

Theorie-Kurs Sensitometrie

In diesem Kurs lernen Sie, mit welchen Parametern Photomaterialien gekennzeichnet werden und wie man sie ermittelt.

Teil 1: Einführung

Teil 2: Eintesten von Filmen

Teil 3: Eintesten von Papieren

Teil 4: Die Gradation bei Filmen und Papieren

Teil 5: Der Kopierumfang von Photopapieren

Ein guter Handwerker kennt sein Werkzeug und das Material mit dem er arbeitet.

Ein Photograph und Laborant ist zuerst einmal Handwerker und sollte wie alle guten Handwerker, auch vertraut sein mit dem Prinzip von **Ursache und Wirkung**.

Ursache ist in der Photographie meist das Licht, die Wirkung die erzielt wird, ist als Schwärzung/Dichte auf Film/Photopapier zu erkennen. Kenntnisse über diese Zusammenhänge ermöglichen, daß aus Material und Werkzeug das Maximum herausgeholt wird.

Denken Sie daran, wenn Sie wieder einmal vor einer Serie von brillanten Vergrößerungen orakeln, warum sind diese Prints so anders als die eigenen? Herrliche Tonwertabstufung, eine Vielfalt von Nuancen, Lichter und Schatten sind noch sauber gezeichnet und in der Schärfe exakt, einfach toll. Mir ist das passiert, als ich die Originale von Meister Ansel Adams bestaunte. Solche „Meisterwerke“ entstehen weil, wie der Name schon sagt, meisterliche Kenntnisse über Werkzeug und Material die Grundlage der Arbeit sind. Ein Meister ist bestens vertraut mit dem Zusammenspiel von Ursache und Wirkung und jongliert damit, daß der Laie sich nur wundert.

Kenntnisse über gewisse Zusammenhänge bei der Aufnahme oder später im Labor sind nicht durch

Grundlagen

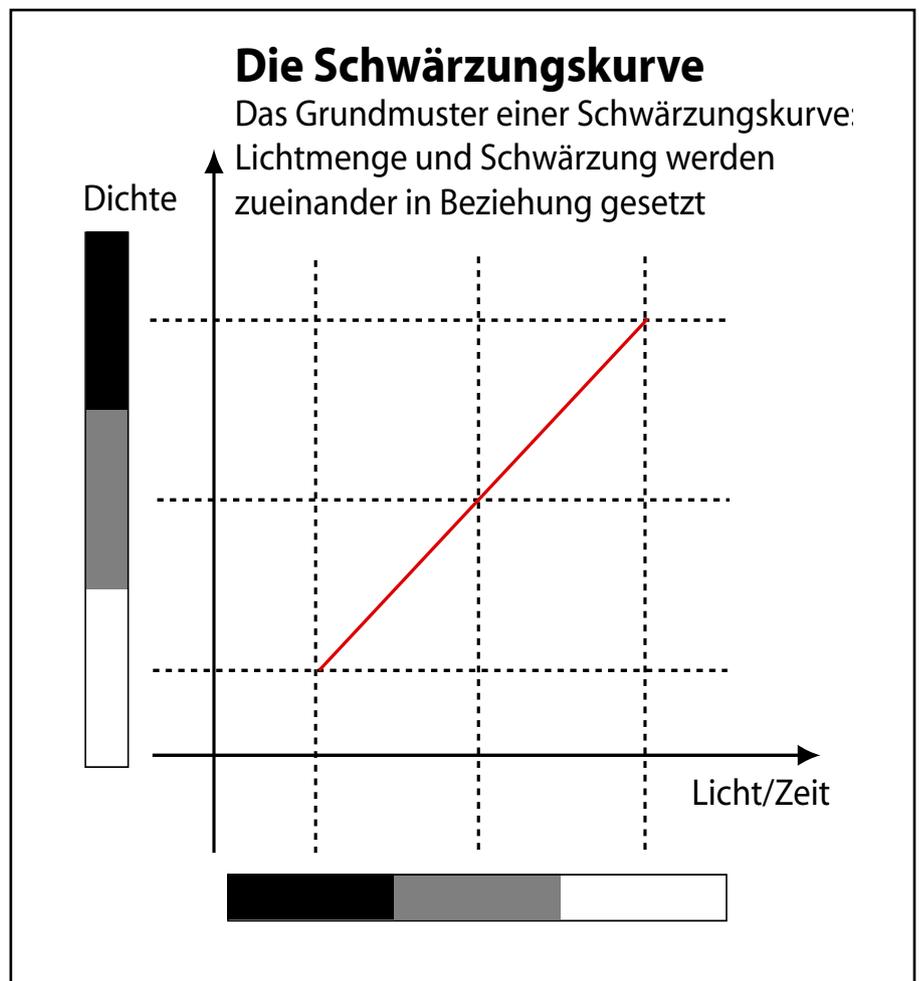
Harmonische Tonwertabstufungen, brillante Lichter, die Schatten tief, aber dennoch durchgezeichnet, die Schärfe ohne Tadel: jeder Hobbylaborant wünscht sich solche sw-Bilder. „Meisterwerke“ setzen auch meisterliche Kenntnisse über Werkzeug und Material - über die die theoretischen Grundlagen der Laborarbeit voraus. Im ersten Teil unseres Kurse lernen Sie die Grundlagen der Sensitometrie kennen.

Geräte zu ersetzen. Nur die eigene Erfahrung und die im eigenen Labor überprüften und bewährten Methoden führen letztlich zum Ziel. Geräte können, bei sinnvollem Einsatz, manches vereinfachen, Erfahrungen sammeln und Zusammenhänge erkennen können sie jedoch nicht.

Die Photo- und Laborwelt besteht nicht aus lauter Individualisten, von denen jeder für sich alleine

pröbelt. Ganz im Gegenteil, die Photo- und Laborwelt ist eine weltweite Riesenindustrie. In jedem Industriebereich wird, nach einheitlichen Richtlinien, nach Standards, nach Normen, gearbeitet. Selbstverständlich auch in der Photo- und Laborindustrie.

Die Bezeichnung für dieses Fachgebiet in der Photographie lautet Sensitometrie. Auf gut Deutsch: Empfindlichkeitsmessung.



Der Begriff Sensitometrie ist nach DIN - Norm 19040 (Teil 12) definiert als:

„Untersuchung der photographischen Eigenschaften strahlungsempfindlicher Materialien und der verschiedenen Schritte des photographischen Prozesses“

Diese Festlegung ermöglicht in der photographischen Industrie eine strenge Kontrolle der Qualität. In diesen Normen ist exakt beschrieben, wie bestimmte Größen, z.B. die Film und Papierempfindlichkeit, definiert sind. Was Schleier bedeutet oder wie der Begriff „mittlere Steilheit einer Dichtekurve“ zu erklären ist.

In diesen DIN-Norm-Verarbeitungsvorschriften ist alles präzise beschrieben, was den Belichtungsvorgang, die gesamte chemische Verarbeitung und anschließende Trocknung betrifft.

Die Beschaffenheit der Geräte zur Auswertung der Ergebnisse füllt wieder viele andere Normen. Dieses Fachgebiet heißt **Densitometrie** (Dichtemessung).

Ursache-Wirkung-Beziehung

Doch, so wird der geneigte Leser, Photograph und Laborant seines Zeichens, fragen, was nützt es mir, wenn ich aus den DIN-Verarbeitungsvorschriften derartige Merkwürdigkeiten vernehme?

Was hilft es mir wenn ich erfahre, daß die Lampe Osram Wi 40/G zur Zeit als ideal für sensitometrische Belichtungen angesehen wird? Der Preis dieser Lampe beträgt ca. 1.200.00 Euro. In meinem Vergrößerer, nicht an meiner optischen Bank mit der Ulbrichtschen Kugel, ist eine gammelige 100Watt Halogenlampe, die auch noch ohne Konstanter betrieben wird.

Auch bei der Filmentwicklung: schlechte Karten. Leider entwickle ich meine Filme nach der Kippmethode in der Dose, die Entwicklungsmaschine mit Pumpvorrichtung und hin- und hergehenden Paddeln kann ich mir auch nicht leisten, ein Dewar-Gefäß ist für

einen KB-Film auch nicht zu verwenden. Also schon wieder nicht die Nobelvariante. Wie soll ich jemals zu normgerechten Ergebnissen kommen ohne all dieses Zeug?

Spaß beiseite: Dennoch sind viele Laboranten der Meinung, daß eine entsprechende Ausrüstung die Gewähr für tolle Ergebnisse ist. Dies trifft nicht zu. Denn es geht nicht darum festgelegte Werte nachzuvollziehen, die mit großem Aufwand in wissenschaftlichen Labors zum Maß der Dinge erklärt werden. Es geht nicht darum nachzuvollziehen, ob die Angabe 200ASA auf der Filmpackung stimmt.

Es geht einzig darum, mit den Möglichkeiten des Selbstverarbeiters, optimale Ergebnisse zu erreichen. Gute Ergebnisse sollten nicht Zufall sein, sondern Standard.

Wer sich über das Zusammenspiel von Ursache und Wirkung, bei photographischen Vorgängen klar ist, der ist in der Lage, optimale Ergebnisse, gezielt zu erreichen.

Nicht jeder Normalverbraucher ist in der Lage auf Anhieb einen wunderbar gebräunten Toast, im neuen Toaster, herzustellen. Kennt man nicht die richtige Toastereinstellung Zeit/Temperatur, gibt es erst nach einigen Versuchen ein optimales Toastbrot.

In einem abgedunkelten Bad, am Samstagabend, überprüft der Hobbylaborant anhand einer Probebelichtung die Beziehung: Ursache-Wirkung. Er testet ob, das Licht seines Vergrößerers das Negativ so durchstrahlt hat, daß nach der Entwicklung die Vergrößerung in etwa seinen Erwartungen entspricht. Dieser Mensch macht in Sensitometrie. Er überprüft, was die Ursache Licht auf dem Photopapier für eine Wirkung erzielt.

In den wissenschaftlichen Labors wird nichts anderes als eben dieser Zusammenhang von Ursache und Wirkung erforscht. Das ist Sensitometrie.

Es ist nun möglich mit Zahlen und Tabellen die Ursache - Wirkung Beziehung zu beschreiben. Einfacher und deutlicher ist jedoch eine graphische Darstellung.

Damit sind wir bei der gefürchteten Schwärzungs- oder Dichtekurve. Denn nichts anderes, als die graphische Darstellung von Ursache und Wirkung, ist eine solche Kurve.

An der waagerechten Linie wird die Ursache „Licht/Zeit“ aufgetragen. An der senkrechten Linie wird die erzielte Wirkung „Dichte“ angezeichnet. Zur Erinnerung das Beispiel Toast. Hier wäre statt der Licht/Zeit Achse natürlich eine Temperatur/Zeit Achse erforderlich. Die erzielte Wirkung würde nicht als Dichte, sondern als Bräunung des Toastes, bezeichnet.

Wenn eine Aufnahme von einer Szenerie auf Schwarz-Weiß-Negativfilm gemacht wird, die nur weiß, grau und schwarz aufweist, sieht ein einfache graphische Darstellung wie die Abbildung auf Seite 1 aus.

Um diese Kurve zu bekommen, wird der Beispielfilm entwickelt (nach Herstellerangaben) und die erreichten drei Dichtewerte für weiß, grau und schwarz mit einem Densitometer gemessen und ins Diagramm eingetragen. Werden diese Werte-Linien verlängert, kreuzen sich die waagerechten Linien mit den senkrechten. Diese Kreuzungspunkte sind entscheidend. Werden sie miteinander verbunden, entsteht eine irgendwie geformte Linie, die Schwärzungskurve, in unserem Fall eine Gerade.

Definition der optischen Dichte und warum immer Logarithmus

Verlassen wir diese schlichten Formen der Sensitometrie und wagen uns an eine klare Sprache.

Der Begriff Dichte ist in DIN 4512 (Teil 3) festgelegt:

Die optische Dichte ist der Zehnerlogarithmus des reziproken Wertes des Transmissionsgrades. Der Transmissionsgrad ist das

Verhältnis des durchgelassenen zu dem auffallenden Strahlungsfluß.

Aus diesem Grund können übereinanderliegende Dichten einfach addiert werden.

Werte wie Transmission und Opazität müssen miteinander multipliziert werden, sind komplizierter miteinander zu verrechnen.

E. Muttet in „die wissenschaftliche und angewandte Photographie“: „Die logarithmische Ausdrucksweise wird auch der Tatsache gerecht, daß einer gleich großen Änderung des physikalischen Reizes der Lichtwirkung keinesfalls einer gleichen Empfindungsänderung entspricht“.

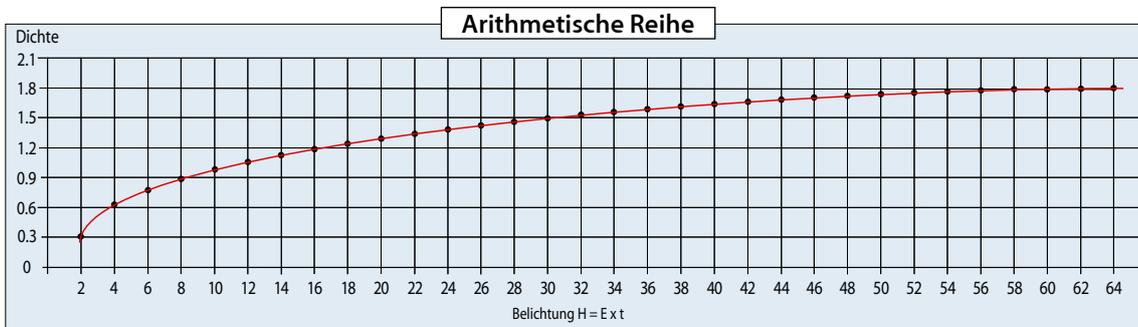
Psycho-physisches Gesetz von Weber-Fechner: „Der Logarithmus des Verhältnisses zweier Einwirkungen ist ein Maß für den Empfindungsunterschied und nicht das Verhältnis an sich.

Der wichtigste Vorteil des logarithmischen Ausdrucks resultiert aus der physiologischen Eigenart des menschlichen Auges“.

Ebenso wie bei anderen menschlichen Empfindungen wird nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz die Steigerung eines Reizes in geometrischer Reihe in ihrer Wirkung auf unser Auge so empfunden wie eine Steigerung in arithmetrischer Reihe.

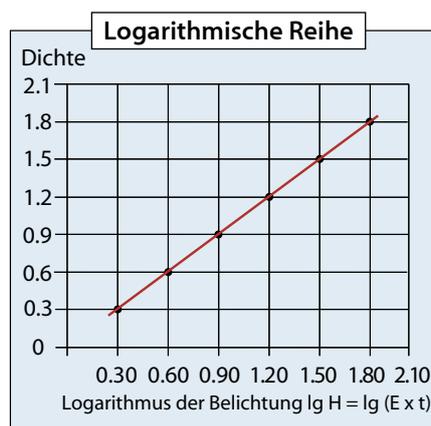
Nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz resultiert der wichtigste Vorteil des logarithmischen Ausdrucks aus der Eigenart des menschlichen Auges. Das Auge empfindet logarithmisch abgestufte Leuchtdichten wie eine gleichmäßige Veränderung in arithmetrischer Reihe. In einer arithmetischen Reihe ist jede Stufe von der nächsten gleich weit entfernt.

Bei der logarithmischen (geometrischen) Reihe ist jede Stufe von der nächsten, um den gleichen Faktor entfernt.



In „Messverfahren der Photographie“ von Gerhard Vieth wird dies einfach erklärt:

Man trägt die Belichtung logarithmisch auf, weil so leichter ein großer Belichtungsbereich darzustellen ist und weil für das Auge und für photographische Reproduktionen die Verhältnisse von Beleuchtungsstärken, also die Differenzen ihrer Logarithmen größere Bedeutung besitzen als die Differenzen der Beleuchtungsstärken selbst.



In den beiden Diagrammen wird der gleiche Vorgang dargestellt.

Licht als Ursache einer Schwärzung setzt sich zusammen aus der Beleuchtungsstärke E (angegeben in Lux) und der Belichtungszeit t (angegeben in Sekunden). Das Produkt daraus wird bezeichnet als Belichtung H (angegeben in Luxsekunden).

Die Formel daraus ist $H = E \times t$

Aus den angeführten Gründen wird die Größe H, immer logarithmisch dargestellt. Die ungenaue Bezeichnung Licht wird mit dem Begriff **log H** (Logarithmus der Belichtung) exakt definiert.

Logarithmische Zusammenhänge

Überall in der Photographie trifft man logarithmischen Zusammenhänge. Auch die Blendenzahlen von Objektiven, Belichtungszeiten an Kameras, sowie Empfindlichkeitsangaben von Filmen sind im logarithmischen System eingebunden.

Die Veränderung um eine ganze Blendenstufe an einem Objektiv, oder eine ganze Zeitstufe an der Kamera, lässt die doppelte, bzw. halbe Lichtmenge zur Photoschicht gelangen. Wird die DIN-Zahl eines Films um 3 DIN, oder seine ASA-Zahl um den Faktor 2 verändert, hat auch dies eine Verdoppelung, bzw. eine Halbierung der wirksamen Lichtmenge zur Folge. Der Logarithmus des gemeinsamen Faktors 2 ist 0.3.

Der Begriff Schwärzung kann sowohl beim Film als auch bei Photopapier verwendet werden. Wobei der Fachmann Schwärzung auf Film als Transmissionsdichte (Durchsicht), auf Photopapier, als Reflexionsdichte (Aufsicht) bezeichnet. Weil Dichtewerte logarithmische Werte sind, passen diese maßstabsgerecht in die graphische Darstellung.

Wird eine photographische Schicht (Film oder Papier) untersucht, wird sie zuerst mit unterschiedlichen Lichtmengen belichtet. Hierfür gibt es wieder verschiedene Methoden. Abgestufte Belichtung durch Veränderung der Entfernung, durch Veränderung einer Blende u.ä. Um mit einer Belichtung möglichst viele unterschiedliche Wirkungen auf der Photoschicht zu erzielen ist die beste Methode der Einsatz von sogenannten Durchsichtsgraukeilen.

Dieses geniale Universalhilfsmittel verdanken wir dem Herrn Goldberg. Dieser legte zwei Glasplatten so aufeinander, daß dazwischen ein keilförmiger Raum entstand. In diesen Zwischenraum goß er eine mit Ruß versetzte Gelatinelösung. Nach dem Erstarren der Lösung wurden die Glasplatten entfernt und es blieb ein echter Graukeil. Dieser Graukeil diente dem Herrn Goldberg zur Helligkeitsabstufung bei Belichtungen. Geblieben ist der heute etwas merkwürdige anmutende Begriff „Keil“.

Graukeile in vielen Varianten

Graukeile gibt es heute in verschiedenen Ausführungen: Stufenlos, als Verlaufsgraukeil, oder für genaue Messungen, Stufengraukeile mit einem gleichmäßigen Anstieg der Dichte von Stufe zu Stufe. Der Dichteabstand von Stufe zu Stufe wird als Keilkonstante bezeichnet. Diese Konstante sollte 0.15 Dichteinheiten betragen.

Der Gesamt-Dichtebereich hängt sehr vom jeweiligen Verwendungszweck ab. Für Tests von Diamaterial (Film oder Papier) ist ein Graukeil bis zu einer Dichte von 0.05 bis 3.00 sinnvoll.

Wird Negativmaterial getestet (Film oder Papier) ist das optimale Hilfsmittel, ein Graukeil mit einer Dichte von maximal 1.80.

Bei einer sensitometrischen Untersuchung wird die zu prüfende photographische Schicht im Kontakt mit solch einem Graukeil belichtet. Die verschiedenen dichten Graukeilstufen lassen verschiedene Lichtmengen zur Photoschicht gelangen. Die Graukeilstufen steuern die Lichtmengen. Das bedeutet, die waagrechte Linie in der graphischen Darstellung kann man sich als waagrecht liegenden Graukeil vorstellen. Die Graukeilstufen bewirken, bei entsprechendem Licht und Belichtungszeit, die logarithmische Belichtung $\log H$.

Die erzielte Wirkung auf der photographischen Schicht (Film oder Papier) wird mit einem Densitometer gemessen. Das heißt, alle auf der Schicht abgebildeten Graukeilstufen werden gemessen und in der Graphik an der senkrechten Linie eingezeichnet. Die entstandenen Kreuzungspunkte werden miteinander verbunden, die Schwärzungs- oder Dichtekurve ist fertig. Der Kenner ist jetzt in der Lage, aus der Form und der Lage dieser Kurve das Schwärzungsverhalten, den Charakter der Photoschicht abzulesen.

Was kann ein „normaler“ Laborant denn von den Weißkitteln in den Industrie- und Normenlabors lernen? Was kann von deren Arbeitsweise übernommen werden?

Jeder Laborant, Profi oder Amateur sollte sich seinen eigenen Standard erarbeiten. Dieser Standard ist die Richtschnur bei allen Photo- und Laborarbeiten. Dabei muß man sich nicht an Vorgaben halten, wenn die eigenen Erfahrungen bessere Ergebnisse bringen. Standard bedeutet, zuerst immer die gleichen Werte für Licht, Zeit, Temperatur, Chemie, Bewegung u.s.w. zu verwenden. Ist es aus irgend einem Grund erforderlich etwas zu verändern, wird immer nur eine Größe aus dem gesamten Standardpaket verändert.

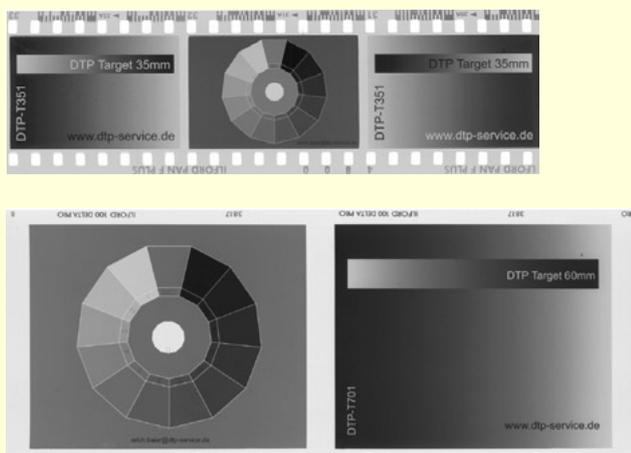
Durch diese Methode kann sehr schnell ein Fehlverhalten erkannt und lokalisiert werden. Alle Versuche und Experimente werden wiederholbar, wenn klar ist, welche Größen wie (vom Standard abweichend) geändert wurden.

Diese Erläuterungen sollen nicht dazu beitragen das Messen, Protokollieren, Dichtekurvenzeichnen, Standard erstellen als Selbstzweck zu betreiben.

Ganz im Gegenteil, die Technik wird entlang eines bewährten Standards routinemäßig abgearbeitet. Der Kopf und das Herz sind frei für kreatives Gestalten, was Inhalt und Form der Bilder betrifft.

Erich Baier

Präzise Graustufen-Keile von Erich Baier



Der Autor dieser Serie, Erich Baier, stellt auf digitalem Wege sehr präzise Durchsichts-Graustufenkeile her.

Die 13 Stufen des Keils sind mit 0.15 logD abgestuft. Der Bereich reicht von 0 - 1.80 logD.

Die Dichtesegmente sind in der Bildmitte angeordnet, um Fehler durch einen möglichen Lichtabfall des Vergrößerers auszuschließen.

Die Ziffern 0-12 der Graustufen helfen beim Ermitteln der optimalen Belichtungszeit und Papiergradation.

Die Graustufenkeile sind auf KB-Film und auf Rollfilm 120 erhältlich.

Sie erhalten sie im PHOTOTEC Online-Shop (www.phototec.de) unter Messen&Schalten >Meßzubehör.