

## Die Jobo CPE2 mit einer Umwälzpumpe aufrüsten

Ich besitze eine Jobo CPE2 seit zwanzig oder mehr Jahren. Genau so lange ärgere ich mich über fehlende Wasserumwälzung. Man kann während der Aufheizphase immer wieder mit einem großen Holzspatel oder einem Kochlöffel umrühren, um das Wasserbad zu durchmischen und überall eine gleichmäßige Temperatur zu erreichen. Das geht gut, bis man die Flaschen und Messbecher zur Temperierung einhängt - also nicht sehr lange. Danach wird die Sache mühsam. Abhilfe schafft eine simple Aquarienpumpe zur Wasserumwälzung. Eine Anleitung zur einfachen Nachrüstung sowie ein paar Tipps & Tricks zur CPE2 gibt es hier.

*Zuerst ein paar Fragen & Antworten:*

*Wie genau wird die Temperatur eingehalten?*

Die Jobo CPE2 besitzt ein Thermostat mit einer relativ hohen Genauigkeit von 0,1°C oder 0,2°C ähnlich oder der CPA2 oder CPP2. Leider liegt die Präzision des mechanischen Temperaturwählers nicht in diesem Bereich und man kann sich nicht darauf verlassen, dass wenn z.B. 20°C eingestellt wird, das Wasserbad auch auf diese 20°C temperiert wird. Das ist schlecht. Ich verwende ein digitales Thermometer zur Temperaturkontrolle und habe mir auf dem Temperaturwähler entsprechende Markierungen für die von mir benötigten Temperaturen (20°C SW und 30°C Farbe) gemacht. Damit ist eine hohe Wiederholgenauigkeit gegeben und im Umkreis der Flaschen kann man die gewünschte Temperatur schnell erreichen und schön konstant halten.

---

*Wozu also eine Umwälzpumpe?*

Das Wasserbad sollte überall die gleiche Temperatur haben und das ist bei der Jobo CPE2 nicht der Fall (siehe Absatz oben). In der Nähe des Heizstabes ist die Temperatur immer etwas höher als auf der Ebene, auf der die Entwicklungstrommel dreht. Auch wenn das Thermostat den Heizstab abschaltet gibt es diese Temperaturunterschiede. Die Konvektion des Wassers reicht einfach nicht und eine permanente Wasserumwälzung gleicht die Unterschiede aus. Vor allem bei langen Entwicklungszeiten braucht man sich um die Abkühlung des Entwicklers in der Dose keine Gedanken mehr zu machen.

---

*Wie funktioniert die Umwälzung?*

Die Pumpe wird an einer Halterung möglichst nahe am Boden der Wanne eingebaut. Dort saugt sie Wasser an und pumpt es auf das Niveau der Entwicklungstrommel hoch. Der Kreislauf braucht ein paar Minuten, bis er voll in Gang gekommen ist und dann wird das Wasser zuverlässig umgewälzt. Der Austrittswinkel kann horizontal beliebig ausgerichtet werden, je nachdem wohin das hoch gepumpte Wasser geleitet werden soll.

---

*Welche Pumpe passt und wie wird sie montiert?*

Ich habe mir eine Eheim CompactON 300 bei Hornbach besorgt. Kostenpunkt ca. € 17,00. Die Pumpe kann in der Vertiefung an der rechten Seite der Jobo CPE2 versenkt werden und besitzt eine Förderleistung von 300 Liter pro Stunde. Theoretisch würde der Inhalt des Wasserbades dann mehr als 35 Mal pro Stunde umgewälzt. Das ist ausreichend. Montiert wird die Eheim CompactOn 300 auf einem einfachen S-förmigen Aluminiumbügel mit ca. 105° pro Winkel. Ich habe den Bügel derart gefertigt, dass ich zuerst die beiden Winkel auf 105° gebogen habe und dann so lange nachgearbeitet habe, bis die Schiene an die Plastikwanne angepasst war. Die Wanne der CPE2 ist etwas schwabbelig und da ist eine individuelle Anpassung des Bügels die beste Option. Eine einzige Schraube hält den Bügel am Gehäuse fest. Dieses eine Loch ist auch die einzige mechanische Veränderung an der Jobo CPE2. Das elektrische Anschlusskabel habe ich auf einfachen Klebesockeln mit Kabelbindern befestigt. Die Pumpe ist nicht mit der Elektrik der CPE2 verbunden und braucht eine eigene Steckdose. Die gesamte Konstruktion kann daher rückstandslos von der CPE2 abgebaut werden. Die Klebesockel kann man ablösen und das Bohrloch für die Befestigungsschraube mit Pattex Stabilite auch wieder verschließen. Mit schwarzer Farbe übermalt ist es dann fast unsichtbar.

---

*Wird die Jobo CPE2 in der Benutzung eingeschränkt?*

Es können alle Flaschen und Messbecher weiterhin verwendet werden. Sogar in voll bestücktem Zustand funktioniert die Umwälzung und alle Arbeitsabläufe bleiben unverändert.

---

*Funktioniert die Umwälzung auch in Verbindung mit dem Jobo Lift (4062)?*

Zwar besitze ich keinen Jobo Lift 4062, ich gehe davon aus, dass die Umwälzung auch mit diesem Teil funktioniert. Eventuell muss man die Ausrichtung der Ausströmöffnung an der Pumpe geringfügig anpassen.

---

*Kann man die Jobo CPE3 auch nachrüsten?*

Die Jobo CPE3 ist weitgehend identisch mit der Jobo CPE2PLUS, die wiederum eine überarbeitete und verbesserte Jobo CPE2 ist. Ich besitze keine CPE3, gehe aber davon aus, dass die Wanne dieses Modells auf der rechten Seite genügend Platz für die Eheim CompactON 300 haben könnte.

---

*Was kostet die Nachrüstung der Umwälzpumpe und zahlt sich das überhaupt aus?*

Auf Basis der Eheim CompactON 300 oder CompactON 600 betragen die Materialkosten um die 25 Euro für Pumpe und Kleinteile. Ob sich die Nachrüstung auszahlt ist eine individuelle Beurteilung. Ich mache mir gerne das Leben leichter und wenn ich die CPE2 auch nur ein paar Mal pro Jahr verwende, ist mir die exaktere Temperierung die geringe Investition wert.

---

*Bei welcher Art der Entwicklung wird die Umwälzpumpe eingesetzt?*

Papierentwicklung mit der Jobo CPE2 braucht keine Umwälzung. Bei Papierentwicklung ist die Temperatur wesentlich unkritischer als bei der Entwicklung von Filmen. Ich verwende die Jobo CPE2 ausschließlich für SW- und Farbnegativ-Filmentwicklung. Da ist die Einhaltung der Temperatur wichtig. SW-Entwicklung ist grundsätzlich etwas toleranter mit größerem Spielraum, während bei C-41-Farbentwicklung Temperatur und Zeiten möglichst geringe Toleranzen haben sollen. Hinweis: Die Firma Eheim als Hersteller der hier empfohlenen Pumpen gibt als maximale Betriebstemperatur +35°C an, die bei C41-Prozessen überschritten wird. Dort sind 38°C bis 40°C üblich. Die Pumpe von Eheim ist qualitativ hochwertig und so gut vergossen, dass sie auch z.B. beim Tetenal Colortec C-41-Prozess bei 38°C von mir verwendet wurde. Ob sich die geringere Motorkühlung negativ auf die Lebensdauer der Pumpe auswirkt, kann ich nach ganz wenigen Einsätzen nicht beurteilen.

---

*- Rotationsentwicklung ist doch viel schlechter als Kippentwicklung!*

Zur ewigen Diskussion Stand-/Kippentwicklung versus Rotationsentwicklung möchte ich hier loswerden, dass ich Ende der 1980er-Jahre in einem Fachlabor tausende Filme, vorwiegend Kodak T-Max, Ilford FP4 und Ilford HP5, in einer CPA2 rotationsentwickelt habe. Niemand von den Profis hat sich damals über mangelnde Kantenschärfe oder ungleichmäßige Entwicklung wegen mangelnder Vorwässerung aufgeregt. Ein ordentliches Objektiv und eine richtige Belichtung vorausgesetzt waren schon damals mit einem TMX100 Vergrößerungen bis zu 50x70cm vom Kleinbild möglich, wenn auch die Negativentwicklung gestimmt hat. Rotationsentwicklung spart Chemie und schont die Umwelt. Mit Rotationsentwicklung sind wiederholbare Ergebnisse erzielbar. Meistens ist ein „falscher“ beziehungsweise ein unpassender Entwickler bei Kippentwicklung der Negativqualität wesentlich abträglicher als ein „passender“ Entwickler in der Rotationsentwicklung. Die Rotationsentwicklung schaltet Fehler wegen ungleichmäßiger Bewegung aus. Mehr zur Rotation im nächsten Abschnitt.

---

*- Welche Rotationsgeschwindigkeit ist optimal?*

Die erste Generation der CPE2 hat zwei Rotationsgeschwindigkeiten mit 25 und 65 Umdrehungen. Die CPE2 Plus/CPE3 hat nur eine Geschwindigkeit von 70 oder 75 Umdrehungen. Ich halte die hohe Geschwindigkeit bei der Filmentwicklung für weniger geeignet, verwende bei meiner CPE2 nur die langsamen 25 Umdrehungen und lasse nur in eine Richtung drehen. Bei der klassischen CPE2 ist der Motor und das Getriebe etwas unterdimensioniert, was bei der Verwendung der 65 Umdrehungen in Verbindung mit großen bzw. schweren Entwicklungsdosen zur übermäßig starken Abnutzung des Antriebs führt. Meine „langsam drehende“ CPE2 ist technisch noch immer völlig fit. Einen neuen Motor habe ich bisher noch nicht benötigt. Die geringere Bewegung der Chemie ist ein guter Kompromiss zwischen Kipp- und Rotationsentwicklung, den ich empfehlen kann.

---

*- Wie viele Filme soll ich auf einmal entwickeln?*

Ich verwende einen Jobo Uni-Tank 1520 für zwei 135er-Filme oder einen Jobo Multi-Tank 1540 für vier KB-Filme. Damit überfordere ich den schwachbrüstigen Antrieb der CPE2 nicht. Anfängern würde ich ohnehin den Uni-Tank 1520 empfehlen. Da kann man nicht mehr als zwei KB-Filme verderben, wenn etwas daneben geht.

---

*- Ist eine Vorwässerung von Film und Entwicklungsdose unbedingt notwendig?*

Bei SW-Negativentwicklung ist eine Vorwässerung nicht erforderlich, auch wenn das immer wieder behauptet wird. Zu lange Vorwässerung kann die Gelatineschicht zu stark aufquellen lassen. Außerdem verbleiben immer Wasserreste, auch wenn es nur ein paar Tropfen sind, in der Dose, was gerade bei stark verdünnten Entwicklerlösungen die Ergebnisse beeinträchtigen kann. Beim Tetenal Colortec C-41 Prozess lasse ich die leere Entwicklungsdose samt Film im Wasserbad laufen um sie auf Temperatur zu bringen.

---

*- Ist beim Tetenal Colortec C-41 die alternative Entwicklung mit 30°C empfehlenswert?*

Vorteile: mehr Temperaturtoleranz (+/- 0,5°C) und längere Ausgießzeiten, die sich im Vergleich zur Entwicklungszeit weniger kritisch auswirken, wenn man sie geringfügig überschreitet. Nachteil: höherer Zeitaufwand durch längere Entwicklungszeit und längeres bleichfixieren. Richtig ausgeführt ist der Tetenal Colortec C-41-Prozess auch bei 30°C dem Fujifilm CN-16 durchaus ebenbürtig, ich verwende ihn von Zeit zu Zeit als Gegenprobe zu einem Fujifilm FP232-Prozessor und kann damit sehr gut Qualitätskontrollen durchführen.

---

*- Jobo-Lift ja oder nein?*

Meine persönliche Präferenz gilt der CPE2 ohne Lift. Dafür lege ich auf eine große Arbeitsfläche und pflegeleichte Oberflächen rund um den Jobo-Aufstellungsort wert. Ein schneller Chemiewechsel ist eigentlich nur nach dem Entwickler gefragt. Dieser Wechsel ist für mich ohne Lift rasch zu bewerkstelligen, deshalb brauche ich den Jobo-Lift nicht. Wie ich schon geschrieben habe ist mir Bequemlichkeit wichtig, den Anschaffungspreis von 490 Euro für den Lift halte ich aber für überhöht.

---

*- Eine Jobo CPE 2 gebraucht kaufen?*

Wem die aktuelle CPE3 mit einem Kaufpreis von € 1.300,00 ohne Lift bzw. € 1.800,00 mit dem Lift zu teuer ist, der wird zu einer gebrauchten CPE2 greifen. Der größte Schwachpunkt ist der Antrieb, der bei der ersten Version der CPE2 unterdimensioniert ist und zum Verschleiß des Motors führen kann. Eine Reparatur samt Modifikation der Motorhalterung ist dann mit mehr als 200 Euro sehr kostenintensiv. Also Hände weg von einer CPE2 mit defektem Antrieb. Die CPE2PLUS ist davon nicht betroffen und meines Wissens nach bereits mit dem besseren Antrieb - ähnlich jenem in der CPE 3 - ausgeliefert worden. Der Heizstab sollte in Ordnung sein und keine Spuren von Korrosion zeigen. Das kann man leicht überprüfen und vermeidet Ärger. Sonst ist die CPE2 eher unproblematisch und elektrisch leicht zu reparieren. Meine Empfehlung: eine günstige CPE2 kaufen, aber da muss der Preis wirklich stimmen, sonst eine CPE2PLUS suchen, auch wenn das länger dauert.

---



Das ist meine Jobo CPE2 samt Umwälzpumpe. Die Maschine besitze ich schon eine Weile, so steht zum Beispiel auf dem Typenschild, dass die Firma Jobo in D-5270 Gummersbach 21 zu Hause ist. Bis wann gab es vierstellige Postleitzahlen in Deutschland? Ist jedenfalls schon lange her. Reparaturen und Defekte: Fehlanzeige, denn bei entsprechender Pflege und durchschnittlichem Gebrauch hält eine Jobo fast ewig. Ich entleere die Jobo nach jedem Einsatz und achte auf einen sauberen Wassertank. Ab und zu gebe ich eine halbe Tablette Fujifilm FSC-100 Super Conditioner ins Wasser um die Wanne sauber zu halten. Bei chlorhaltigen Zusätzen sollte man aber sehr vorsichtig sein und nur geringste Dosierungen anwenden. Durch Chlor ausgelöste Korrosion kann den Heizstab beschädigen.



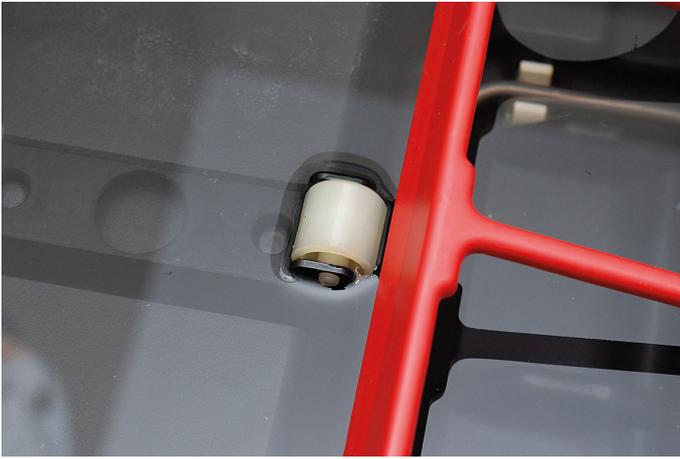
Das Bild links zeigt die komplette Umwälzung. Auf einem Aluminiumbügel ist eine Eheim CompactON 300 befestigt. Auf einem möglichst tiefen Niveau wird Wasser angesaugt und oben in Richtung Entwicklungsdose und Vorratsbehälter abgepumpt. Von der Pumpe habe ich alle Filter abgebaut, weil das Wasser in der Wanne der CPE2 sauber ist und keine Fremdkörper enthält. Die Pumpe arbeitet also mit ihrer maximalen Kapazität.

Wie man sehen kann, erfolgt das Ansaugen des Wassers in einem Bereich, der weder von den Messbechern noch von den Vorratsbehältern genutzt wird. Mir war wichtig, dass die Umwälzung auch bei voll bestückter Maschine funktionsfähig bleibt.



Das Ausströmen des Wassers erfolgt auf dem Niveau auf dem sich die Entwicklungsdose dreht. Zuerst habe ich mit einem Schlauchsystem experimentiert und später herausgefunden, dass ein einfaches Kunststoffröhrchen besser ist. Meine Röhrchen sind die Wickelkerne von Bonrollen aus Supermarkt-Kassendruckern. Ich habe mir in meinem Stamm-Supermarkt einige dieser Röhrchen geschnorrt und mich gefreut, dass sie für das Projekt so gut verwendbar sind.

Die Größe der Austrittsöffnung herauszufinden war für mich eine Herausforderung. Die zwei Bohrungen auf dem oberen Bild waren zu klein und die Umwälzung zu schwach. Erst eine Öffnung von 2,0x0,7cm lässt das Wasser in der richtigen Intensität sprudeln und stellt ausreichenden Wasseraustausch sicher.



Ist die Umwälzung betriebsbereit, geht es an die Justierung. Schließlich soll das Wasser ja nicht irgendwie herum gepumpt werden, es soll sich optimal umwälzen. Zuerst bestimmt man wie viel Wasser in die Maschine kommt. Das ist ganz einfach: Die maximale Füllmenge liegt zwischen der Oberkante der Rollenhalterung und der oberen Kante der weißen Rolle. Am besten füllt man mit allen eingesetzten Messbechern und Vorratsflaschen, weil man deren Wasserverdrängung berücksichtigen muss. Ich habe eine Markierung angebracht, damit ich die CPE2 möglichst schnell mit der maximalen Wassermenge befüllen kann. Die Markierung an meiner CPE2 wurde mit vier eingesetzten Flaschen aber ohne eingesetzte Messbecher ausgemessen. Sie kann natürlich an andere Arbeitsweisen, zum Beispiel ganz ohne Flaschen und Messbecher, angepasst werden.



Der grüne Keil im Bild oben zeigt in etwa die Ausrichtung der Austrittsöffnung. Ich habe die Einstellung ziemlich exakt auf die Befestigung vom Rollenbock ausgerichtet. Die beste Wasserumwälzung erreiche ich, wenn sich die Strömung ziemlich exakt parallel zur roten Flaschenhalterung bewegt. Das Röhrchen kann ziemlich genau in horizontaler Richtung ausgerichtet werden, eine Spielerei, für die man aber ein wenig Geduld braucht.



Hier ist die Pumpe bereits eingeschaltet. Bei diesem Röhrchen ist die Austrittsöffnung einen Hauch zu hoch angesetzt, was dazu führt, dass das Wasser während der Aufwärmphase ohne eingesetzte Entwicklungsdose gluckert und sprudelt. Mich stört das nicht und weil es sich um eine saubere Flüssigkeit handelt, ist auch keine Schaumbildung zu befürchten. Schöner wäre natürlich eine „gluckerfreie“ Umwälzung mit der die eingeschaltete Pumpe fast nicht mehr zu hören ist.



Hier habe ich die fertig eingestellte Umwälzung noch einmal veranschaulicht. Vom tiefsten Punkt der Wanne wird laufend Wasser nach oben gesaugt und dort in Richtung der gegenüberliegenden Behälterwand gepumpt (grüne Pfeile). Ein Teil des Wassers strömt dann wieder zurück (violette Pfeile) bzw. wird wieder nach unten gedrückt, weil sich das Volumen im Behälter immer wieder ausgleichen muss. Die Umwälzung funktioniert auch mit eingesetzten Vorratsflaschen und Messbechern, allerdings nimmt die Fließgeschwindigkeit im Bereich der roten Abdeckung logischerweise ab. Die Vorratsflaschen werden an der Seite mit den grünen Pfeilen schneller und stärker umströmt, an der Seite mit den violetten Pfeilen ist die Strömung geringer. Unterhalb der Messbecher entsteht durch das Ansaugen der Pumpe eine Verwirbelung, die ebenfalls einen Flüssigkeitsaustausch im Bereich der roten Abdeckung bewirkt. Mit dieser Einstellung habe ich bisher die besten Erfahrungen und werde sie so belassen.



Die Umwälzung ist am bequemsten während der Aufheizphase. Hier ist die CPE2 ohne Flaschen und Becher abgebildet, ich wärme aber immer mit vollständig eingesetzten und vor allem gefüllten Behältern auf. Ist ja auch Sinn der Sache.

Bei meiner Jobo CPE2 weicht die Ist-Temperatur von der eingestellten Temperatur um ein Grad ab. Das hört sich nicht so viel an, hat aber bei Negativentwicklung in Verbindung mit kurzen Entwicklungszeiten eine Auswirkung auf die Ergebnisse. Deshalb gehört ein präzises Thermometer einfach zu jeder CPE2 dazu. Mehr dazu gibt es im übernächsten Abschnitt.

## Modifikation im Herbst 2020

Im Herbst 2020 habe ich meine CPE2 ein weiteres Mal modifiziert. Die Umwälzpumpe hat sich seit 2018 bestens bewährt und auch das Thermometer ist ein Zubehör, auf welches ich nicht mehr verzichten will, was lag also näher als diese Teile in die Maschine fix zu integrieren

Ursprünglich wollte ich meine Jobo CPE2 technisch nicht verändern. Der für die Umwälzpumpe notwendige zweite Stromanschluss hat sich als umständlich erwiesen und ein neues Digitalthermometer sollte mit einer unsichtbaren Verkabelung angebaut werden. Den Heizstab wollte ich auch abschalten können, weil ich die CPE2 sehr selten auch ohne Wasser als Roller für die Entwicklungsdose verwenden will. Die Umbauten sind relativ einfach und beschränken sich auf den Anschluss der Pumpe an den vorhandenen Klemmenblock in der CPE2 und die Verkabelung des zugehörigen Schalters, sowie auf den Einbau des Schalters für den Heizstab in der Leitung vom Thermostat zur Elektrik. Platz dafür



ist an der richtigen Stelle im Gerät vorhanden. Die Schalter können optimal an der Außenseite möglichst weit weg und abgewandt vom Wasserbehälter eingebaut werden. Auf eine nähere Beschreibung der Arbeiten kann ich hier verzichten, denn die Einbauten sind für jeden der sich ein wenig auskennt kein Problem. Wenn man den Gehäusedeckel abnimmt erkennt man sofort, was zu tun ist. Zum Thema Sicherheit möchte ich anmerken, dass die von mir eingebauten Schalter nicht wasserdicht sind. Um das Gehäuse ein wenig gegen Wasserspritzer abzudichten habe ich sie mit Uhu Silikon Nr. 46735 verklebt. Für mich reicht das und wer einen höheren Schutz braucht, kann natürlich abgedichtete Schalter verbauen.

## Temperaturkontrolle



In Verbindung mit der Umwälzpumpe kann die Temperatur bei der Jobo CPE2 auf  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  konstant gehalten werden, was für eine so kleine Maschine ein echt guter Wert ist. Leider weicht die Skala am Drehregler des Thermostates bei meiner CPE2 um etwas mehr als ein Grad Celsius ab. Die sehr oft benötigten zwanzig Grad sind in Wirklichkeit knapp über einundzwanzig Grad und wenn man auf dreißig Grad einstellt wird das Wasser auf über einunddreißig Grad aufgeheizt. Ein präzises Thermometer schafft hier Abhilfe. Früher habe ich ein Flüssigkeitsthermometer verwendet und danach einige Jahre ein digitales Greisinger GTH175. An der CPE2 konnte ich es nie wirklich gut einsetzen. Mit der vorhandenen Halterung war der Messfühler schlicht und einfach inkompatibel. Deshalb wollte ich einen der Bonrollen-Wicklerkerne in die Halterung einklemmen und ihn als eine Art Sondenrohr verwenden. Zuerst habe eine Hälfte der Halterung abgebrochen und mich ziemlich darüber geärgert. Mit Pattex Stabilite habe ich dann das Röhrchen verklebt und eine wirklich stabile Halterung erreicht. Der Messfühler wird mit dieser Lösung mit ausreichendem Abstand zu den Seitenwänden in die Flüssigkeit eingetaucht, er liegt nicht direkt in der durch die Umwälzung verursachten Strömung und liefert reproduzierbare Ergebnisse. Ist die Jobo CPE2 nicht in Verwendung, konnte das Thermometer mit einem Handgriff abgenommen werden.



Der große Handgriff des GHT175 war es, der mich immer gestört hat und der mir die längste Zeit im Weg gewesen ist. Daher habe ich mich nach einer Alternative umgesehen. Das jetzt montierte Digitalthermometer stammt von TFA Dostmann (Modell 30-1009) und hat die stolze Summe von neun Euro gekostet. Dafür kann man nicht die Präzision eines Greisinger erwarten, in der Praxis funktioniert das einfache Thermometer aber recht gut, nachdem ich es in einer langwierigen Prozedur an die Messgenauigkeit des GTH175 angepasst habe. Der Abgleich des 30-1009 ist gelinde ausgedrückt ermüdend und wenn man das Kabel des externen Temperatursensors kürzt braucht man einen noch längeren Atem um die Kalibrierung auszusitzen.



Wie man am Bild links sehen kann, gelingt es (mit unendlich viel Geduld) die beiden Anzeigen auf Übereinstimmung zu trimmen und die Werte auch noch an das Greisinger GTH175 anzunähern. Weniger als  $0,3^{\circ}\text{C}$  sind da aber nicht möglich. Bei  $20,1^{\circ}\text{C}$  auf dem TFA-Thermometer zeigt das Greisinger GTH175  $20,4^{\circ}\text{C}$  bis  $20,5^{\circ}\text{C}$  an. Ehrlich gesagt lebe ich mit dieser Differenz. Sie ist viel geringer als die Abweichungen, die man mit den Quecksilberthermometern früherer Jahre gar nicht erst gesehen hat. Ich halte mich jetzt an die alte Weisheit immer ein und dasselbe Thermometer zu verwenden und dieses als meine Referenz zu betrachten.

Bei einer Maschine wie der Jobo CPE2 kann man die Toleranzen minimieren aber nicht ganz ausschalten. Ich denke, dass ich da mit meinen Adaptionen auf einem guten Weg bin. Die Ergebnisse geben mir recht und ich bin mit meinen Schwarzweiß-Filmentwicklungen uneingeschränkt zufrieden.

## Ersatzrollen für Entwicklungsdosen der Serie 1500

---

Die Jobo CPA/CPE/PPP-Geräte sind ideale Helfer bei der Filmentwicklung. Die clevere Konstruktion lässt sich der Hersteller üppig honorieren und auch die Verkäufer von gebrauchten Maschinen wollen dafür einen dicken Picken Scheine. Gleiches gilt auch für Ersatzteile, welche echt viel Geld kosten. Was tun also, wenn man so wie ich die Rollen für die 1500er-Dosen nicht mehr findet? Entweder man gibt fünfzig Euro dafür aus, oder man gräbt im alten Lego-Sammelsurium aus Kindertagen und findet dort die passenden Elemente um den Rollenbock in der Jobo wieder für die Dosen der 1500er-Serie kompatibel zu machen. Die Problemlösung funktioniert ausgezeichnet und die Entwicklungsdose dreht natürlich in der Waage, vorausgesetzt die CPE2 ist waagrecht aufgestellt.



Wer die Konstruktion nachmachen muss findet hier die Teileliste:

- 2 Stück Lego Classic Stein 2x4 schwarz
- 2 Stück Lego Classic Stein 1x2 schwarz
- 2 Stück Lego Classic Stein 2x2 flach schwarz
- 2 Stück Lego Classic Achsstein 2x2 mit Doppelrädern
- 2 Stück Zylinderkopfschrauben 3x10
- 2 Stück Muttern M3
- 4 Stück Scheiben M3

Wie man die Lego-Steine zusammensteckt und auf dem Rollenbock montiert, kann man dem Bild oben entnehmen.