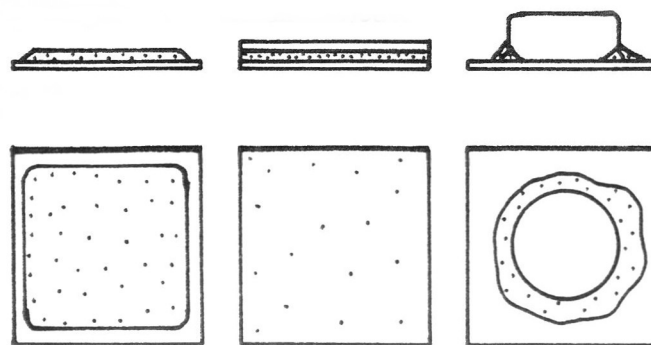
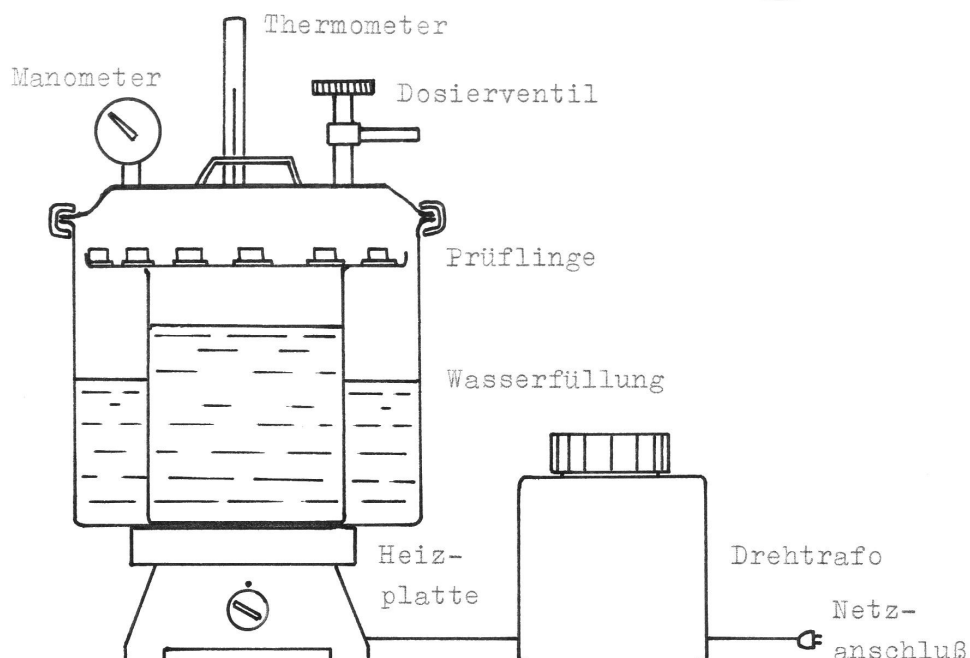


### **Ein Schnelltest zur Prüfung von Klebstoffen auf Beständigkeit gegenüber Feuchte**

Mit Epoxiden geklebte Verbindungen zeigen in der Regel eine hohe Festigkeit auch bei häufigem Temperaturwechsel sowie eine Beständigkeit gegenüber chemischem Angriff. Empfindlich reagieren sie eher auf hohe Luftfeuchte, insbesondere auf Betauung. Jedoch hätte eine Lagerung bei 40 °C in gesättigter Feuchte zwei bis sechs Monate je zu untersuchenden Kleber beansprucht, zu lang für einen Übersichtstest. Als Schnelltest bot sich eine Heißdampflagerung an bei 100 oder 120 °C. Je nach Ergebnis konnten dann weitere Wärmelagerungen bei niedrigeren Temperaturen folgen. Für einen solchen preiswerten Schnelltest diente ein Dampfkochtopf, wie er von Lehrmittellieferanten für den Schulunterricht angeboten wird. Hier zeigten die Kleber bereits nach 20 Stunden Heißdampflagerung deutliche Unterschiede.



**Bild 1: Prüfkörper für den Feuchtetest:** Mit Kleber beschichtete Plättchen, auf einander geklebte Plättchen und auf die Plättchen geklebte Metaldeckel



**Bild 2: Dampfkochtopf:** Ein Drehtrafo erlaubt eine genaue Einstellung der benötigten Heizleistung. Neben dem gezeigten Einstellventil enthält der Deckel ein Sicherheitspfeifventil bei Überschreitung von 7 Bar Druck sowie eine Berstmembran.

### 1. Mit Kleber beschichtete Plättchen aus Glas oder Keramik:

Der Kleber nimmt während der Heißdampflagerung an Gewicht zu, außerdem quillt er etwas. Bei härteren Klebern führt dies zum Verbiegen und schließlich einem Platzen der Unterlage. Nach einer Gewichtszunahme um einige Prozent löst sich die Kleberschicht ab. In der Regel werden die Kleber bröckelig und haben oft ihre Farbe geändert. Die Änderung lässt sich auch durch Trocknen oder Ausheizen nicht rückgängig machen. Zum Zerstören einer 2 Millimeter dicken Kleberschicht genügt meist eine Heißdampflagerung bei 120 °C für acht Stunden bzw. bei 100 °C für 32 Stunden.

### 2. Auf die Plättchen geklebter Metalldeckel:

Der Wasserdampf dringt durch die Klebfuge nach innen. Wird als Unterlage ein Glasplättchen verwendet, so wölbt sich das Glasplättchen nach dem Abkühlen nach innen: Eingedrungener Heißdampf ist kondensiert. Bei Eintauchen in heißes Öl (Schutzwand!) löst sich der Deckel explosionsartig vom Plättchen. Bei längerer Lagerung zeigen sich innen Wassertröpfchen. Deckel auf Keramikplättchen halten etwa 1,5mal so lange wie auf Glas, die anderen Erscheinungen bleiben.

### 3. Auf einander geklebte Glasplättchen:

Hier lässt sich der Angriff auf die ca. 0,5 Millimeter dicke Kleberschicht durch das Glas hindurch beobachten. Nach einiger Lagerdauer bildet sich außen ein Saum, der gleichmäßig wächst. Zwischen ihm und dem unzerstörten Kleber zeigen sich schillernde Newton-Ringe infolge Abschälens des angegriffenen Klebers vom Glas.

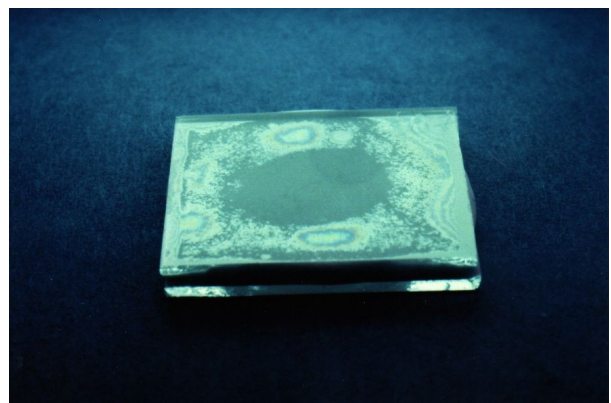
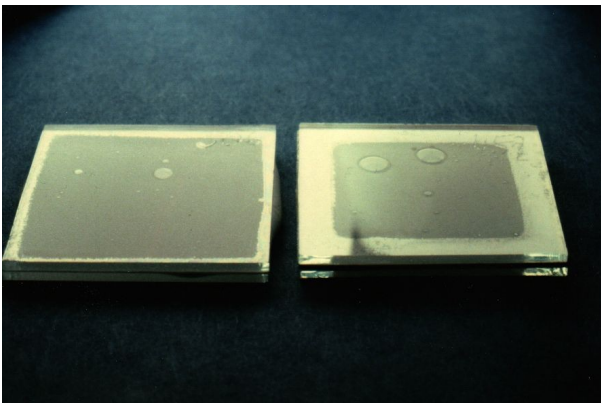


Bild 3: Auf einander geklebte Glasplättchen nach der Heißdampflagerung

Zunächst quillt in der Außenzone der Kleber und löst die nächste angegriffene Schicht vom Glas. Der Heißdampf greift also sowohl in Richtung der Klebfuge an wie senkrecht dazu. Das Vordringen der Feuchte entlang des Spalts erklärt auch eine Beobachtung bei anderen Feuchtetests: Bereits angegriffene Doppelplättchen zeigen bei weiterer Lagerung mit 92 und mit 100 % relativer Feuchte vergleichbare Ergebnisse: Im engen Spalt kondensiert die Feuchte auch bei weniger als 100 % relativer Feuchte (Kapillarkondensation). So wird der Mechanismus der Spaltbildung auch ohne weitere äußere Betauung wirksam. Im Gegensatz dazu bleiben Prüflinge in gewöhnlicher Umgebung bei Zimmertemperatur über Jahre hinweg unverändert.

Ergebnis: Die untersuchten Kleber zeigen sämtlich eine Empfindlichkeit gegenüber 100 %

Luftfeuchte, sind also für einen Einsatz z.B. im tropischen Regenwald nicht geeignet. Hier wäre die Klebfuge zusätzlich mit einem wasserabstoßenden Lack abzudecken. In gewöhnlicher Umgebung mit einer typischen Luftfeuchte von 50 % bleibt die Klebeverbindung jahrelang einwandfrei.

Literatur:

Richard Eckert, Fixing of caps with epoxy adhesives. 5th Symposium on Reliability in Electronics. Oct 1982 Budapest, Ungarn. Band I, Seiten 318 bis 325.

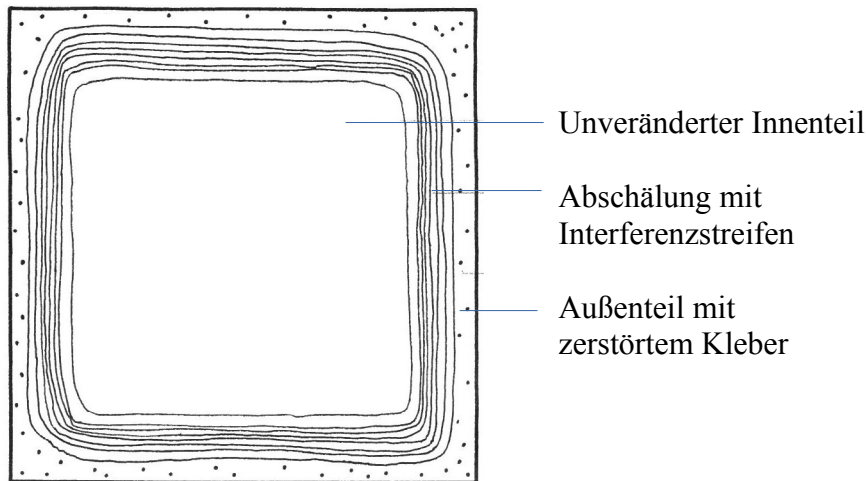


Bild 4: Auf einander geklebtes Glasplättchen nach Heißdampflagerung, schematisch

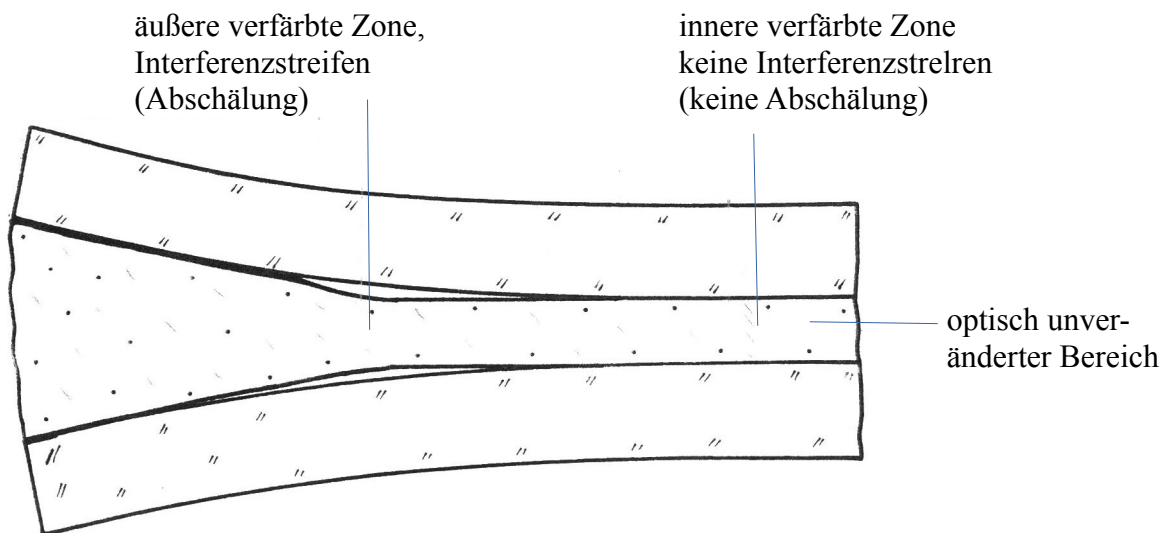


Bild 5: Auf einander geklebtes Glasplättchen nach Heißdampflagerung, Ausschnitt

Eine Messung der Breite  $d$  der zerstörten Außenzone führt zur Bestimmung einer Zerfallsgeschwindigkeit  $v = d/t$ . Diese ist in Bild 6 aufgetragen. Eine Temperaturerhöhung um  $10\text{ °C}$  bewirkt dabei eine Verdoppelung der Zerfallsgeschwindigkeit. Wie zu erkennen, ergeben sich in logarithmischer Darstellung Geraden, die annähernd parallel laufen. Zur ersten Beurteilung eines noch unbekanntes Klebers genügt daher eine Heißdampflagerung bei zwei unterschiedlichen Temperaturen, z.B. bei  $120$  und bei  $100\text{ °C}$ . Die notwendige Lagerzeit beträgt mit Zwischenmessungen nur etwa 20 Stunden.

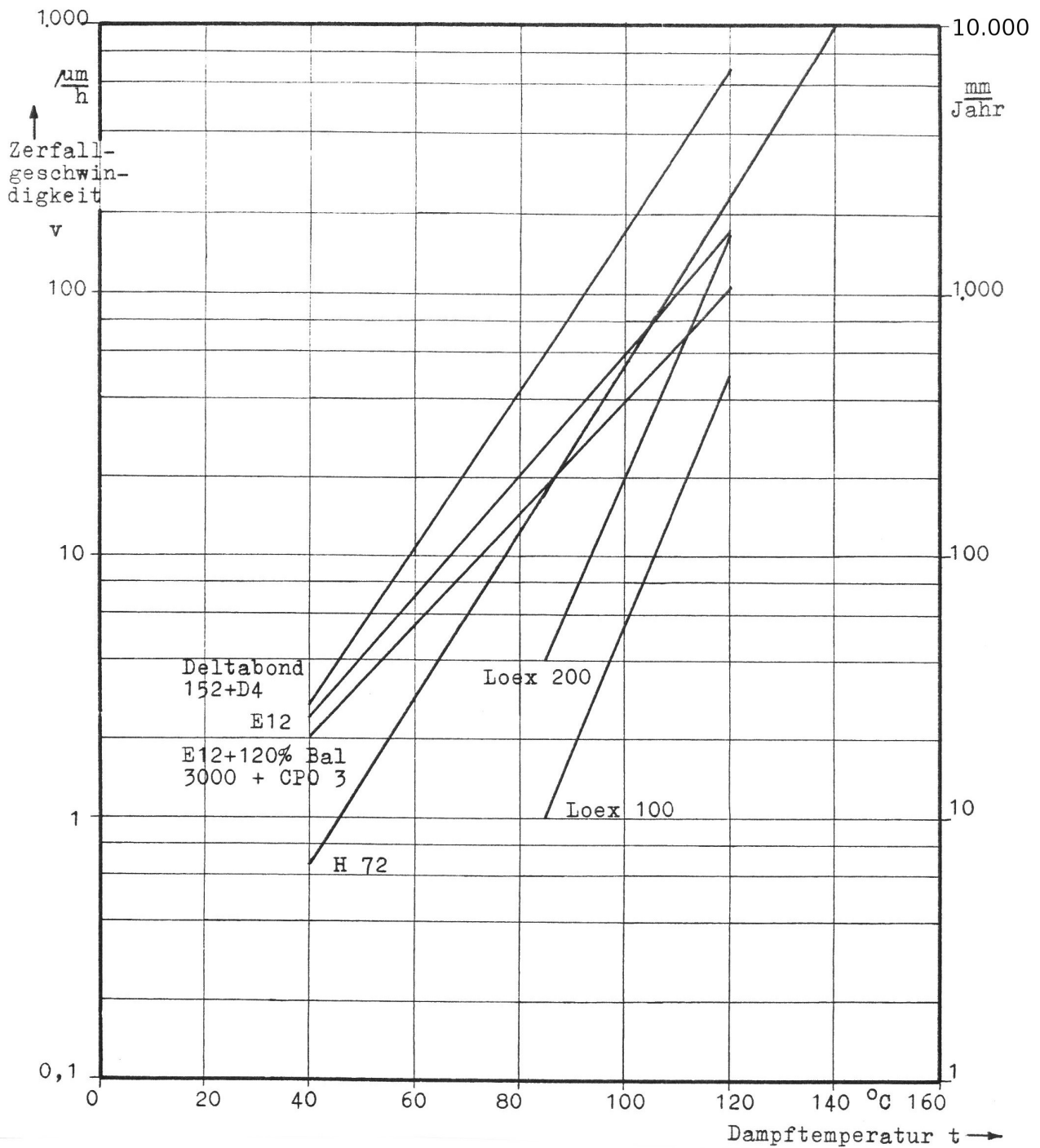


Bild 6: Zerstörgeschwindigkeit bei Heißdampflagerung in Mikrometer/ Stunde (linke Skala) bzw. in Millimeter/ Jahr (rechts) für die widerstandsfähigeren Epoxidkleber. Die Lagerung bei 100 °C und höher wurde im Dampfkochtopf durchgeführt, die Lagerung bei 40 °C und höher im Glasbehälter im Wärmeofen. Für 100% relative Feuchte war im unteren Teil Wasser eingefüllt, für 92 % eine geeignete Salzlösung.