebnisse nicht reproduzierbar sind.

Entwickler und Fixierer müssen aus Konzentraten angesetzt werden, die Verdünnung steht auf den Verpackungen. Mit einem Liter Lösung kommt man gut aus, bei kleinen Schalen (20x30 cm) und wenigen Bildern kann auch ein halber Liter reichen. Drei Schalen werden aufgestellt, links kommt der Entwickler hinein und rechts der Fixierer. In die mittlere Schale kommt Wasser, wenn vorhanden, kann man etwas Zitronensäure darin lösen oder einen Schuss Stoppbad-Konzentrat zugeben. Hat man nichts dergleichen, sollte man das Wasser alle paar Bilder tauschen. Weiterhin ist noch ein Eimer mit Wasser oder ein gefülltes Waschbecken nützlich. In jede Schale gehört eine Papierzange, mit der die Papiere angefasst und in die jeweils nächste Schale befördert werden. Die Zangen dürfen jeweils nur mit der zugehörigen Flüssigkeit in Berührung kommen, bei Missgeschicken muss man die Zange kurz abspülen.

Hat man die Schalen aufgebaut, wird die Kamera geöffnet. Dazu darf natürlich wieder nur die Dunkelkammerleuchte eingeschaltet sein. Das belichtete Fotopapier wird in den Entwickler gelegt (linke Schale), wobei man darauf achten muss, dass die ganze Oberfläche von Entwickler benetzt wird. Das Bild sollte öfter bewegt werden, was man z. B. erreichen kann, indem man eine Ecke der Schale leicht anhebt und eine kleine Welle erzeugt. Nach kurzer Zeit sieht man, wie das Bild entsteht, nach etwa einer Minute scheint es sich nicht mehr zu verändern. Man lässt das Papier noch einmal die gleiche Zeit im Entwickler liegen, also etwa zwei Minuten; im Zweifelsfall etwas länger. Dann nimmt man es mit einer Zange heraus und gibt es in die mittlere Schale. Dort wird es lediglich gespült und kommt in die rechte Schale, wo das Bild lichtstabil wird. Dort bleibt es ein paar Minuten und sollte auch öfter mal bewegt werden. Danach kommt es für etwa zehn Minuten (oder auch länger) in Wasser, um Chemiereste auszuwaschen, und wird dann zum Trocknen ausgelegt.

Wenn das Negativ richtig trocken ist, kann es umkopiert werden. Dazu wird ein Stück Fotopapier unter einen Vergrösserer oder eine andere Lichtquelle gelegt. Darauf kommt das Negativ mit dem Bild nach unten, also Schicht auf Schicht. Das ganze wird mit einer Glasplatte beschwert und belichtet. Die Belichtungszeit hängt von der Dichte des Negativs und der Stärke der Lichtquelle ab und muss ausprobiert werden; ein Startwert für gängige Vergrösserer ist eine Minute bei Blende 4. Um Fotopapier zu sparen, kann man auch ein Blatt in Streifen schneiden und diese Streifen probebelichten, um die korrekte Belichtungszeit zu ermitteln. Das durchkopierte Bild wird dann genau wie das Negativ entwickelt und fixiert. Von einem Negativ können

[11] Welche Lichtfarben sicher sind, hängt vom Papier ab. Rotes Licht geht aber so gut wie immer. Die normale Beleuchtung muss stets ausgeschaltet sein, wenn man mit belichtetem oder unbelichtetem Fotopapier hantiert, und darf frühestens wieder eingeschaltet werden, wenn entwickeltes Papier im Fixierer liegt. Durch den Fixierer werden die Fotos lichtstabil. Bei Zweifeln an der Sicherheit der Dunkelkammerbeleuchtung kann man diese einfach mit einem Stück Fotopapier testen, welches man eine bestimmte Zeit der Beleuchtung aussetzt und dann entwickelt.

beliebig viele Positive abkopiert werden. Neben der Belichtungszeit kann man dabei natürlich auch die Gradation des Papiers variieren.

Wenn man mit der Lochkamera einen völlig strukturlosen, möglichst bewölkten Himmel fotografiert, erhält man ein Negativ, welches in der Mitte dunkel ist und zum Rand hin wegen des Randlichtabfalls heller wird. Man kann dieses beim Umkopieren benutzen, um den Randlichtabfall auszugleichen, indem man es auf die Fotopapiere (oder die Glasplatte) beim Umkopieren noch obenauflegt. Durch den weiteren Lichtverlust muss dann allerdings beim Umkopieren noch wesentlich länger belichtet werden.^[12]

Entwickler und Fixierer müssen nach Gebrauch entsorgt werden, das Stopppad (mittlere Schale) und das Waschwasser kann man in den Ausguss giessen. Angebrochenes Entwicklerkonzentrat ist nicht beliebig haltbar, da die Substanzen luftempfindlich sind. Wenn man eine angebrochene Flasche voraussichtlich länger nicht braucht, sollte man die Flasche ganz mit Wasser füllen und die zugegebene Wassermenge auf dem Etikett notieren, sodass man den Faktor beim Ansetzen mit einkalkulieren kann. So bleibt auch eine angebrochene Flasche recht lange brauchbar. Oxidierter Entwickler verfärbt sich praktischerweise in Richtung gelb/braun; hat man Zweifel an der Brauchbarkeit, kann man ihn einfach mit einem Stück belichtetem Fotopapier testen.

Mögliche Fehler und Ursachen

- kein Bild, Negativ weiss
 - zu kurz belichtet
 - auf Papierrückseite belichtet
 - Entwickler mit Fixierer verwechselt
 - Entwickler mit Stopppad verunreinigt
- Negativ zu dunkel
 - Kamera nicht lichtdicht
 - Loch nicht verschlossen
 - zu lange belichtet
 - extrem lange entwickelt
 - Dunkelkammerlampe zu hell oder falsche Lichtfarbe
- Bild stark verwischt oder doppelt
 - Kamera bei Belichtung bewegt
- Negativ an Rand oder Ecke angeschwärzt
 - Kamerarückwand nicht lichtdicht
- Negativ ungleichmässig hell
 - nicht richtig im Entwickler eingetaucht
 - Helligkeitsabfall nach aussen ist normal
- Bild bekommt nach Tagen graue oder beige Flecken
 - nicht richtig ausfixiert; Bild möglichst bald noch einmal fixieren und wässern
- Bilder haben leichte weissliche Flecken auf der Oberfläche (Wasserflecken)
 - bei hartem Wasser Netzmittel zum Waschwasser geben oder in einer Schale mit demineralisiertem Wasser schlusswässern
- Bild rollt sich beim Trocknen extrem zusammen
 - teures und schönes Barytpapier erwischt; muss trockengepresst werden

Version 1.0 vom 26.01.2005

[12] Für dieses "Filter" ist natürlich ein Stück Planfilm fein. Oder man druckt sich einen Grauverlauf auf Overheadfolie, die man über die Glasplatte legt, damit das Druckraster nicht scharf abgebildet wird. Um Unregelmässigkeiten beim Druck auszugleichen, kann das Filter bei der Belichtung leicht bewegt werden. Der im Anhang abgebildete Grauverlauf sollte einen Helligkeitsabfall von zwei Blendenstufen kompensieren. Für einen schwächeren Effekt benutzt man das Filter nur bei einem Teil der Belichtungszeit beim Umkopieren, für einen stärkeren kann man mehrere Filter übereinanderlegen.

Anhang

Materialliste

Wandpaneele (z. B. 1 x 10 x 210 cm)
 Alurohr 8 mm x 1 m oder 2 Übergewinde
 Sperrholz für die Vorderseite und ggfs. Abstandsringe
 Sperrholz für die Rückwand
 Blech von Getränkedose
 Einmachgummis oder vergleichbare Gummibänder
 Mattschwarze Farbe
 Schwarzer Filzstift, wasserfest
 Schwarze Klebefolie, Klebeband
 dicker Draht oder Moosgummistreifen (2 mm)
 Weissleim, ggfs. Sägespäne zum Spachteln
 Alleskleber
 Kreppband und schwarze Pappe (Verschluss)
 Dünne Drahtstifte
 Schleifpapier
 Fotopapier Gradation 0-2; 13x18 cm
 Vergrösserer, Dunkelkammerlampe
 3 Schalen (grösser als 13x18 cm), 3 Papierzangen, Entwickler- und Fixierkonzentrat
 Glasplatte (grösser als 13x18 cm)
 Stativ

Werkzeug

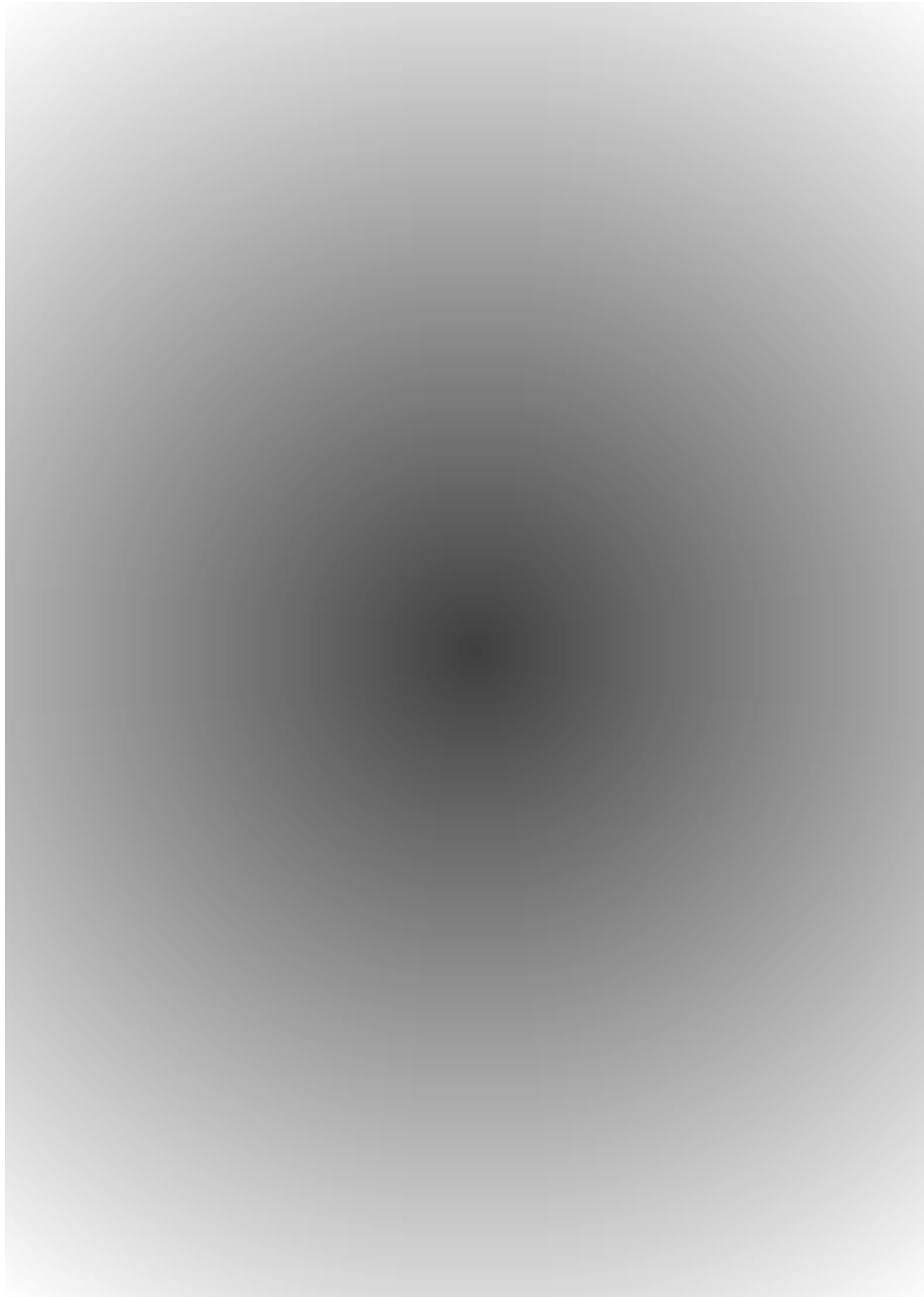
Säge für Gehrungsschnitte (z.B. Stichsäge, Bandsäge)
 Bohrmaschine mit Bohrern, ggfs. Lochsäge
 Kugelschreiber, Diaprojektor mit Rahmen, durchsichtiges Lineal
 Pinsel, Feile, Nadel
 Nur wenn Stativgewinde selbst hergestellt werden:
 Selbstgebautes Nietwerkzeug, Schraubstock
 Rohrschneider oder Metallsäge
 Gewindebohrer UNC 1/4 Zoll mit Kernlochbohrer 5 mm

Arbeitsschritte

4 Stücke Wandpaneel mit Gehrungsschnitten 45° zuschneiden.
 Sperrholz für die Vorderseite zuschneiden.
 Sperrholz für die Rückwand zuschneiden.
 2 Metallrohre 8 mm absägen oder -schneiden. oder: Boden- und Seitenwand mit 9 mm-Bohrer anbohren und Gewindeadapter einkleben.
 In ein kurzes und ein langes Paneel mittig ein 8 mm Loch bohren.
 Metallhülsen einstecken, so dass beidseitig 3 mm überstehen, und mit Schraubstock und Vernietwerkzeug einpressen. oder: Aus Holz zwei Schnellwechselplatten passend zum Stativ basteln und fest an Boden- und Seitenwand montieren.
 Metallhülsen innen auf 5 mm aufbohren und ein 1/4-Zoll UNC-Gewinde einschneiden.
 In die Vorderseite je nach gewünschter Lochauflage ein Loch bohren oder einen Kreis ausschneiden und Ringe/Kreise davor oder dahinterlegen
 Die vier Paneele zu einem Kasten zusammenbauen, Vorderseite ankleben. Bis der Kleber aushärtet, mit Gummibändern zusammenhalten.
 Den Kasten innen komplett schwarz ausmalen. Auch die Nut schwarz ausmalen. Die Rückwand-Innenseite ebenfalls schwarz anmalen. Trocknen lassen.
 Auf die schwarz gestrichene Seite der Rückwand 2 mm breite Moosgummistreifen rundherum so kleben, dass sie genau in die Nut des Kastens passen. Das Fotopapier muss in das entstehende Rechteck hineinpassen.
 Blechstück eindellen, Delle abfeilen und Loch stechen. Loch vermessen und Herstellung wiederholen, bis die Grösse stimmt. Blechstück mit passendem Loch mit Edding schwärzen und ankleben.
 Sucher herstellen und exakt gerade ankleben.
 Das Loch von aussen provisorisch zukleben (schwarze Pappe, Kreppband).
 Kamera bei Rotlicht laden, Rückwand mit Gummibändern fixieren.

Druckvorlage

Durch Drucken dieser Seite auf Overheadfolie erhält man ein Filter, mit dem man den Randlichtabfall beim umkopieren ausgleichen kann, indem man es über die Fotopapiere legt. Die Kompensation beträgt zwei Blendenstufen und ist nur bei sehr grossen Bildwinkeln sinnvoll. Siehe Fussnoten [1] und [11].



© 2005 Franz-Manfred Schüngel, www.foto-net.de.

Dieses Dokument darf in vollständiger und unveränderter Form beliebig vervielfältigt und weitergegeben werden.