

Mund-Nasen-Schutz-Materialien unter dem Einfluss von Feuchtigkeit

Dr.-Ing. Roland Wetzel, Applikationslabor

Einleitung

Seit der weltweiten Ausbreitung des Corona-Virus SARS-COV-2 ist der Mund-Nasen-Schutz Teil unseres täglichen Lebens geworden. Zunächst wurden Tücher, Schals und Stoffmasken im Alltag verwendet, jedoch aufgrund der rasanten Ausbreitung des Virus durch medizinische Masken, wie OP- oder FFP2-Masken, ersetzt. Sobald ein Mund-Nasen-Schutz angelegt wird, befindet er sich stets im Ein- und Ausatemstrom des Trägers. Vor allem die Expirationsluft ist beim Ausatmen mit einer Feuchtigkeit von 98 % nahezu gesättigt [1]. Infolgedessen wird das Maskenmaterial ständig befeuchtet, wodurch sich die Filterfunktion verringert. Ferner fördert die feuchte Umgebung die Vermehrung gesundheitsschädlicher Bakterien und Pilze innerhalb des Filtermaterials und kann zu infektiösen Atemwegserkrankungen der Maskenträger führen [2].

Im Folgenden wird die Quantifizierung der Feuchtigkeitsaufnahme des Mund-Nasen-Schutzes in Abhängigkeit des verwendeten Maskenmaterials sowie in Anlehnung an die empfohlene Tragezeit von Halbmasken

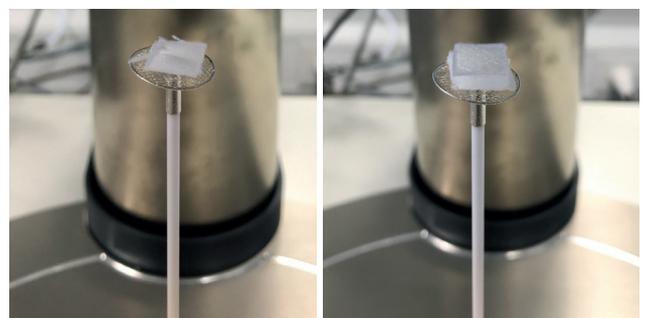
laut der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung e.V. untersucht [3]. Hierfür wurde sowohl eine Probe aus einer Stoff- sowie einer FFP2-Maske präpariert. Durch den Wechsel von Stoff- zu FFP2-Masken ändert sich der Aufbau von einlagigem Baumwollstoff zu mehrlagigen Vliesen. Mittels thermogravimetrischer Messungen, bei variierenden relativen Feuchtegehalten, wird die mögliche Feuchtigkeitsaufnahme der unterschiedlichen Maskentypen charakterisiert.

Messbedingungen

Für die Untersuchungen wurde eine STA 449 **F3 Jupiter**® mit Kupferofen an den Feuchtgenerator MHG 100 gekoppelt. Proben der einzelnen Maskenmaterialien (10 mm x 10 mm) wurden aus dem Mittelteil präpariert (Abbildung 1) und auf das Pt/Ir-Netz (Abbildung 2) zu Bestimmung der Massenänderungen gelegt. Mit dieser Probenaufgabe können in der STA thermogravimetrische Messungen durchgeführt werden. Endo- und exotherme Effekte werden dabei nicht erfasst. Ferner wurden die Proben entsprechend ihrer realen Einsatzbedingungen mit der Maskeninnenseite zum Feuchtestrom ausgerichtet.



1 | Verwendete Stoff- bzw. FFP2-Maske für die Probenpräparation. Das rote Viereck kennzeichnet die jeweiligen Entnahmestellen.



2 | Probenposition auf dem Pt/Ir-Netz der Probe präpariert a) aus der Stoffmaske und b) aus der FFP2-Maske.

APPLICATIONNOTE Mund-Nasen-Schutz-Materialien unter dem Einfluss von Feuchtigkeit

Die detaillierten Messbedingungen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Das Temperaturprogramm wurde in Anlehnung an die Untersuchungen der FH Münster bezüglich der Wiederverwendbarkeit von FFP2-Masken erstellt [4]. Das Messprogramm bestand aus 5 Zyklen des in Tabelle 2 gezeigten Temperaturprogramms.

Messergebnisse

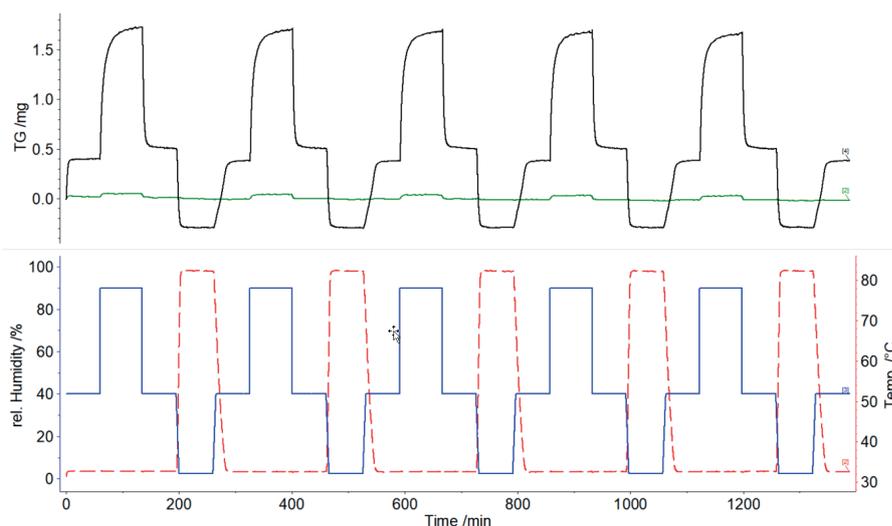
Abbildung 3 zeigt die erhaltenen TG-Kurven in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Feuchte für die Proben aus der Stoff- bzw. FFP2-Maske. Beide Proben weisen eine Massenzunahme infolge der ansteigenden relativen Feuchte auf, wobei die Massenzunahme für die Probe der Stoffmaske (schwarz) im Vergleich zur FFP2-Maske (grün) signifikant höher.

Tabelle 1. Messbedingungen

Parameter	Stoffmaske	FFP2-Maske
Probeneinwaage	16,313 mg	19,921 mg
Ofen	Kupfer	
Probenhalter	TG-Probenträger, Pt/Ir 10 Netz	
Gasatmosphäre	Stickstoff	
Durchflussrate	20 ml/min	
Zubehör	MHG-Feuchtegenerator	

Tabelle 2. Temperaturprogramm und Feuchteinstellungen der Messungen

Messsegmente	Temperatur	rel. Feuchtigkeit	Zeit
1	32 °C	40 %	60 min
2	32 °C	90 %	60 min
3	32 °C	40 %	60 min
4	32 °C → 80 °C (10 K/min)	40 % → 2,6 %	-
5	80 °C	2,6 %	60 min
6	80 °C → 32 °C (10 K/min)	2,6 % → 40 %	-

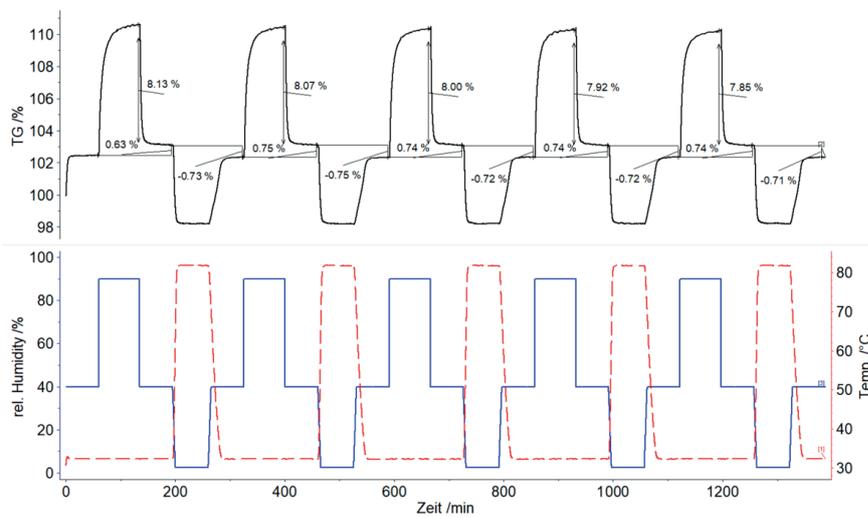


3 TG-Ergebnis in Abhängigkeit des Temperaturprogramms sowie der relativen Feuchte für die Stoffmaskenprobe (schwarz) und der FFP2-Maske (grün); die Temperatur ist in Rot und die relative Feuchte in Blau dargestellt.

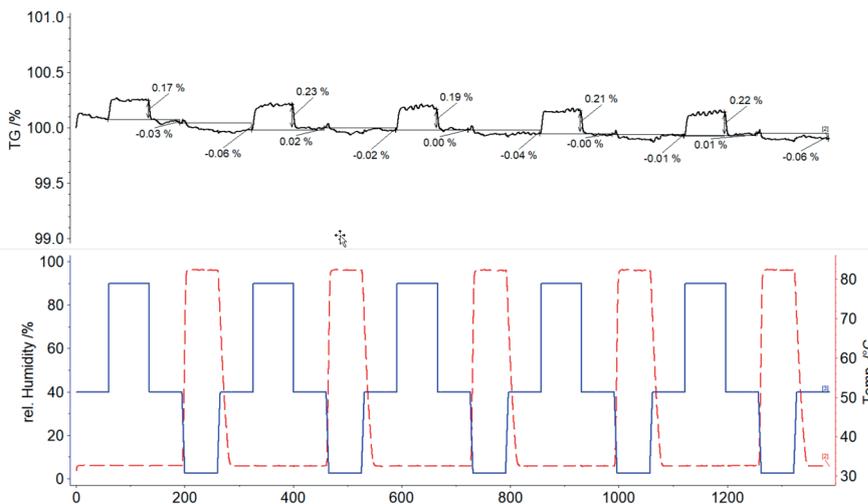
APPLICATIONNOTE Mund-Nasen-Schutz-Materialien unter dem Einfluss von Feuchtigkeit

Bei detaillierter Betrachtung der TG-Ergebnisse der Stoffmaskenprobe (Abbildung 4) lässt sich infolge der Erhöhung der relativen Feuchtigkeit von 40 % auf 90 % bei 32 °C eine Massenzunahme von durchschnittlich 8 % detektieren. Dies ist auf die Adsorption des Wassers durch die Probe zurückzuführen. Bei der anschließenden Verringerung der relativen Feuchte auf 40 % bleibt eine Restbelastung von bis zu 0,75 % zurück. Erst durch die Temperaturerhöhung auf 80 °C wird die verbleibende Feuchtigkeit wieder komplett abgegeben. Dieses Absorptions- und Desorptionsverhalten der Stoffmaskenprobe für die durchgeführten 5 Zyklen ist wiederholbar und reversibel.

Im Vergleich dazu ist in Abbildung 5 die erhaltene TG-Kurve der Probe der FFP2-Maske dargestellt. Wie bereits die Stoffmaske zeigt auch dieses Material eine Massenzunahme, sobald der relative Feuchtegehalt bei 32 °C auf 80 % erhöht wird. Jedoch ist die Massenzunahme signifikant geringer und liegt nur bei etwa 0,2 %. Die Verringerung des relativen Feuchtegehalts auf 40 % sorgt für die vollständige Abgabe der absorbierten Feuchtigkeit. Eine Restbelastung lässt sich für die Probe der FFP2-Maske im Gegensatz zur Stoffmaske nicht eindeutig detektieren. Infolgedessen sorgt auch die Temperaturerhöhung auf 80 °C für keine weitere signifikante Massenänderung.



4 TG-Ergebnis für die Probe präpariert aus der Stoffmaske (schwarz); die Temperature ist in Rot und die relative Feuchte in Blau dargestellt.



5 TG-Ergebnis für die Probe präpariert aus der FFP2-Maske (schwarz); die Temperature ist in Rot und die relative Feuchte in Blau dargestellt.

Zusammenfassung

Die Kopplung einer STA 449 **F3 Jupiter**® mit Kupferofen an einen Feuchtegenerator bietet die Möglichkeit, detaillierte Einblicke in die Massenänderung unterschiedlichster Proben in Abhängigkeit von variablen Feuchtegehalten zu erhalten. Während des Tragens eines Mund-Nasen-Schutzes wird dieser ständig der feuchten Expirationsluft ausgesetzt. Durch die Untersuchung der Massenänderung bei unterschiedlichen Feuchtegehalten lassen sich Aussagen über die Aufnahmefähigkeit bzw. Restbeladung von Feuchtigkeit der einzelnen Maskenmaterialien treffen. Die Ergebnisse lassen deutlich erkennen, dass die Stoffmaske gegenüber der FFP2-Maske signifikant höhere Mengen an Feuchtigkeit aufnimmt und eine Restbeladung nach Verringerung des Feuchtegehaltes aufzeigt. Die geringe Beladung der FFP2-Maske lässt sich möglicherweise durch die unterschiedlichen Schichten sowie der dort eingesetzten Materialien der FFP2-Masken erklären. Möglicherweise besitzen die einzelnen Schichten unterschiedliche Eigenschaften bezüglich der Reaktion mit Feuchtigkeit. Diese Charakterisierung bedarf jedoch weiterer Untersuchungen.

Die Probe der Stoffmaske zeigt eine stärkere Durchfeuchtung, die erst bei erhöhter Lagerungstemperatur vollständig abgegeben wird. Die Temperaturbehandlung bei 80 °C sorgt daher für die vollständige Trocknung der Stoffmaske und verhindert zudem die Ausbreitung von Bakterien und/oder Pilzen innerhalb des Gewebes.

Literaturverzeichnis

- [1] G. Liljestrand, A.V. Sahlstedt; Temperatur und Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft, Acta Physiologica, Band 46, Ausgabe 1, 1925, 94-120
- [2] M. Benboubker, B. Oumokhtar et al., Covid-19 respiratory protection: the filtration efficiency assessment of decontaminated FFP2 masks responding to associated shortages, medRxiv 2021.01.18.21249976; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.01.18.21249976>
- [3] DGUV Regel 112-190 Benutzung von Atemschutzgeräten; <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/1011> (besucht am 26.01.2022)
- [4] „Möglichkeiten und Grenzen der eigenverantwortlichen Wiederverwendung von FFP2-Masken für den Privatgebrauch im Rahmen einer epidemischen Lage“, Herausgeber: Team „Wiederverwendung von FFP2-Masken“, Fachbereich Gesundheit, FH Münster