

## BESCHLEUNIGTE ALTERUNG MIT ÜBERLAGERTEN FEUCHTEZYKLEN

Die Gesetze der beschleunigten Alterung für Kunststoffteile betreffen häufig das Setzverhalten. Eine der häufigsten Fragestellungen befasst sich damit, ob ein Bauteil unter dauernder Belastung seine Funktion über die Zeit gesehen erfüllen kann oder nicht. Nehmen wir das Beispiel eines Pumpenflansches für eine Gegenstromanlage. Damit alles schön dicht bleibt über Jahre, darf sich der Kunststoff unter der Last von Schrauben nicht zu stark ergeben.

Wir können aber nicht eine Pumpe entwickeln, sie dann 10 Jahre lang testen und dann erst auf den Markt gehen, sondern möglichst schnell vermarkten. Das Gesetz von Arrhenius kann uns dabei helfen, diese Information schon viel früher zu erarbeiten, indem wir nämlich die Temperatur etwas heraufsetzen und somit den Alterungsprozess bzw. das Setzverhalten beschleunigen.

Mit welchen Parametern müssten wir dann am besten altern?  
Angenommen wir hätten eine normale Einsatztemperatur von 23°C. Der Flansch wäre aus PE, wir wollen die Dichtheit über 10 Jahre nachweisen und zwar so schnell als möglich.

$$k(T) = 2^{\left(\frac{AT-RT}{10^{\circ K}}\right)} [-]$$

Der Alterungsfaktor  $k$  der beschleunigten Alterung wird nach obiger Gleichung berechnet.  $AT$  ist die Alterungstemperatur, beispielsweise in einem Laborofen, bei 55°C.  $RT$  ist jene Temperatur welcher die Baugruppe normalerweise ausgesetzt ist, in unserem Fall Raumtemperatur 23°C. Setzen wir die Werte in die Gleichung ein, so erhalten wir für  $k$  den Wert 9.2. Um also 10 Jahre zu altern können wir die Zeit um Faktor 9.2 kürzen. Die Alterungssimulation dauert demnach  $10a/9.2$ , also 1.08 Jahre, bzw. 13 Monate.

Und wenn uns hierzu die Zeit fehlt?

Es gibt tatsächlich Möglichkeiten, den Vorgang weiter zu beschleunigen und zwar durch Erhöhung der Temperatur. Doch muss man hier aufpassen, denn wir wollen ja den Kunststoff nicht gleich aufschmelzen. Für thermoplastische Kunststoffe ist sozusagen 55°C die etablierte Obergrenze. Wir können aber eine weitere Stresskomponente überlagern und zwar alternierende Zyklen von Feuchte und Trockenheit. Wir nutzen dabei die Eigenschaften von Kunststoffen, dass sie bei Aufnahme von Feuchtigkeit quellen, worauf wir ihnen im nächsten Zyklus die Feuchte entziehen, was die Bauteile wieder schrumpfen lässt. Je nach Kunststoff lässt sich so der Vorgang bis zu Überlagerungsfaktor von 1.54 erhöhen und die obigen 13 Monate auf 8 Monate reduzieren.

Wie läuft das ab und wie hoch ist der Überlagerungsfaktor konkret?

Wie hoch der Überlagerungsfaktor tatsächlich ist, lässt sich nur experimentell bestimmen und meist gehen wir so vor, dass wir unsere Alterungsproben möglichst frühzeitig einem Standardmodell unterziehen. Erwärmen auf 55°C und überlagerte Zyklen mit jeweils 3.5 Tagen trocken 6-10 r.h. und 3.5 Tage Feuchte 98% r.h.

Parallel hierzu starten wir eine Materialuntersuchung mit Standardproben der operativen Materialien im Bauteil. Ringe (1), die in einem Spannelement (2) belastet werden. Dabei werden zwei Gruppen erzeugt. Eine Gruppe wird nur thermisch gealtert und die Zweite mit den Trocken- Feuchtezyklen überlagert gealtert.

Nach drei Zyklen werden die Proben entnommen, vermessen und dann festgestellt, um welchen Faktor sich die überlagert gealterten Proben stärker deformiert haben als die anderen.

$$F_{\dot{U}} = \left(\frac{\Delta D_{\dot{U}}}{\Delta D_N}\right) * [-]$$

Wir werden also erst in drei Wochen wissen, wie lange der Alterungsprozess der Zielproben dauert. Abhängig ist das von den verwendeten Materialien und von den Wandstärken, denn der Feuchtetransfer in einem Kunststoff läuft extrem langsam ab.

Das überlagerte Gesetz der beschleunigten Alterung lautet dann wie folgt:

$$k_{tot} = k(T) * F_{\dot{U}} * [-]$$

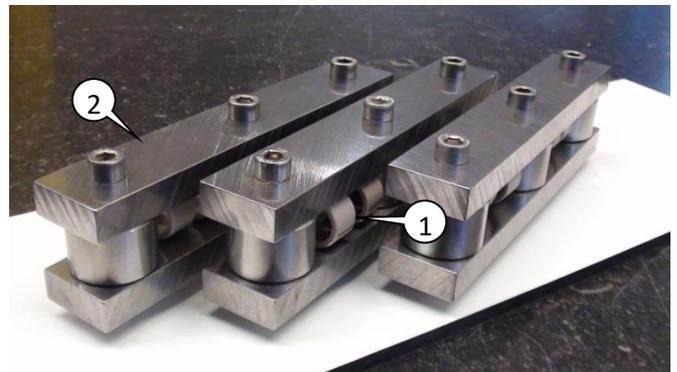


Abbildung 1: Probenringe (1) Spannelement (2)

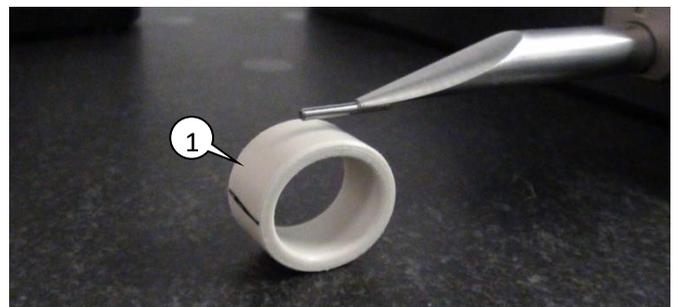


Abbildung 2: Vermessung des deformierten Probenrings (1) zur Bestimmung des Überlagerungsfaktors  $F_U$

### Dienstleistungen im Labor Gausstec

Wir unterstützen Sie gerne in der Prüfung von Produkten und Baugruppen jeglicher Art, spezielle Erfahrungen haben wir mit Kunststoffen und Kunststoffbaugruppen.

Weitere Dienstleistungen finden Sie hier im [Überblick](#)

### Einrichtung Gausstec

Gausstec verfügt über qualifizierte Einrichtungen zur Durchführung beschleunigter Alterung: Klimakammer, Messmittel, etc.

**Wir freuen uns auf Ihre Anregungen zum Thema Beschleunigte Alterung. Rufen Sie doch einfach an oder kommen Sie vorbei, um ihre Aufgaben zu besprechen.**

**Ihre Fragen:**

**Wir haben ein Produkt im Automobilssektor, welches ständig wechselnder Bedingungen ausgesetzt ist. Mit welchen Parameter sollen wir altern?**

In diesem Fall wäre es wohl sinnvoll in den folgenden Schritten vorzugehen:

1. Den extremsten Klimafall ergründen. Wir würden also zunächst alle Einflussparameter sammeln die auf das Produkt einwirken und uns dann fragen, wie sie in unterschiedlichen Klimazonen zum Tragen kommen. Auch Zyklen spielen bei einzelnen Parameter eine Rolle, wie z.B. Temperatur- oder Druckänderungen.
2. Extreme Klimamodelle generieren, anhand von Klimadaten in Ländern und Regionen.
3. Messbare Qualitätsmerkmale bestimmen. Dabei ist der Ansatz der Limesbetrachtung hilfreich. Limes fragt immer das Extrem ab, was führt in seiner extremsten Ausprägung zum Ausfall. Wir wollen ja mit dem Modell sicher-

stellen, dass das Produkt die versprochene Leistung über eine bestimmte Zeit erbringt. Das Produkt könnte z.B. versprechen und damit schneller brechen. In dem Fall wählen wir also eine Methode, mit der wir die Versprödung messtechnisch erfassen können. Zu bevorzugen sind jeweils stetige Parameter.

4. Wir wenden nun unsere Klimamodelle auf unterschiedliche Probengruppen an und messen anhand der definierten Merkmale die Veränderung über die Zeit. Dann wählen wir dasjenige Modell aus, welches den höchsten Einfluss auf die Versprödung hat. Ideal wäre ein Modell, welches durch Verschärfung von Parameter noch Luft nach oben, für die beschleunigte Alterung bietet.
5. Haben wir unser Modell gefunden, so kommen Mathematik und Experimente ins Spiel. Das Gesetz von Arrhenius ist die Grundlage und es folgen weitere Terme deren Natur es ist, das Grundgesetz um zusätzliche Einflussfaktoren zu verschärfen. Natürlich hilft da auch die Erfahrung aber da können wir ja unterstützen.