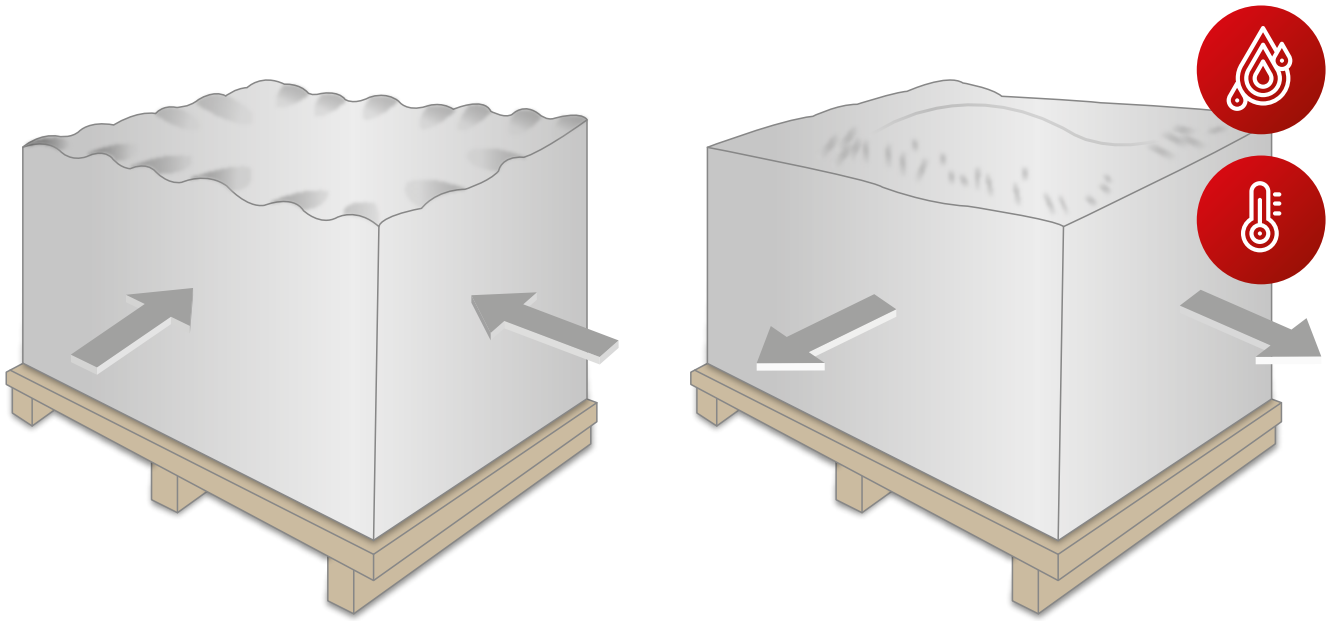
White paper

rotronic
MEASUREMENT SOLUTIONS

KLIMA UND PAPIER

Die Wechselwirkungen zwischen Klima und drucktechnischer Verarbeitung von gestrichenen Papieren.



Klimaanwendungen haben einen grossen Einfluss auf die Papier- und letztlich auf die Druckqualität.

Inhalt

Einleitung
- Die Situation in der Papier- und Druckindustrie 2
- Der Zustand bei Druckern und Weiterverarbeitern 2

Definition der Begriffe
- Wetter, Witterung und Klima, Raumklima und Umgebungsklima 2 - 3
- Lufttemperatur und Luftfeuchte, absolute und relative Feuchte der Luft 3
- Feuchtegehalt von Materialien, absoluter Feuchtegehalt, Taupunkttemperatur, Gleichgewichtsfeuchte 4

Einfluss des Raumklimas auf die Planlage des Papiers
- Einfluss der Luftfeuchte, Randwelligkeit & Tellern 5
- Einfluss der Raumtemperatur 6
- Einfluss der Feuchtigkeit auf die Rollneigung des Papiers 6
- Einfluss von Stapelfeuchte und Temperatur auf die Trocknung der Druckfarbe 6

Zusammenhang zw. Klima & Druckschwierigkeiten
- Dimensionsveränderungen des Papiers 7
- Statische Aufladungen des Papiers 7

Was kann die Druckerei beinflussen?
- Klima im Druckraum 8
- Handling des Papiers 8

Besonderheiten im Rollenoffsetdruck (HSWO) 9

Probleme im Rollenoffsetdruck
- Blasenbildung 10
- Brechen im Falz 10 - 11
- Wellenbildung 12
- Auswachsen 12

Messung von Temperatur und Feuchte
- Messung der Raumtemperatur & Raumfeuchte 13
- Bestimmung des Feuchtegehalts von Papier 13
- Messung der Gleichgewichtsfeuchte von Papier 13
- Elektronische Messgeräte 14

Produkte 15

Einleitung

Die Situation in der Papier- und Druckindustrie

Seit der industriellen Fertigung von Papier gibt es Diskussionen über die Auswirkungen des Klimas während der Lagerung, des Transportes, des Druckprozesses und der Weiterverarbeitung. Generationen haben sich mit den meist ungewollten Wechselwirkungen beschäftigen müssen und viele Veröffentlichungen über die Messungen von Feuchte und Temperatur gibt es in der Fachliteratur. Trotz der langen Erfahrung mit diesem Thema blieben bisher manche Zusammenhänge unzureichend bzw. nicht geklärt. Vor allem über die Wechselwirkung Klima, Papier und Druck findet man in der Praxis noch vielfach falsche Vorstellungen. An den modernen Produktionsanlagen der Papierindustrie wird das Papier überwiegend mit einer rel. Feuchte von 50% ± 5% für den Bogenoffsetdruck und 40% ± 5% für den Rollenoffsetdruck ausgerüstet. Diese Feuchtevorgaben werden nach allen Prozessschritten ständig kontrolliert.

Um das optimale Klima für den Druckprozess im Papier zu erhalten, wird nach der Ausrüstung eine Verpackung gewählt, die das Papier vor Klimaschwankungen der Umgebung schützt. Die Papierindustrie hat keinen oder einen nur sehr geringen Einfluss auf die Reaktion des Papiers, d. h. der Zellstofffasern, auf Klimaeinwirkungen in der Druckerei oder Buchbinderei sowie beim Verbraucher.

Beschreibung der Situation bei Druckern und Weiterverarbeitern

Unter normalen Umständen gibt es für die Drucker und Weiterverarbeiter wenig klimabedingte Problemfälle. Erst wenn sich drucktechnische Probleme wie Doublieren, Passerdifferenzen, Faltenbildung oder Rollneigung zeigen, werden die klimatisch bedingten Einflussgrössen geprüft. Verständlicherweise sind in den Jahreszeiten mit extremen Klimabedingungen (heisse Sommer oder kalte Winter) die Probleme häufiger. In diesen Perioden hat falsch behandeltes Papier, besonders das zu früh ausgepackte und unterkühlte Papier, sowie falsche klimatische Bedingungen im Drucksaal oder der Buchbinderei, fatale Folgen auf die Planlage und Runability.

Dieses White Paper soll helfen, die meist ungewollten Wechselwirkungen klarer zu machen und dem Praktiker Anregungen und Hinweise für die sachgemässe Behandlung von gestrichenen Papieren und für die optimale Beherrschung des Druckprozesses zu geben.

Definition der Begriffe

Wetter, Witterung und Klima

Man spricht vom Wetter und meint damit den Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das Wetter über einen bestimmten Zeitraum von Tagen und von Wochen bezeichnet man als Witterung. Der komplexe Begriff Klima ist dagegen der langfristige Zustand des Wetters bzw. der Witterung in einer bestimmten Region. In etwa erfasst und beschrieben wird das Klima anhand einzelner Klimaelemente: Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Niederschläge, Windrichtung und Windstärke, Bewölkung und Sonnenscheindauer.

Raumklima

Mit Raumklima bezeichnet man den Luftzustand in Räumen, in denen Personen und Materialien ganz oder teilweise von der Einwirkung des Freiluftklimas geschützt sind. Das Raumklima, also das Klima der unmittelbar umgebenden Luft, ist für das menschliche Wohlbefinden, für den Ablauf von Produktionsvorgängen sowie für die Lagerung von temperatur- und feuchtigkeitsempfindlichen Materialien von ausschlaggebender Bedeutung.

Bei der Betrachtung des Raumklimas unterscheidet man zwischen einem nicht konditionierten und einem konditionierten Raum. Unter ersterem versteht man einen Raum, dessen Klima nicht durch künstliche Mittel beeinflusst ist. In einem konditioniertem Raum wird das Klima durch Heizung, Be- und Entfeuchtung beeinflusst.

Abb. 1: Datenlogger HL-1D

Das Klima in einem nicht vollklimatisierten Raum wird im starken Masse vom Freiluftklima beeinflusst. In einem konditionierten Raum, der in der kalten Jahreszeit beheizt, aber nicht klimatisiert wird, verhält sich die relative Luftfeuchtigkeit entgegengesetzt zu der Aussenluft. Sehr niedrige Feuchtigkeitswerte werden in der kalten Jahreszeit gemessen, also während der Heizperiode, die höchsten Feuchtigkeitswerte im warmen Sommerhalbjahr.

Umgebungsklima

Als Umgebungsklima bezeichnet man die Luftverhältnisse in der unmittelbaren Umgebung eines Objektes, z. B. eines Papierstapels oder einer Papierrolle. Abb. 1 zeigt einen Datenlogger der Serie HygroLog, die in einem Speicherintervall von 15 s bis 120 min frei programmierbar sind und über einen max . Zeitraum von bis ca. 1 Jahr die Temperatur und die Luftfeuchte aufzeichnen können.

Lufttemperatur

Lufttemperatur ist ein Mass für den Wärmezustand der Luft bzw. ein Mass für den Energiezustand der Gasmoleküle, vornehmlich Stickstoff und Sauerstoff. Bei Aufnahme von Wärmeenergie steigt die Lufttemperatur, die Moleküle bewegen sich schneller, das Luftvolumen vergrössert sich. Bei der Temperaturanzeige sind zwei Fixpunkte festgelegt: 0 °C = Temperatur des schmelzenden Eises und 100 °C = Temperatur von siedendem Wasser auf Meereshöhe.

Luftfeuchte

In der Luft ist stets Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf vorhanden. Die Luftfeuchte wird entweder als absolute Feuchte bzw. absoluter Wassergehalt oder als relative Feuchte angegeben. Diese beiden Begriffe sind wie folgt definiert:

Absolute Feuchte der Luft

Die absolute Feuchte der Luft ist das Verhältnis der Masse des Wasserdampfes zum Volumen der Luft, d. h., diejenige Wassermenge in Gramm, welche in einem m³ Luft enthalten ist. Die absolute Feuchte der Luft hat für die Praxis keine grosse Bedeutung, da eine wesentliche klimatische Einflussgrösse – die Temperatur – nicht berücksichtigt wird.

Digitalfühler für Datenlogger Serie HygroLog

Taupunkttemperatur

Wird feuchte Luft abgekühlt, so treten bei einer bestimmten Temperatur (Taupunkttemperatur) Kondensationserscheinungen des in der Luft vorhandenen Wassers auf. Diese Kondensation von Wasserdampf durch Abkühlung auf die Taupunkttemperatur ist Grundlage zur Messung der relativen Luftfeuchte.

Relative Feuchte der Luft

Die Luft kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine ganz bestimmte Wassermenge in Form von Wasserdampf aufnehmen und zwar um so mehr, je höher die Temperatur der Luft ist. Hat die Luft die der jeweiligen Temperatur entsprechende, höchstmögliche Wassermenge aufgenommen, bezeichnet man sie als gesättigt. Setzt man die absolute Feuchte zu der – bei der jeweiligen Temperatur – höchstmöglichen Feuchte ins Verhältnis, so erhält man die relative Feuchte:

$$\text{r.F.} = \frac{\text{Absolute Feuchte der Luft}}{\text{max. mögl. absolute Feuchte der Luft}} \times 100\ (\%)$$

Da die höchstmögliche Feuchte der Luft sehr stark von der Temperatur abhängt, ist auch die relative Feuchte – im Gegensatz zur absoluten Feuchte – temperaturabhängig.

Die Zusammenhänge werden aus Abb. 2 ersichtlich, in der die Höhe der relativen Luftfeuchte bei gegebener Raumtemperatur und gegebenem absoluten Feuchtigkeitsgehalt oder umgekehrt die absolute Feuchte bei gegebener relativer Luftfeuchte entnommen werden kann.

Feuchtegehalt von Materialien

Ein poröser Körper wie Papier enthält Wasser in Form von Dampf in den grösseren Poren und in Form von Flüssigkeit in den engen Kapillaren des Gefüges. Ähnlich wie bei der Luft ist es auch bei festen Körpern möglich, den Feuchtigkeitsgehalt auf zwei verschiedene Arten zu definieren:

«Absoluter Feuchtegehalt»

Unter Feuchtegehalt in Prozent versteht man den Masseanteil Wasser im Papier, bezogen auf die Masse des Materials. Der absolute Feuchtegehalt dient vornehmlich als Mess und Regelgrösse bei der Papierherstellung, hat aber beim Druck und der Weiterverarbeitung nur eine untergeordnete Bedeutung.

Gleichgewichtsfeuchte

Ein poröser Stoff wie Papier ist bestrebt, bezüglich seines Feuchtigkeitsgehaltes mit der umgebenen Luft einen Gleichgewichtszustand herzustellen. Daher wird die Luft, die sich in einem Papierstapel zwischen den einzelnen Bogen befindet, stets mit den Feuchtigkeitsgehalt des Papiers im Gleichgewicht stehen. Die Gleichgewichtsfeuchte gibt also die Beziehung zwischen der Feuchtigkeit im Material und jener Umgebungsluft wieder. Sind beide Feuchtegehalte in etwa gleich, so wird weder eine Feuchtigkeitsaufnahme noch eine -abgabe des Papiers an die Umgebungsluft auftreten. Sind die Differenzen zwischen Feuchtegehalt des Papiers und der Umgebungsluft gross, so wird sich das Papier durch Feuchtigkeitsaufnahme oder -abgabe an die Luft verändern.

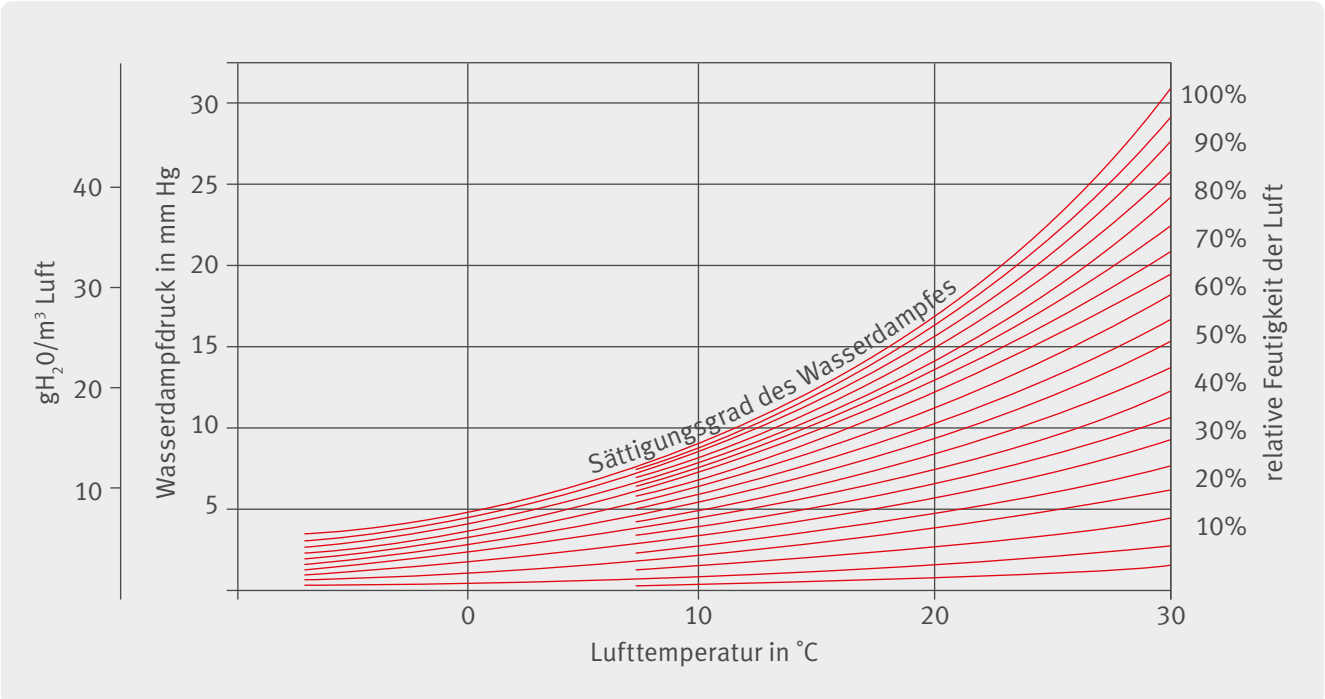


Abb. 2: Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte von der Temperatur

Einfluss des Raumklimas auf die Planlage des Papiers

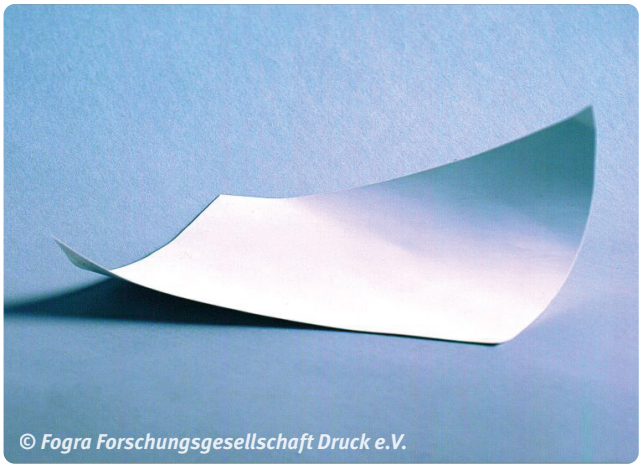
Einfluss der Luftfeuchte

Papier mit welligen Bogenkanten oder sogenanntem Tellern bereitet besonders im Offsetdruck Schwierigkeiten, da bei dem vollen Kontakt zwischen Drucktuchzylinder und Gegendruckzylinder in der Druckzone eine Verformung der Bogen auftritt, was zu Doublieren, Passerdifferenzen und zur Faltenbildung führen kann.

Eine Randwelligkeit des Papiers wird hervorgerufen, wenn die Stapelfeuchte unter der Luftfeuchte der Umgebungsluft liegt, wenn also entweder zu trockenes Papier einer höheren Luftfeuchte oder Papier mit einer normalen Gleichgewichtsfeuchte einer übermässig feuchten Umgebungsluft ausgesetzt wird. Dies kann vor allem in den warmen und feuchten Sommermonaten in unklimatisierten Lager- und Druckräumen bzw. bei nicht wasserdampfdicht verpacktem Papier auf dem Transport und bei der Lagerung in feuchter Umgebungsluft auftreten. Werden in der kalten Jahreszeit unterkühlte und schon ausgepackte Papierstapel in die warme Umgebungsluft des Druckraumes gebracht, so wird die umgebene Luft abgekühlt und die relative Luftfeuchte stark erhöht. In jedem Fall wird von den Bogenrändern Feuchtigkeit aufgenommen, das Papier wird randwellig durch eine entsprechende Dehnung der Bogenkanten gegenüber der Bogenmitte.

Ein Tellern des Papiers tritt ein, wenn Papierstapel mit normalem Feuchtegehalt einer trockenen Umgebungsluft ausgesetzt werden. Den Bogenkanten wird Wasser entzogen und sie schrumpfen gegenüber der Bogenmitte. Ein Tellern tritt vor allem in der kalten Jahreszeit auf, wobei in geheizten, nicht klimatisierten bzw. nicht befeuchteten Arbeitsräumen die relative Luftfeuchte bis auf Werte unter 20 % absinken kann.

Eine Verpackung mit wasserdampfdichtem Material bietet einen guten Schutz gegen Feuchteeinflüsse. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Verpackung unbeschädigt bleibt.



Bei Abweichung der Gleichgewichtsfeuchte innerhalb von 5 % relativer Feuchte ist keine Randwelligkeit bzw. Tellern zu befürchten. Als kritischer Grenzwert kann eine Differenz von 8 bis 10 % relative Feuchte angesehen werden.

Abb. 3 zeigt die gegenseitige Beeinflussung von relativer Raumfeuchte und Stapelfeuchte. Die Pfeile zeigen die Feuchtigkeitsaufnahme bzw. -abgabe des Papierstapels an.

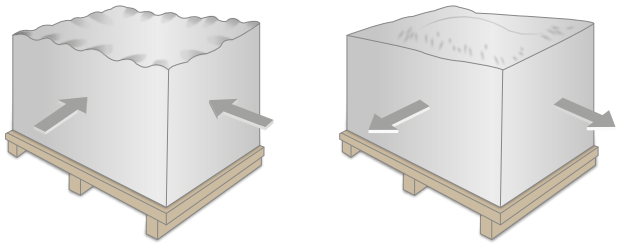


Abb. 3

Einfluss der Raumtemperatur

Die Temperatur hat nur geringen Einfluss auf die Stapelfeuchte. Sie muss aber beachtet werden vor dem Hintergrund der temperaturabhängigen relativen Feuchte, d. h., dass bei einer festgestellten Differenz zwischen Stapel und Raumtemperatur das Papier so lange wasserdampfdicht verpackt bleiben muss, bis eine Temperaturangleichung stattgefunden hat.

Wie lange die Papierstapel im Einzelfall gelagert werden müssen, ist abhängig von der Temperaturdifferenz und der Grösse der Stapel. Aus Abb. 5 können die erforderlichen Angleichzeiten entnommen werden. Allerdings ist zu beachten, dass wegen differierender Wärmeleitfähigkeit der Temperaturangleich je nach Papiersorte unterschiedlich sein kann.

Einfluss der Feuchtigkeit auf Rollneigung des Papiers

Die Rollneigung des Papiers ist weitgehend von Feuchtigkeitsschwankungen abhängig. Sie wird ebenfalls durch Quellung oder durch Schrumpfung der Papierfasern in Querrichtung (Abb. 4) hervorgerufen. Wird ein Papier einseitig befeuchtet, so bewirkt die Quellung der Fasern eine einseitige Dehnung und damit eine Einrollung nach der trockenen Seite. Nach einem Feuchtigkeitsaustausch innerhalb des Papiergefüges stellt sich die ursprüngliche Planlage wieder ein, es sei denn, dass eine ungleichmässige Faserverteilung dieses verhindert.

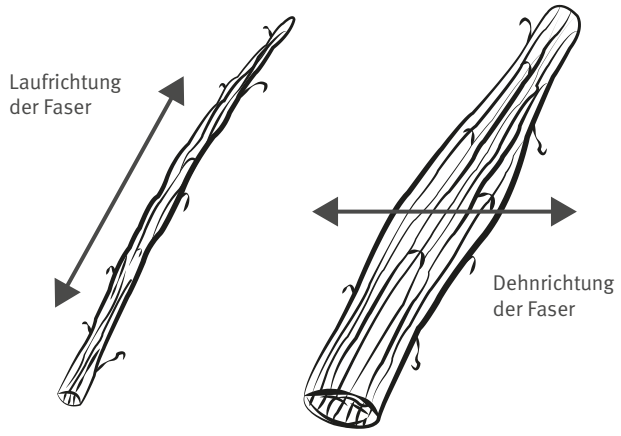


Abb. 4

Einfluss der Stapelfeuchte und der Temperatur auf die Trocknung der Druckfarbe

Eine zu hohe Gleichgewichtsfeuchte im Papierstapel kann die Trocknung der Druckfarbe beträchtlich verzögern. Bei Stapelfeuchten bis zu 60 % ergeben sich erfahrungsgemäss keine signifikanten Verzögerungen in der Trocknung der Druckfarbe. Mit zunehmenden Stapelfeuchten über 60 % stellen sich eklatante Verzögerungen ein, die die Trockenzeiten bis um das dreifache länger machen können.

Bei Unterkühlung von bedruckten Stapeln ist ebenfalls eine starke Beeinträchtigung der Druckfarbentrocknung zu erwarten. Beispielsweise kann eine Zwischenlagerung in einem kalten Raum (Temperaturgefälle von 25 °C auf 5 °C) die Trocknung der Druckfarbe von 10 auf 50 Stunden verzögern.

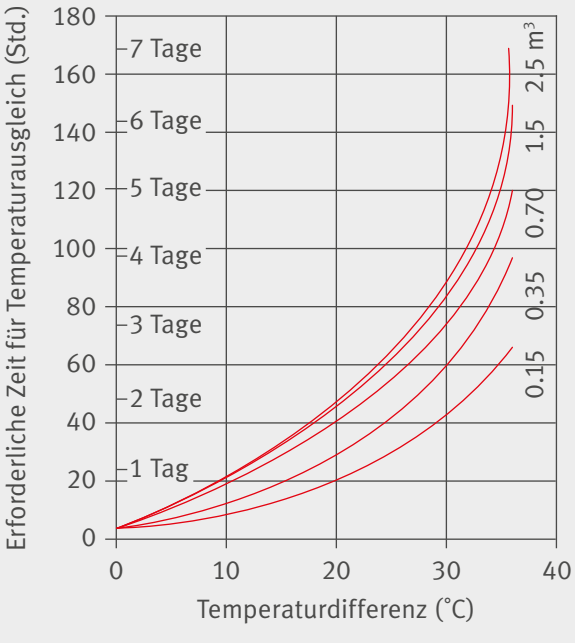


Abb. 5

Zusammenhang zwischen Klima und drucktechnischen Schwierigkeiten

Die pflanzlichen Fasern, die den Hauptrohstoff des Papiers darstellen, sind wasseranziehend, d. h. sie nehmen in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt der umgebenen Luft Wasser auf oder geben Wasser ab.

Der Feuchtegehalt eines Papieres wird massgeblich von der Art der verwendeten Rohstoffe beeinflusst, aber auch von der Art der Rohstoffaufbereitung. Eine stärkere Mahlung der Papierfasern bewirkt – hauptsächlich infolge der Oberflächenvergrösserung der Fasern – eine stärkere Wasseraufnahme.

Mineralische Füllstoffe – wie beispielsweise Calciumcarbonat und Kaolin – beteiligen sich nicht am Feuchteaustausch. Stark füllstoffhaltige Papiere enthalten also weniger Feuchte als Papiere ohne bzw. mit geringem Füllstoffgehalt. Die Leimung des Papiers beeinflusst den Feuchtegehalt nur in geringem Masse.

Der Feuchtegehalt kann je nach Beschaffenheit des Papiers Einfluss haben auf dessen Eigenschaften. So bestehen Zusammenhänge zur Reisslänge, Falzfestigkeit und Oberflächenglätte. Während die bisher genannten Faktoren nur unter sehr ungünstigen Klimaverhältnissen zu Arbeitsstörungen Anlass geben, treten in der Praxis oft Schwierigkeiten auf infolge statischer Aufladungen und Dimensionsveränderungen.

Auch Passerdifferenzen lassen sich auf einen schlechten Lauf des Papiers durch die Druckmaschine zurückführen.

Dimensionsveränderung des Papiers

In Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte können die Pflanzenfasern Feuchtigkeit aufnehmen oder abgeben. Dies bedeutet ein Quellen oder Schrumpfen der Fasern. Solche Formveränderungen treten wesentlich stärker im Durchmesser der Fasern auf als in der Länge. Bei der Papierherstellung orientieren sich die Fasern hauptsächlich parallel zur Sieb-Laufrichtung. Dementsprechend sind die Dimensionsänderungen in Querrichtung wesentlich grösser als in Laufrichtung des Papiers. Bei verschiedenen Papieren können sich Feuchtdehnungswerte von 0,1 % bis 0,3 % in der Laufrichtung und 0,3 % bis 0,7 % in der Querrichtung ergeben. Bei einer Feuchtigkeitsveränderung von 10 % relative Luftfeuchte ergeben sich dementsprechend Längenänderungen von 0,1 % bis 0,2 % in Querrichtung, was bei einer Formatbreite von 100 cm eine Dimensionsveränderung von 1 mm bis 2 mm bedeuten würde. Das sind Werte, die sich unangenehm als Passerdifferenzen bemerkbar machen können.

Glücklicherweise kennen die meisten Drucker diese Problematik und können sich im Pre-Press-Bereich und im Druckprozess darauf einstellen. Darüber hinaus sind mit den modernen Feuchtwerken, den «wasserarmen» Offsetplatten, dem Zusatz von Alkohol zum Feuchtmittel und nicht zuletzt durch die heute üblichen höheren Druckgeschwindigkeiten (kurze Verweilzeit in der Druckmaschine) Passerdifferenzen, bedingt durch Feuchteaufnahme, weitgehend unbekannt geworden.

Statische Aufladungen des Papiers

Das beim Druckprozess ab und zu auftretende Aneinanderhaften der Bogen ist häufig auf die statische Aufladung des Papiers zurückzuführen. Statische Elektrizität wird in erster Linie durch Reibung und durch engen Kontakt mit anderen Materialien und durch plötzliche Trennung hervorgerufen. Diese statischen Aufladungen treten vornehmlich dann auf, wenn zu trockene Papiere bei niedriger Luftfeuchte verarbeitet werden.

Als kritische untere Grenze sowohl für die Papierfeuchte als auch für die relative Luftfeuchte des Verarbeitungsraumes haben sich 40 % bis 45 % herausgestellt.

Die entstehende Aufladung bzw. die dadurch entstehenden Anziehungskräfte können bewirken, dass vom Anlagestapel der Druckmaschine mehrere Bogen gleichzeitig angesaugt werden oder dass das trennende Luftpolster zwischen den bedruckten Bogen im Auslagestapel zu schnell verschwindet und ein Ablegen der frischen Druckfarbe auf den Bogenrückseiten hervorgerufen wird.

Was kann der Drucker beeinflussen?

Klima im Druckraum

Luftbefeuchtungsanlagen sind heute in fast allen Räumen installiert, in denen Papier verarbeitet wird. Diese Anlagen der neuen Generation arbeiten zum Teil voll automatisch und fast wartungsfrei (Abb. 6). Besonders in den kalten Wintermonaten, in denen die relative Luftfeuchtigkeit sehr gering ist, sorgen die Luftbefeuchtungsanlagen in den Lagerund Verarbeitungsräumen der Druckereien für eine Optimierung des Klimas. Durch Düsen wird mittels Druckluft fein zerstäubtes Wasser versprüht. Der Feuchtigkeitsbereich wird eingestellt und die Anlage regelt automatisch den entsprechenden Luftfeuchtigkeitsbereich.

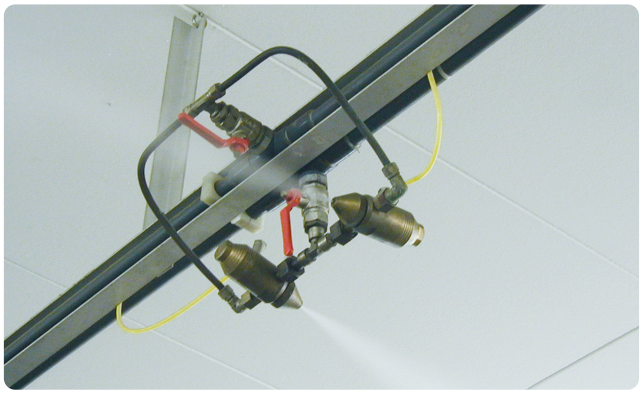


Abb. 6

Handling des Papiers

Die Druckerei sollte besonders in den kritischen Jahreszeiten folgende Punkte bei dem Handling vom Papier beachten:

- Da das Papier ein schlechter Wärmeleiter ist, sollte man ausreichend Zeit zur Temperaturangleichung geben.
- Die Verpackung der Paletten erst direkt vor dem Druck öffnen, da die Verpackung das Papier vor Klimaschwankungen schützt.
- Die IR-Trocknung möglichst schonend einsetzten, um eine Reduzierung der relativen Feuchtigkeit vom Papier zu vermeiden.
- Das Papier während der Trockenzeit nicht extrem kalten Temperaturen aussetzten, da sich die Trockenzeiten erheblich verlängern.
- Beschädigungen der Palettenverpackung vermeiden und Restpaletten wieder sorgfältig einpacken.

Besonderheiten im Rollenoffsetdruck

Die Papierfeuchte im Heatset-Rollenoffsetdruck muss der Drucktechnologie mit dem besonderen Trocknungsmechanismus angepasst sein (Abb. 7).

Beim Mehrfarben-Rollenoffsetdruck aufgestrichenen Papieren wird die beidseitig bedruckte Papierbahn (Abb. 8) nach dem letzten Druckwerk thermisch getrocknet. Ein nicht verfestigter Druckfarbenfilm würde auf den Wendestangen, den Leitwalzen und dem Falztrichter aufbauen, die Drucke verschmieren und ein problemloses Falzen der Papierbahn im Falzapparat nicht zulassen.

Heat-Set-Druckfarben verfestigen durch Verdunsten von dünnflüssigen Bindemitteln. Dieses wird erreicht durch das Aufheizen der bedruckten Papierbahn in einem Trockenofen, der aus verschiedenen Sektionen mit unterschiedlichen Temperaturen besteht. Der ersten Sektion mit der normalerweise höchsten Temperatur folgen weitere mit graduell abfallenden Temperaturen.

Die Trocknung der Druckfarbe erfolgt – wegen der hohen Druckgeschwindigkeiten und den damit verbundenen kurzen Verweilzeiten der Papierbahn in der Trockenstrecke – mit hohen Lufttemperaturen. Wenn die Bahn den Ofen verlässt, hat sie meist Temperaturen zwischen 100 °C und 130 °C, je nach Papierqualität, Flächenmasse und Farbdeckung.

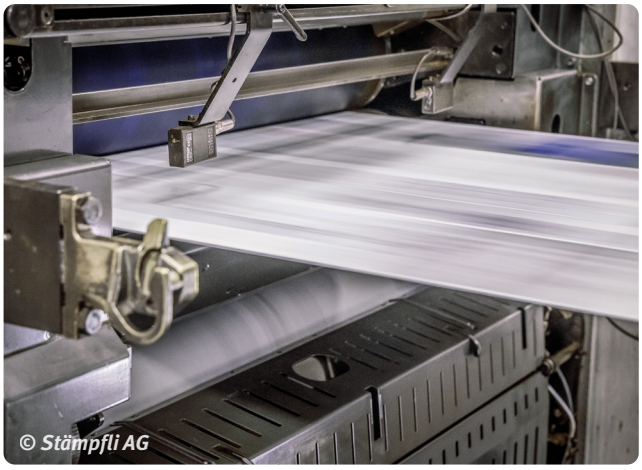


Abb. 8: Beidseitiger Druck in einem Druckwerk

Abb. 7: Bild einer Rollenoffsetdruckmaschine mit Trockenofen

Probleme im Rollenoffsetdruck

Blasenbildung

Wenn die Druckfarbe trocknet, trocknet auch das Papier. Ist dann das Papier empfindlich bezüglich Blistering oder die Trocknungstemperatur zu hoch, kann eine Blasenbildung in farbintensiven Bereichen entstehen. Die schockartige Erhitzung der Papierbahn führt zu einer Wasserdampfbildung im Papiergefüge. Durch die beidseitige Abdeckung mit dem Papierstrich und bei beidseitigem Bedrucken mit hohen Farbschichtdicken kann der Wasserdampf nicht entweichen.

Es tritt eine Spaltung im Papiergefüge und damit eine Blasenbildung in den bedruckten Flächen auf (Abb. 9). Von der drucktechnischen Seite wird eine Blasenbildung wesentlich durch die Farbschichtdicke und die Heissluftemperatur in der Trockenstrecke beeinflusst. Mit steigender Farbschicht sinkt die Luft bzw. die Dampfdurchlässigkeit der Papieroberfläche. Mit steigender Heisslufttemperatur steigt die Menge und der Druck des im Papiergefüge gebildeten Wasserdampfes.

Eine Verminderung der Heisslufttemperatur ist sicherlich die beste und einfachste Möglichkeit, die Blasenbildung zu vermeiden. Um eine ausreichende Verfestigung des Druckfarbenfilmes zu erreichen, muss zwangsläufig die Druckgeschwindigkeit reduziert werden. Da eine Blasenbildung ausschliesslich in beidseitig intensiv bedruckten Flächen auftritt, (Abb. 10) kann sich eine Reduzierung der Druckfarbenschichtdicke – z. B. durch Unterfarbenverminderung (UCR) bzw. durch Unbuntaufbau – positiv auswirken.

Abb. 9: Spaltung im Papiergefüge

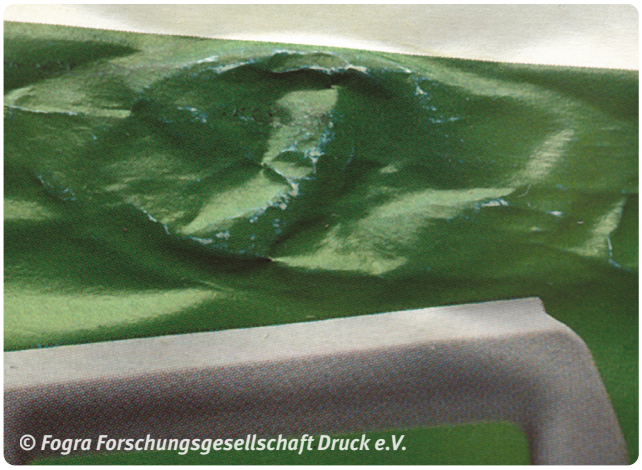


Abb. 10: Blasenbildung

Papierbedingte Einflussfaktoren sind die Art des Bindemittels, der Bindemittelanteil im Strich und die Art des Strichpigmentes sowie die Oberflächenverdichtung durch Satinage.

Von sehr starkem Einfluss ist, wie zu erwarten, der Feuchtigkeitsgehalt des Papiers, der bei gestrichenen Rollenoffsetpapieren unter 40 % Gleichgewichtsfeuchte liegen sollte.

Brechen im Falz

Das Brechen im Falz ist eine häufige Fehlererscheinung im Rollenoffsetdruckverfahren, insbesonders bei leichtgewichtigen Papieren (Abb. 11). Gebrochene bzw. stark geschwächte Falze können zu Maschinenstoppern führen und machen das Produkt unbrauchbar (Abb. 12). Hauptursache für das Brechen im Falz ist die starke Hitzebeanspruchung des Papiers in der Trockenstrecke und/oder eine übermässig starke Druckbelastung im Falzapparat der Rollenoffsetmaschine.

Die Heisslufttemperatur soll so eingestellt werden, dass einerseits eine ausreichende Trocknung der Druckfarbe gewährleistet ist und andererseits eine übermässige Austrocknung des Papiers vermieden wird.

Der Anpressdruck der Falzwalzen muss sorgfältig kontrolliert und auf die Dicke des Papiers eingestellt werden. Das Papier sollte bestimmte Restfestigkeiten haben, die nach der FOGRA-Methode wie folgt vorgeschlagen werden:

Papiere mit flächenbezogenen Massen › 72 g/m²
kritischer Bereich
‹ 10 N/15 mm
(Falzbrechen ist papierbedingt)

mittlerer Bereich
10 N/15 mm bis 15 N/15 mm
(in diesem Bereich können sowohl papierbedingte als auch prozessbedingte Faktoren das Falzbrechen hervorrufen)

unkritischer Bereich
› 15 N/15 mm
(Falzbrechen ist nicht papierbedingt)

Papiere mit flächenbezogenen Massen ‹ 72 g/m²
kritischer Bereich
‹ 10 N/15 mm
(Falzbrechen ist papierbedingt)

mittlerer Bereich
10 N/15 mm bis 12,5 N/15 mm
(in diesem Bereich können sowohl papierbedingte als auch prozessbedingte Faktoren das Falzbrechen hervorrufen)

unkritischer Bereich
› 12,5 N/15 mm
(Falzbrechen ist nicht papierbedingt)

Diese Restfestigkeitswerte gelten sowohl für die Längs- als auch für die Querrichtung des Papiers.

Abb. 11: Brechen im Falz bei leichtgewichtigen Papieren

Abb. 12: Gebrochene Falze können zu Maschinenstoppern führen

Wellenbildung

Das charakteristische Merkmal von Rollenoffsetprodukten auf gestrichenen Papieren ist auch noch heute die mehr oder weniger stark ausgeprägte Wellenbildung. Sie ist ausgerichtet parallel zur Druckrichtung und damit auch zur Laufrichtung des Papiers. Der papierbedingte Einfluss auf die Stärke der Wellenbildung ist vor allem in der Biegesteifigkeit in Querrichtung zu suchen. Papiere mit niedriger Flächenmasse und einer ausgeprägten Faserorientierung in Längsrichtung sind besonders betroffen.

Bei diesen Papieren entsteht die Wellenbildung bereits vor dem Einzugswerk der Rollenoffsetmaschine in Form von Zugwellen, die durch die Druckfarbenschicht und durch die anschliessende Heisslufttrocknung fixiert werden.

Die Stärke der Wellenbildung lässt sich durch eine Reduzierung der Bahnspannung allenfalls etwas vermindern, nicht aber beseitigen (Abb. 13). Feuchtigkeitsmessungen an bedruckten Falzbogenstapeln zeigen, dass durch die Heisslufttrocknung dem Papier das im Gefüge enthaltene Wasser fast restlos entzogen wird. In der Regel findet man Werte unter 10 % Gleichgewichtsfeuchte.

Abb. 13: Wellenbildung

Auswachsen

Auch das Problem des «Auswachsens» von Druckprodukten mit einer Kombination aus Inhaltsprodukten vom Rollenoffsetdruck und dem Umschlag aus dem Bogenoffsetdruck entsteht durch das starke austrocknen der Papiere nach der Heisslufttrocknung. Der extreme Feuchtigkeitsverlust führt zwangsläufig zu einer Schrumpfung des Papieres Wenn das Papier z.B. nach dem Heften und Beschneiden sich mehr und mehr der Umgebungsfeuchtigkeit anpasst und wieder Feuchtigkeit aufnimmt, beginnt es wieder zu wachsen. Wenn dann die Inhaltsseiten eines Druckproduktes über die Umschlagseiten hervorstehen spricht man vom «Auswachsen».

Die beste Möglichkeit, eine Wellenbildung bzw. ein Auswachsen zu vermindern und die Planlage von Rollenoffsetprodukten zu verbessern, ist durch eine optimale Rückbefeuchtung (Abb. 14) gegeben, die auch an vorhandenen Rollenoffsetmaschinen nachgerüstet werden können. Mit diesen Anlagen wird beabsichtigt, die gesamte Papierbahn nach der Trockenstrecke zu befeuchten und damit ein gleichmässiges Anheben der Papierfeuchte zu erreichen.

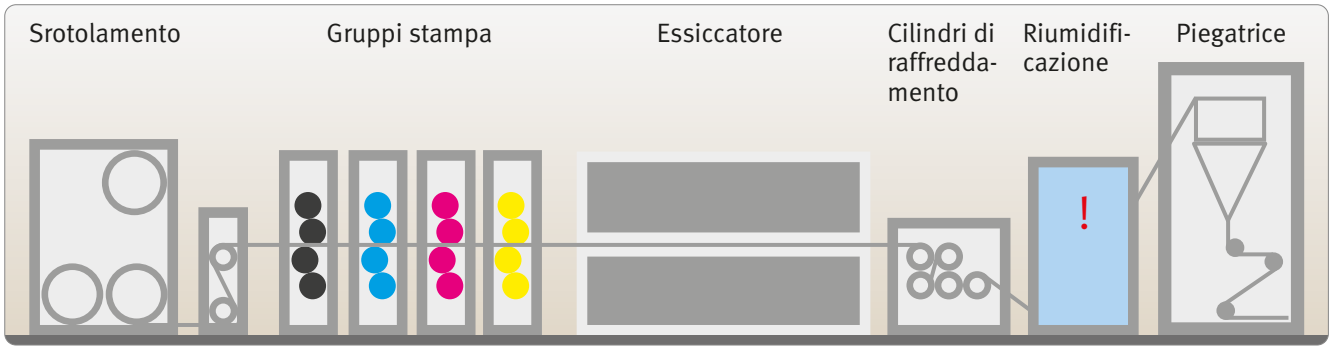


Abb. 14: Rückbefeuchtung

Messung von Temperatur und Feuchte

Messung der Raumtemperatur und -feuchte

Die Sicherheit der aus dem Diagramm in Abb. 2 abgelesenen Werte, z. B. der relativen Luftfeuchte bei Veränderung der Temperatur, hängen von der Genauigkeit der Messungen ab. Aus den Kurven ist zu ersehen, dass besonders die Bestimmung der Temperatur sehr genau erfolgen muss. Es sollen Thermometer verwendet werden, die die Ablesung eines halben Grades und die Schätzung von Zehntelgraden erlauben.

Während eine exakte Temperaturmessung einfach und ohne grossen Aufwand durchgeführt werden kann, ist eine zuverlässige Bestimmung der absoluten Feuchte der Luft bzw. der relativen Luftfeuchte schwieriger.

Die experimentellen Schwierigkeiten aller Feuchtigkeitsmessungen ergeben sich dadurch, dass verhältnismässig kleine Wassermengen genau erfasst werden müssen.

Aus Abb. 2 ist zu entnehmen, dass im Temperaturbereich von ca. 20° C bei einer Steigerung des Wassergehaltes um 2 g/m³ die relative Luftfeuchte bereits um 10 % ansteigt.

Bestimmung des Feuchtegehalts von Papier

Die Bestimmung des Feuchtegehalts von Papier wird bei Druckereien und Verarbeitern nur in wenigen Ausnahmefällen praktiziert. Die Methoden sind im Praxis Report 50 der FOGRA eingehend beschrieben worden und werden in dieser Broschüre nur aufgelistet:

- Wärmeschrankverfahren
- Infrarot-Trocknungswaagen
- Wassergehaltsbestimmung mit
- Mikrowellentrocknung
- Wassergehaltsbestimmung durch
- Mikrowellenabsorption
- Wassergehaltsbestimmung nach Karl-Fischer
- Sonstige Verfahren

Messung der Gleichgewichtsfeuchte von Papier

Im Gegensatz zur Bestimmung des «absoluten» Feuchtegehalts von Druckpapieren ist die Bestimmung der Gleichgewichtsfeuchte gängige Praxis bei Druckereien und Verarbeitern.

Dieser Wert zeigt an, mit welcher relativen Feuchte der umgebenen Luft sich das Papier im Gleichgewicht befindet. Sind beide Werte in etwa gleich, wird weder eine Feuchteaufnahme noch eine Feuchteabgabe und damit auch keine Veränderung von feuchtigkeitsabhängigen Papiereigenschaften, inbesonders Dimensionsveränderungen, stattfinden.

Zur Bestimmung der relativen Luftfeuchte bzw. der Gleichgewichtsfeuchte von Papieren muss die Veränderung einer feuchtigkeitsabhängigen, messbaren Grösse herangezogen werden. Solche von Feuchtigkeitsschwankungen beeinflusste Grössen sind z. B. die Längenänderung von Haaren, die Leitfähigkeit von Elektrolyten und die Veränderung des Widerstandes von Halbleitern. Diese Methoden fanden in der Praxis als Mess- und Regelsysteme weite Verbreitung. Die zur Eichung von Feuchtemessgeräten angewandten Messmethoden arbeiten sehr genau und beruhen auf dem Prinzip der Taupunktmessung und der Bestimmung der psychrometrischen Differenz bzw. der Verdunstungskälte. Die Funktion eines Taupunktmessgerätes und eines Psychrometers ist im Praxis report 50 der FOGRA beschrieben.

Elektronische Messgeräte

In der Praxis der Feuchtemessung haben sich heute die elektronischen Messgeräte mit digitalen Anzeigen durchgesetzt. Sie zeichnen sich aus durch schnelle Reaktion auf Feuchtigkeitsänderungen sowie durch einfache Kontrolle bzw. Kalibrierung der Geräte.

Die handelsüblichen Geräte arbeiten im wesentlichen nach den beiden Messprinzipien der Leitfähigkeitsmessung und der kapazitiven Methode.

Im ersten Fall wird die Änderung der Leitfähigkeit eines hygroskopischen Elektrolyten (z. B. Litiumchlorid) durch Aufnahme von Wasserdampf als Messsignal verwendet. Beim kapazitiven Hygrometer beruht das Messprinzip auf der Kapazitätsänderung eines Dielektrikums – eines Nichtleiters – durch die Aufnahme von Wasserdampf. Dies ist abhängig von der relativen Feuchte der Umgebungsluft.

Für die verschiedenen Messaufgaben stehen eine Reihe von unterschiedlich konstruierten Messfühlern zur Verfügung:

- Schwertfühler für die Messung in Papierstapeln
- Aufsetzfühler für die Messung auf Papierbogen und Papierrollen
- Fühler für die Messung in der Raumluft und damit für die Steuerung von Befeuchtungsanlagen und Klimaanlagen.

Die Kalibrierung der elektronischen Messgeräte kann sicher und einfach durchgeführt werden mit den mitgelieferten Kalibriervorrichtungen. Die am Ende des Fühlers eingebaute Messzelle wird in der Vorrichtung luftdicht abgeschlossen. Durch Salzlösungen wird in einem sehr kleinen, unmittelbar unter der Messzelle befindlichen Raum die entsprechende Luftfeuchte eingestellt.

Abb. 15: Rotronic HP-GTS - Handmessgerät für die Papierindustrie

Der vom Gerät angezeigte Wert wird mit dem angegebenen Wert der Salzlösung verglichen. Dabei ist zu beachten, dass die für die Salzlösung vorgeschriebene Temperatur eingehalten wird.

Akklimatisierung

In der nachstehenden Tabelle sind die Stunden angegeben, die für eine Akklimatisierung von Papier bis zum Auspacken notwendig sind, in Abhängigkeit des Volumens (m³) und der Temperaturdifferenz (°C) zwischen Lager- oder Druckraum und Papier.

Temperatur-differenz / Papier per Palette	5 °C	7 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C
Ca. 0.2 m³	4 h	7 h	9 h	15 h	21 h	28 h	41 h	62 h
Ca. 0.4 m³	7 h	12 h	17 h	26 h	36 h	41 h	64 h	92 h
Ca. 0.6 m³	9 h	15 h	20 h	31 h	42 h	55 h	76 h	106 h
Ca. 1 m³	12 h	18 h	23 h	33 h	48 h	63 h	84 h	120 h
Ca. 2 m³	13 h	19 h	24 h	35 h	49 h	66 h	93 h	130 h

Bemerkungen

Der Inhalt dieses White Papers ist das Ergebnis der praktischen Erfahrung und der engen Zusammenarbeit mit der FOGRA, einer Organisation, die in vielerlei Hinsicht sehr hilfreich war und der Firma Sappi Europe, einem europäischen Papierproduzenten.

Die FOGRA Forschungsgesellschaft Druck e.V.

Die Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. verfolgt den Zweck, die Drucktechnik in den Bereichen Forschung und Entwicklung zu fördern und die Ergebnisse für die Druckindustrie nutzbar zu machen.

Wir danken der FOGRA für die Bereitstellung von Bildmaterial und von Texten aus dem FOGRA Praxis Report 50, «Klima, Papier und Druck» von Dipl.-Ing. (FH) Karl-Adolf Falter, 1998. **www.fogra.org**

Das Unternehmen Sappi

Sappi ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das sich auf die Verteilung von Holzzellstoff-, Papierzellstoff-, Papier- und Bioraffinerie-Lösungen für Kunden in über 150 Ländern konzentriert.

Wir danken der Firma Sappi für die enge Zusammenarbeit und Unterstützung. **www.sappi.com**

540040/2020-02