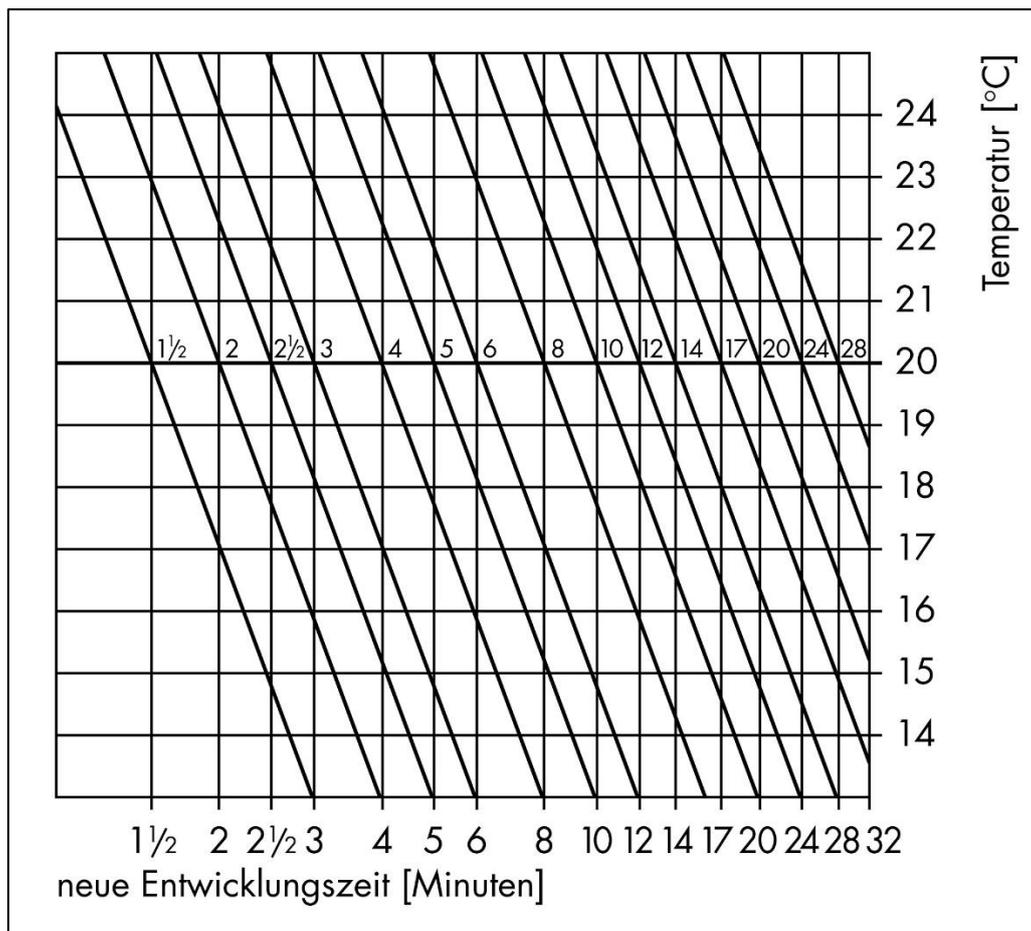


## Änderung der Filmentwicklungszeit bei Temperaturänderung

Wenn die Entwicklertemperatur bei der praktischen Arbeit vom Nennwert abweicht, steht man vor dem Problem, schnell eine Korrektur für die Entwicklungszeit zu benötigen. Im behelfsmäßigen Labor ereignet sich das in der kalten Jahreszeit öfter als gewünscht, besonders wenn man Prozesse fährt, die bei 24 °C ablaufen sollten. Im Sommer ist es bei den 20°C-Prozessen dann oft umgekehrt.

Bewährte Hilfe liefert jetzt ein Blick auf die folgende grafische Darstellung (siehe [3]), die in Briefmarkenform wohl jedem Ilford-Pulverentwickler beiliegt.



**Abbildung 1:** Entwickeln bei von 20°C abweichenden Temperaturen

Die etwas zuverlässigere Methode ist das Arbeiten mit einer Tabelle (siehe [4]). Zwischenwerte erhält man durch einfaches Abschätzen. Dieses praktikable Verfahren wird auch unter [1] beschrieben. Da man aber heutzutage sehr leicht Zugang zu einem PC, einem Smartphone oder Taschenrechner hat, stellt sich die Frage, ob es eine einfache Möglichkeit gibt, diese Tabelle dort abzulegen um dann sofort für beliebige Temperaturabweichungen Werte zu erhalten.

Gegen das obige Verfahren gibt es aber auch grundsätzliche Bedenken. Es ist bekannt, daß verschiedene Entwicklersubstanzen bezüglich ihrer Aktivität ein unterschiedliches Temperaturverhalten zeigen (siehe [5]). Bei Einsatz mehrerer Entwicklersubstanzen in einem Entwickler kann sich durch Temperaturänderung weiterhin der Charakter eines Entwicklers ändern (z.B. Körnigkeit nimmt zu). Zusätzlich hat strenggenommen das zu entwickelnde fotografische Material Einfluß auf das Temperaturverhalten. Auf der anderen Seite zeigt wohl die

Erfahrung, daß bei genügend kleinen Temperaturänderungen die obige Tabelle für die meisten Entwickler brauchbare Korrekturen liefert.

Für die Überführung eines Tabellenwerks in eine mathematische Formel gibt es erprobte Verfahren. Durch eine Ausgleichsrechnung werden Formelparameter so bestimmt, daß die Tabellenwerte so gut wie möglich getroffen werden. D.h. es wird nicht jeder einzelne Tabellenwert exakt getroffen, sondern alle vorgegebenen Tabellenwerte bestmöglich.

Eine Faustformel der Chemie besagt, daß eine Temperaturerhöhung um 10 °C zu einer Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit führt. Daher erwartet man sofort eine exponentielle Abhängigkeit. Dies wird auch durch [2] bestätigt.

Eine entsprechende Analyse der Tabelle [4] führt auf den einfachen Zusammenhang:

$$Z = Z_0 \times e^{-\left(\frac{T-T_0}{T_A}\right)} \quad T_A = 1 / \alpha = 10,827397 \text{ °C}$$

Dabei ist  $Z_0$  die schon bekannte Entwicklungszeit bei der Temperatur  $T_0$ . Als Ergebnis erhält man für die abweichende Temperatur  $T$  die gesuchte neue Entwicklungszeit  $Z$ . In der Struktur der Formel und der Konstante  $\alpha$  steckt die gesamte Information der Ilford-Tabelle [4] oder aus Abbildung 1.

Dieses Ergebnis ist sehr befriedigend, da jetzt eine einfache Möglichkeit besteht, um für jede beliebige Temperaturabweichung schnell die notwendige Korrektur auf Basis der Ilford-Angaben zu bestimmen. Die beigefügte Excel-Tabelle enthält den gefundenen numerischen Wert für  $\alpha$  und erlaubt die schnelle Berechnung der Korrektur auf PC, Smartphone oder Taschenrechner. Es steht zu erwarten, daß bei einem Betrag der Temperaturabweichungen ( $T - T_0$ ) kleiner  $T_A$  die Korrekturen zuverlässig sind [2].

### **Beispiel**

Für Testzwecke soll ein APX100 in Microdol-X in der Verdünnung 1+3 entwickelt werden. Verfügbare Entwicklungszeiten bei <http://www.digitaltruth.com/> ergeben bei 20°C eine Entwicklungszeit von 20 min. Eine Umrechnung der Entwicklungszeit auf 24°C ergibt knapp 14 min. (Der mit 14 min. entwickelte Film erreichte tatsächlich sofort die Sollwerte für eine Normal-Entwicklung für 80 ASA. In der Verdünnung 1+3 erreichte somit Microdol-X beim APX100 eine Empfindlichkeit, die auch viele andere Entwickler für diesen Film liefern).

## **Referenzen**

- [1] Wollstein: Kleine Tips, die das (fotografische) Leben erleichtern  
Teil 2: Bei der Verarbeitung und Entwicklung  
[http://www.schwarzweiss-magazin.de/swmag\\_wollstein\\_35.htm](http://www.schwarzweiss-magazin.de/swmag_wollstein_35.htm)
- [2] L.F.A. Mason: Photographic Processing Chemistry (L.F.A. Mason war viele Jahre bei Ilford in der Forschung tätig).
- [3] Ilford Fact Sheet: Verarbeitung von SW-Filmen [http://www.ilford.com/html/us\\_english/pdf/filmverarb\\_DE.pdf](http://www.ilford.com/html/us_english/pdf/filmverarb_DE.pdf)
- [4] DEVELOPMENT TIME / TEMPERATURE COMPENSATION CHART [http://www.ilford.com/html/us\\_english/pdf/tempconv.pdf](http://www.ilford.com/html/us_english/pdf/tempconv.pdf)
- [5] Josef Maria Eder: Rezepte, Tabellen und Arbeitsvorschriften für die Photographie und Reproduktionstechnik (hier speziell: Tabelle der Temperaturkoeffizienten verschiedener Entwickler)