

# Ist jede Graphitdichtung geeignet für hohe Temperaturen?

Marco Schildknecht

Der Einsatz von Flachdichtungen aus expandiertem Reingraphit für Anwendungen im Bereich hoher Temperaturen bis zu 550 °C gehört zum „Stand der Technik“. Ein Blick ins Detail zeigt jedoch, dass man sich nicht blind auf das Vorhandensein eines für derart hohe Temperaturen geeigneten Graphits verlassen kann. Für die Untersuchung der wichtigen Oxidationseigenschaften des Graphits fehlt sogar eine geeignete Standardprüfmethode.

## Ausgangssituation

Nach nahezu 20-jähriger Erfahrung in der Anwendung von expandiertem Reingraphit als Flachdichtungswerkstoff bezweifelt niemand mehr die unübersehbaren positiven Eigenschaften des Graphits. Hier die wichtigsten Merkmale kurz zusammengefasst:

- Eine weitgehend universelle chemische Beständigkeit, beinahe auf dem Niveau von PTFE.
- Unerreicht hohe Anpassungsfähigkeit an Dichtflächenunebenheiten. Diese Eigenschaft verleiht der Graphit-Weichstoffdichtung sogar Vorteile gegenüber metallischen Dichtungskonzepten, wie zum Beispiel Kammprofildichtungen oder spiralgewickelte Dichtungen, da die Anforderungen an Dichtflächenbeschaffenheiten signifikant geringer und daher vor allem im Revisionsfall praxisgerechter sind.
- Ein weiter Temperatureinsatzbereich von tiefsten Temperaturen bis zu 550 °C.

## Was passiert bei höheren Temperaturen?

Der zuletzt genannte Vorteil von Graphitdichtungen muss kritisch betrachtet werden. Es gilt als Tatsache, dass Graphit auch unter höheren Temperaturen ein sehr gutes mechanisches Verhalten besitzt. Dies zeigt die grafische Wiedergabe des Temp-Tests von novaphit® SSTC (Bild 1).

Die in Bild 1 dargestellte Temp-Test-Untersuchung gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil wird ein Prüfkörper (55x75x2mm) bei Raumtemperatur bis auf 50 N/mm<sup>2</sup> verpresst. Die aufgezeichnete Setzkurve zeigt eindrucksvoll die unerreichte Anpassungsfähigkeit einer Graphitdichtung.

Im zweiten Teil der Untersuchung wird bei steigenden Temperaturen die Flächenpressung via hydraulischem Prüfstand konstant gehalten und gleichzeitig die prozentuale Dickenabnahme gemessen. Dabei ist im Besonderen zu beachten, dass bei etwaigen Setzvorgängen der Dichtung keine Verringerung der Flächenpressung (wie in einer realen Einbausituation) eintritt. Im Falle einer hochwertigen Graphitdichtung

wie novaphit® SSTC<sup>AL</sup> ist selbst bei dieser überkritischen Prüfmethode kein bzw. nur ein äußerst geringes Warmsetzen erkennbar.

Allerdings handelt es sich bei der gezeigten Untersuchung um einen Kurzzeittest. Heutige Wartungsintervalle setzen eine zuverlässige Dichtverbindung über einen Zeitraum von fünf, zehn oder noch mehr Jahren voraus. Daher lohnt es sich, einen gezielten Blick auf das Langzeitverhalten von Graphit unter hohen Temperaturen zu werfen.

## Ein häufiger Irrtum

Neben den allseits bekannten und geschätzten Vorteilen von expandiertem Graphit als Dichtungswerkstoff wird die

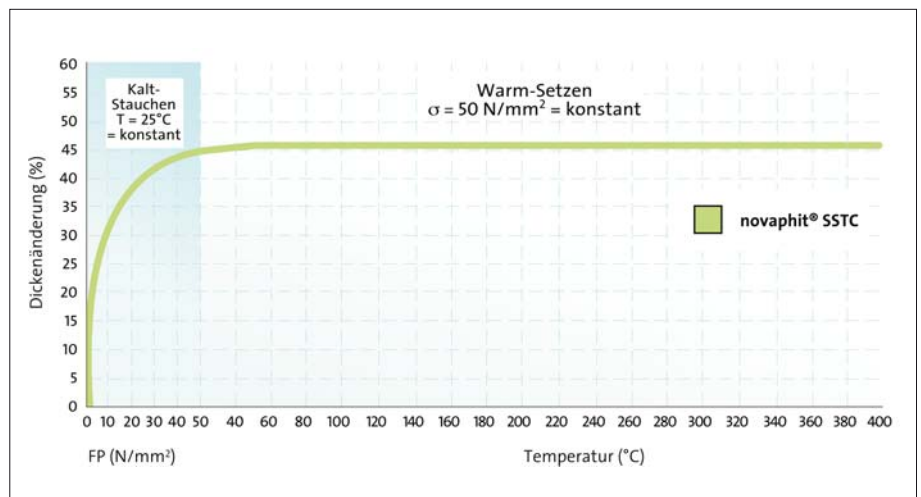
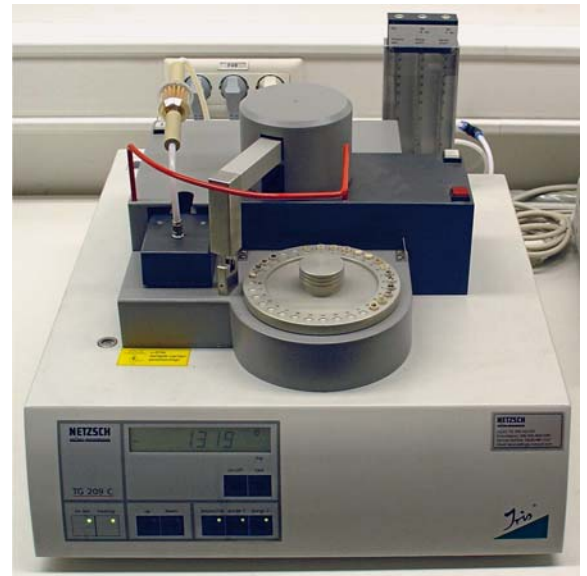


Bild 1: Temp-Test der Graphitdichtung novaphit® SSTC bei 400 °C

Langzeiteignung durch die unvermeidliche Oxidation unter höheren Temperaturen beeinträchtigt. Allzu häufig trifft man auf die irreführende Aussage, dass die Qualität einer Graphitfolie nach ihrer Reinheit zu beurteilen sei. In unzähligen Spezifikationen ist beispielsweise eine Graphitreinheit von 98 Prozent als Qualitätskriterium aufgeführt. Graphitprodukte des Dichtungsherstellers Frenzelit verfügen standardmäßig über eine Reinheit von mindestens 99 Prozent. Für spezielle kerntechnische Anwendungen fordert die aktuelle Spezifikation der deutschen Kernkraftwerksbetreiber KS D 2012/50 Rev. D [1] Graphitreinheiten von mindestens 99,5 Prozent.

Der oben zitierte Irrtum liegt in der Annahme, dass eine reinere Graphitfolie zwangsläufig bessere Oxidationswerte aufweist. Es ist jedoch bekannt, dass lediglich im ppm-Bereich vorliegende Anteile, die sehr wohl auch in einer äußerst geringen Restasche von beispielsweise nur 0,2 Prozent enthalten sein können, durch ihre katalytische Wirkung eine sehr starke Oxidation verursachen und eine langzeitige Anwendung bei höheren Temperaturen kritisch werden lassen. Man kann zusammenfassen, dass neben der Graphitreinheit eine weitere Untersuchung notwendig ist, um fundierte Aussagen zum Thema Oxidationsbeständigkeit machen zu können.

**Bild 3:** Messgerät für die Thermogravimetrie im Labor von Frenzelit



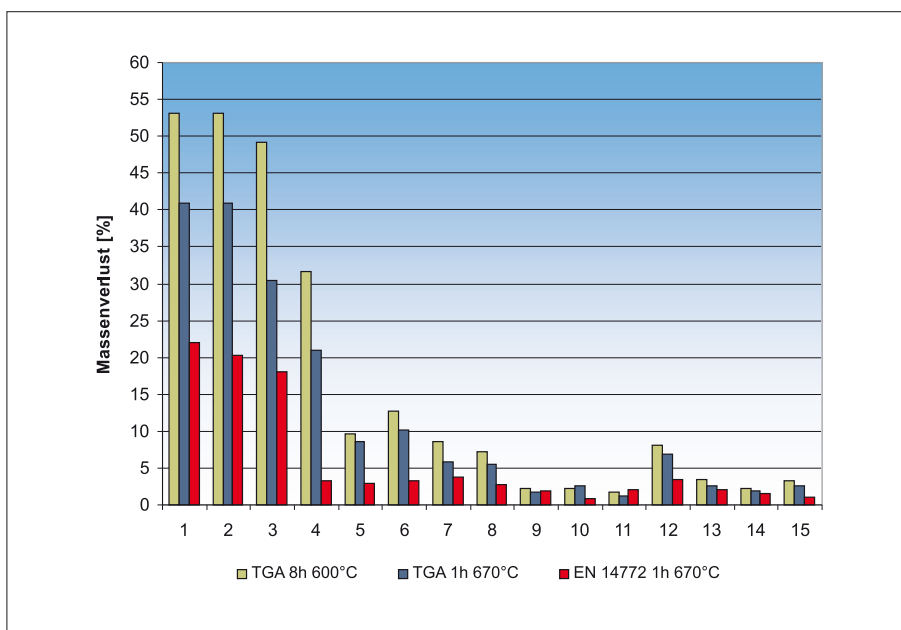
### Schwachstellen in der DIN EN 14772

Im Abschnitt 6.7 der DIN EN 14772 [2] wird eine Prüfung der Oxidationsneigung von Graphitfolien bei einstündiger Auslagerung in einem Muffelofen bei 670 °C beschrieben. Ohne näher auf Anwendungshinweise einzugehen, nennt die Norm Werte zwischen 20 und 30 Prozent Massenverlust oder darüber für „handelsübliche“ Qualitäten. Messwerte zwischen zwei und vier Prozent würden auf eine „oxidationshemmende“ Graphitsorte hinweisen.

**Bild 2** zeigt Untersuchungsergebnisse von 15 Graphitproben aus verschiedenen Quellen, die mit drei unterschiedlichen Messverfahren auf ihren Masseverlust unter Temperatur untersucht worden sind. Es gilt, die im Muffelofen durch unterschiedliche Ofenbauarten zwangsläufig entstehenden Messungenauigkeiten zu eliminieren. Dazu bietet sich ein hochpräzises Analyseverfahren, die Thermogravimetrie (TGA) an. **Bild 3** zeigt das verwendete Messgerät.

In diesem spezialisierten Analysegerät greift man auf präzise Temperaturgradienten und ein hochgenaues Wiegeverfahren zurück. Die Fehlereinflussmöglichkeiten sind im Vergleich zum Muffelofen verschwindend gering. Das Ergebnis: Man erhält reproduzierbare und verlässliche Messwerte, die eine exakte Einschätzung der Oxidationsstabilität eines Graphitwerkstoffs zulassen.

In Anlehnung an das Muffelofenverfahren nach DIN EN 14772 (1 Stunde bei 670 °C) erfolgt eine zusätzliche Messung in der TGA mit ebenfalls 1h Messzeit bei 670 °C. Frenzelit hat zur Qualitätskontrolle und -sicherung ein weiteres Messverfahren eingeführt. Hierbei beträgt die Prüftemperatur 600 °C, liegt damit näher an der in der Praxis verwendeten oberen Einsatzgrenze von 550 °C. Die Messzeit wurde jedoch auf 8 Stunden verlängert, unter anderem um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu erhöhen.



**Bild 2:** Vergleich verschiedener Messverfahren

Insbesondere der direkte Vergleich der Proben 4 bis 8 und 12 zeigt die Ungenauigkeit der DIN EN 14772-Methode. Während das Norm-Messverfahren „gute Werte“ unter 4 Prozent Massenverlust angibt, liegen die präziseren Messwerte deutlich darüber. Die 10-fachen Werte der Probe 4 stellen möglicherweise einen Extremfall dar, 2- bis 4-fach höhere Werte sind jedoch keine Seltenheit, sondern eher die Regel. Es gibt einen eindeutigen Trend: Je schlechter die Oxidationseigenschaften des Graphits, desto höher fällt der Fehler der Norm-Messmethode aus. Klar ist aber auch: Ein „guter“ Messwert muss nicht zwangsläufig auf eine gute, oxidationsfeste Graphitqualität hinweisen. Dieser unbefriedigende Sachverhalt bedeutet Risiko und Unsicherheit für den Anwender. Aus diesem Grund unter-

zieht Frenzelit alle zur Produktion anstehenden Graphitfolienchargen einer 100%-Kontrolle nach der strengsten TGA-Püfvorschrift bei 8 Stunden und 600 °C. Die selbstaufgelegte Qualitätsgrenze für den Massenverlust bei diesem Messverfahren liegt bei unter 5 Prozent. Die Messungen der Proben 9, 10 und 11 stammen aus der Frenzelit-Serienproduktion für novaphit® SSTCTA-L.

### Fazit

Mit Graphitflachdichtungen aus der Frenzelit-Produktion erhält der Anwender nicht nur technisch überlegene Produktlösungen, wobei sich hohe Graphitqualität und intelligente Edelstahleinlage optimal ergänzen, sondern auch eine dauerhaltbare Anwendungslösung für den Einsatz bei höheren Temperatu-

ren auf höchstem Qualitätsniveau. Dies erhöht die Anlagensicherheit und leistet einen wertvollen Beitrag zu Kosteneinsparungen.

### Literatur

- [1] KS D 2012/50 Rev. D (04.09.2006), AREVA NP, Erlangen
- [2] DIN EN 14772 Flansche und ihre Verbindungen .Qualitätssicherungsprüfung und Prüfung von Dichtungen nach den Normen der Reihen EN 1514 und EN 12560 (2005-04), Beuth-Verlag 2005



**Dipl.-Ing.**

**Marco Schildknecht**

Leiter Anwendungstechnik  
für industrielle Dichtungen  
Frenzelit-Werke GmbH &  
Co. KG, Bad Berneck  
marco.schildknecht@  
frenzelit.de.