

Neuburger Kieselerde verbessert die Leistung von PE-Gewächshausfolien

## Reiche Ernte durch passende Erde

Die Folien von Gewächshäusern sollen durchlässig für sichtbares Licht sein und gleichzeitig Infrarotstrahlung im Gewächshaus halten. Letzteres lässt sich mit reinen PE-Folien nur unvollständig umsetzen. Mithilfe von passenden Füllstoffen erreichen die Folien jedoch eine hohe IR-Barriere. Wie gut deren Leistung ist, hängt dabei stark von der Korngröße der Zusatzstoffe ab, wie Versuche mit Neuburger Kieselerde zeigen.

Die Folien müssen die Photosynthese fördern und gleichzeitig Wärme in den Gewächshäusern halten.

© Adobe Stock; Kasparart



**G**ewächshäuser schaffen ein optimales Klima für das Pflanzenwachstum und ermöglichen eine frühere Ernte sowie längere Wachstumsphasen. Um das zu erreichen, sollte die Lichtdurchlässigkeit der verwendeten Folien im photosynthetisch aktiven Bereich (PAR) möglichst hoch sein. Im Infrarotbereich (IR) ist hingegen eine gute thermische Barrierewirkung gewünscht.

Die Sonnenstrahlung liefert Strahlung von 290 nm (UV-Bereich) über den sichtbaren bis hin zum nahen Infrarotbereich (ca. 3000 nm). Der spektrale Bereich von 380 - 720 nm entspricht dem sichtbaren Anteil. Er wird von den Pflanzen zur Photosynthese genutzt. Die entsprechende Strahlung wird deshalb auch als photosynthetisch aktive Strahlung (PAR, photosynthetically active radiation) bezeichnet. In Messungen wird dabei jedoch häufig nur der Bereich von 400 - 700 nm betrachtet.

Der zweite wichtige spektrale Bereich für Gewächshäuser liegt im Mittelinfrarotbereich von 7 - 13  $\mu\text{m}$ . Dieser Wellenlängenbereich repräsentiert die Wärmeabstrahlung des Erdbodens, auch als terrestrische Ausstrahlung bezeichnet. Sie wird in die Atmosphäre abgestrahlt und geht insbesondere in der Nacht verloren. Diese Verluste kann eine Folie aus Polyethylen (PE) nicht vermeiden, da sie in dem relevanten Wellenlängenbereich weitgehend transparent für IR-Strahlung ist. Eine Verbesserung bringt etwa der Vinylacetatanteil im Copolymer PE-EVA. Deutlich bessere Ergebnisse lassen sich jedoch durch mineralische Zusätze mit IR-Barriere erreichen.

### *IR-Barriere durch Neuburger Kieselerde*

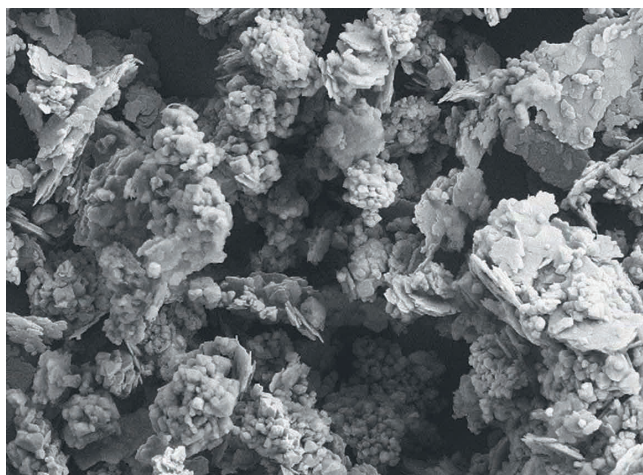
Feinteilige mineralische Füllstoffe werden als Additive eingesetzt, um gezielt die Transmission im IR-Bereich der Folie zu verringern und dadurch das Wärmerück-

haltevermögen zu verbessern. Wichtig ist dabei, dass sie die Transmission im PAR nicht merklich reduzieren. Das Unternehmen Hoffmann Mineral hat in einer Studie untersucht, inwiefern sich Neuburger Kieselerde als IR-Absorber für Gewächshausfolien eignet. Geblasene Folien aus PE-LD (Polyethylen low density) beziehungsweise PE-EVA mit Neuburger Kieselerde wurden dafür im Hinblick auf ihre optischen Eigenschaften und die Transmissionen im PAR- und IR-Bereich untersucht. Außerdem wurde der IR-Wirkungsgrad im Vergleich zu ungefüllten Folien ohne IR-Absorber analysiert.

Neuburger Kieselerde ist ein natürlich entstandenes Gemisch aus korpuskularer Neuburger Kieselsäure und lamellarem Kaolin; ein loses Haufwerk, das durch physikalische Methoden nicht zu trennen ist. Der Kieselsäureanteil weist eine runde Kornform auf und besteht

**Bild 1.** Neuburger Kieselerde kommt bereits seit Langem als Füllstoff für Kunststoffe für verschiedene Anwendungen wie Schläuche, Bodenbeläge und Beschichtungen zum Einsatz.

© Hoffmann Mineral



aus circa 200 nm großen, aggregierten Primärpartikeln (**Bild 1**).

Für die Untersuchungen wurden zwei Füllstoffvarianten verwendet. Sillitin V 88 (Farbwerte L\* 94; a\* 0,1; b\* 3,8) und Sillitin Z 89 puriss (Farbwerte L\* 94, a\* 0,1, b\* 4,0) sind beides relativ farbneutrale Vertreter der Neuburger Kieselerde. Sillitin V 88 ist eine gröbere Variante (Korngröße d50: 4,0 µm; d97: 18 µm), Sillitin Z 89 puriss (Korngröße d50: 1,9 µm; d97: 9,0 µm) eine feinere Type mit besonders guter Dispergierbarkeit.

Neben dem Polymer und dem Füllstoff enthielten die untersuchten Folien noch ein Antioxidans und Calciumstearat als Stabilisatoren in praxisüblicher Dosierung. Der Rezepturaufbau war für beide Folientypen gleich:

- 92,1 % Polymer
- 7,5 % Füllstoff
- 0,2 % Calciumstearat
- 0,2 % Antioxidans

Aus den Compounds wurden geblasene Monofolien mit einer Dicke von circa

100 µm hergestellt. Als PE-LD-Type kam das für Blasfolienanwendungen geeignete Riblene FM 34 F (Hersteller: Versalis; Dichte: 0,924 g/cm<sup>3</sup>; Schmelzflussindex (MFR): 3,5 g/10 min) zum Einsatz.

### Breitere und gleichmäßigere Lichtstreuung

Die Lichtdurchlässigkeit (Transmission) im Spektralbereich von ca. 400-700 nm ist eine wichtige Eigenschaft für Gewächshausfolien. Dieser Wellenlängenbereich ist wie erwähnt der Teil im Spektrum der Sonnenstrahlung, den Pflanzen für die Photosynthese nutzen. Die Durchlässigkeit in diesem Spektralbereich sollte möglichst hoch sein. Zusätzlich dazu ist die Unterscheidung zwischen direktem und indirektem oder diffusem Licht wichtig. Zu viel direktes Licht ist vor allem in Regionen mit starker Sonneneinstrahlung schädlich für das Pflanzenwachstum. Mineralische Füllstoffe bewirken eine breitere und

gleichmäßige Lichtstreuung, was einen positiven Einfluss auf den Pflanzenwuchs hat.

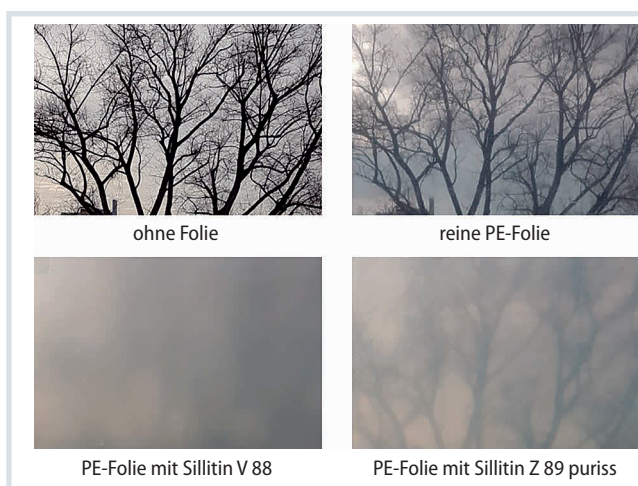
Erwartbar zeigt die Folie ohne Füllstoff die höchste Gesamttransmission. Durch die Zugabe von Füllstoff verringert sich die Lichtdurchlässigkeit jedoch nur wenig. Mit dem feinen Füllstoff Sillitin Z 89 puriss ist die Einbuße etwas geringer als mit dem gröberen Sillitin V 88. Die Folie ohne Füllstoff erzeugt einen diffusen Anteil von etwa 8 %. Durch die feine Füllstofftype Sillitin Z 89 puriss steigt der Anteil auf circa 28 %. Das gröbere Sillitin V 88 erreicht mit ungefähr 32 % den höchsten diffusen Anteil und damit die stärkste Lichtstreuung.

### Partikelgröße beeinflusst Trübung und den optischen Eindruck

Die Trübung (Haze) der Folie verhält sich ähnlich dem diffusen Transmissionsanteil. Während die Folie ohne Füllstoff mit einem Haze-Wert von 10 % erwartungsgemäß relativ klar ist, nimmt die Trübung bei Zugabe von Füllstoffen stark zu. Die feineren Füllstoffpartikel von Sillitin Z 89 puriss erzeugen dabei mit 35,8 % eine geringere Trübung als die größeren Partikel von Sillitin V 88 mit 42,9 %.

Der optische Eindruck der PE-LD-Folien passt gut zu den gemessenen Haze-Werten. Wird dasselbe Motiv durch die Folien betrachtet, ergibt sich bei den gefüllten Folien mit Sillitin Z 89 puriss das »

**Bild 2.** Durch Zugabe der Füllstoffe werden die PE-LD-Folien deutlich milchiger. Je größer die Partikel der Neuburger Kieselerde, desto milchiger wirkt die Folie. © Hoffmann Mineral



## Info

### Text

**Siegfried Heckl** ist Area Sales Manager bei Hoffmann Mineral; [siegfried.heckl@hoffmann-mineral.com](mailto:siegfried.heckl@hoffmann-mineral.com)  
**Petra Zehnder** arbeitet in der Anwendungstechnik bei Hoffmann Mineral.  
**Hubert Oggermüller** leitet die Anwendungstechnik bei Hoffmann Mineral.

### Service

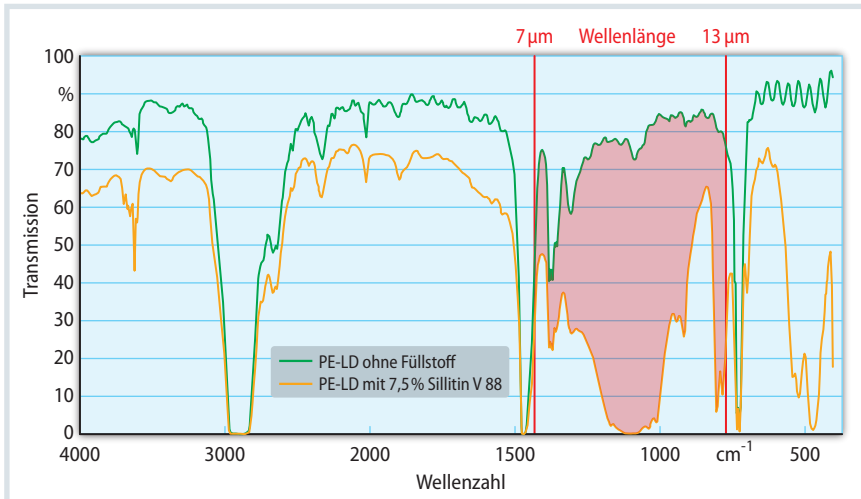
Weitere Informationen unter:  
[www.hoffmann-mineral.de](http://www.hoffmann-mineral.de)

### Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter  
[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

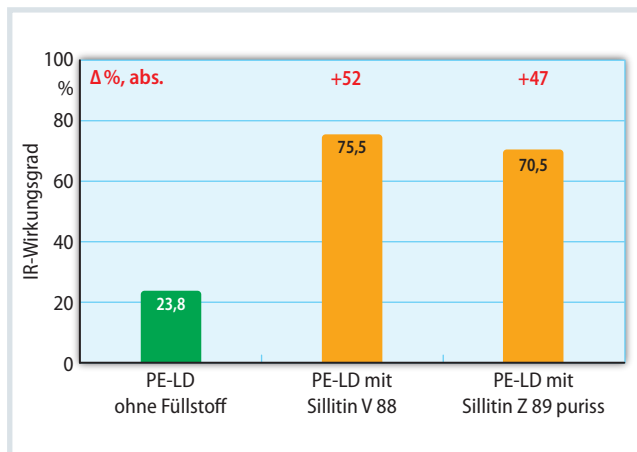
### English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Transmissionskurve der mineralgefüllten Folie im Vergleich zur ungefüllten Folie: Die Differenzfläche im relevanten Bereich ist in Rot dargestellt und verdeutlicht die durch den Füllstoff erzielten IR-Barriereeigenschaften. Quelle: Hoffmann Mineral; Grafik: © Hanser

**Bild 4.** Der IR-Wirkungsgrad der Folien steigt durch Zugabe der Neuburger Kieselerde deutlich an. Je nach Füllstoff ist er 47 bis 52 % höher. Quelle: Hoffmann Mineral; Grafik: © Hanser



klarste Bild, wogegen Sillitin V 88 das milchigste Bild bewirkt. Das liegt an der Partikelgröße der eingesetzten Füllstoffe. Größere Partikel erzeugen eine stärkere Lichtstreuung und die Folie erscheint milchiger als mit den feineren Partikeln (**Bild 2**).

Der Glanz wurde bei einem Einfallswinkel von 45° bestimmt. Er fällt durch die Füllstoffzugabe um etwa 30 Glanzeinheiten. Die Folien mit Füllstoff sind matter als die Folie ohne Füllstoff. Dabei erreicht Sillitin Z 89 puriss den höheren Glanzwert mit 36 GU und damit die geringere Mattierungswirkung. Diese korreliert gut mit der geringeren Trübung.

Bei der Transmission im IR-Bereich liegt das besondere Augenmerk auf dem Wellenlängenbereich von 7-13 µm entsprechend den Wellenzahlen von 1430 bis 770 cm<sup>-1</sup>. Dieser Wellenlängenbereich um 10 µm entspricht dem Maximum der von der Erdoberfläche abge-

strahlten Energie (terrestrische Ausstrahlung bei 15 °C bzw. 288 K).

### **IR-Wirkungsgrad steigt um über 50 %**

Die PE-LD-Folie ohne Füllstoff verfügt nur über eine geringe Sperrwirkung gegenüber IR-Strahlung im relevanten Wellenlängenbereich. Sillitin V 88 reduziert im Vergleich zur ungefüllten Folie die Durchlässigkeit im nahen und mittleren Infrarotbereich signifikant (**Bild 3**). Auch mit Sillitin Z 89 puriss kann eine deutliche Sperrwirkung gegenüber IR-Strahlung festgestellt werden. Gegenüber Sillitin V 88 erhöht Sillitin Z 89 puriss jedoch die Sperrwirkung im eher kurzwelligen Bereich von < 9 µm. Das liegt an der feineren Korngröße des Füllstoffs.

Der IR-Wirkungsgrad gemäß der Norm DIN EN 13206 ist der prozentuale Anteil, der im relevanten Wellenlängenbereich von 1430 bis 770 cm<sup>-1</sup> durch die

Folie ausgesperrt wird. Im Gegensatz zur reinen PE-Folie mit einem Wirkungsgrad von nur 24 % liegt die Sperrwirkung durch den mineralischen Füllstoff bei 70-75 %. Die Folien mit Füllstoff haben damit ein wesentlich höheres thermisches Rückhaltevermögen.

Gegenüber der reinen PE-Folie ergibt sich eine Verbesserung des IR-Wirkungsgrads um circa 47 % durch das feine Produkt Sillitin Z 89 puriss beziehungsweise um etwa 52 % mit dem gröberen Sillitin V 88 (**Bild 4**). Das Material verfügt somit über die größte Barrierewirkung gegenüber Infrarotstrahlung, was entsprechend zu dem geringsten thermischen Verlust führt. Grundsätzlich wäre mit einer höheren Foliendicke oder Mineralkonzentration noch eine weitere Steigerung des IR-Wirkungsgrads möglich.

### **Ergänzen sich PE-EVA und Neuburger Kieselerde?**

Für die Folien aus PE-EVA wurde das für Blasfolien geeignete Polymer Escorene Ultra FL 00909 (Hersteller: ExxonMobil; Dichte: 0,928 g/cm<sup>3</sup>; MFR: 9 g/10 min; Vinylacetatgehalt: 9,4 Gew.-%) verwendet. Analog zu den Ergebnissen der PE-LD-Folie zeigt die PE-EVA-Folie ohne Füllstoff die höchste Gesamttransmission. Die Lichtdurchlässigkeit wird durch die Zugabe von Füllstoffen nur wenig verringert, wobei sich auch in diesem Fall durch die feinere Type Sillitin Z 89 puriss die geringeren Einbußen ergeben. Der diffuse Anteil steigt von etwa 3 % bei der ungefüllten Folie auf circa 30 % mit dem feinen Füllstoff. Auch in der PE-EVA-Folie erzeugt das gröbere Sillitin V 88 mit ungefähr 35 % den höchsten diffusen Anteil und damit die stärkste Lichtstreuung.

Die Folie ohne Füllstoff ist mit einem Haze-Wert von nur etwa 4 % erwartungsgemäß klar. Die Trübung nimmt durch die Zugabe der Füllstoffe stark zu, wobei wiederum die feineren Füllstoffpartikel von Sillitin Z 89 puriss mit 36,6 % weniger Trübung erzeugen als die größeren Partikel von Sillitin V 88 mit 43,4 %.

Bei den PE-EVA-Folien entspricht der optische Eindruck in etwa den Erwartungen aufgrund der gemessenen Haze-Werte. Von den Folien mit Füllstoff zeigt wieder die Folie mit Sillitin Z 89 puriss

das klarste und die Folie mit Sillitin V 88 das milchigste Erscheinungsbild (Bild 5). Der Glanz bei 45°-Einfallswinkel fällt durch die Füllstoffzugabe um ungefähr 20-30 Glanzeinheiten. Die Folien mit Füllstoff sind matter als die Folie ohne Füllstoff.

**Über 80 % IR-Wirkungsgrad**

Bereits die ungefüllte PE-EVA-Folie besitzt typischerweise eine gewisse Sperrwirkung im relevanten IR-Bereich von 7 - 13 µm. Die Füllstoffzugabe erhöht die Barriereigenschaften der Folie noch einmal deutlich (Bild 6). Ebenso wie bei der PE-LD-Folie reduziert das feinteilige Sillitin Z 89 puriss im Vergleich zum größeren Sillitin V 88 die Transmission verstärkt im Bereich von < 9 µm.

Der IR-Wirkungsgrad der reinen PE-EVA-Folie liegt bereits bei ungefähr 50 %. Er kann durch die Füllstoffzugabe auf etwa 80-85 % verbessert werden. Gegenüber der ungefüllten Folie steigt der IR-Wirkungsgrad um circa 30 % durch den feineren Füllstoff und um ungefähr 35 % mit dem größeren (Bild 7). Sillitin V 88 zeigt somit die größte Barrierewirkung gegenüber Infrarotstrahlung und entsprechend den geringsten thermischen Verlust. Grundsätzlich wäre an der Stelle ebenfalls mit einer höheren Foliendicke oder Mineralkonzentration noch eine weitere Steigerung des IR-Wirkungsgrads möglich.

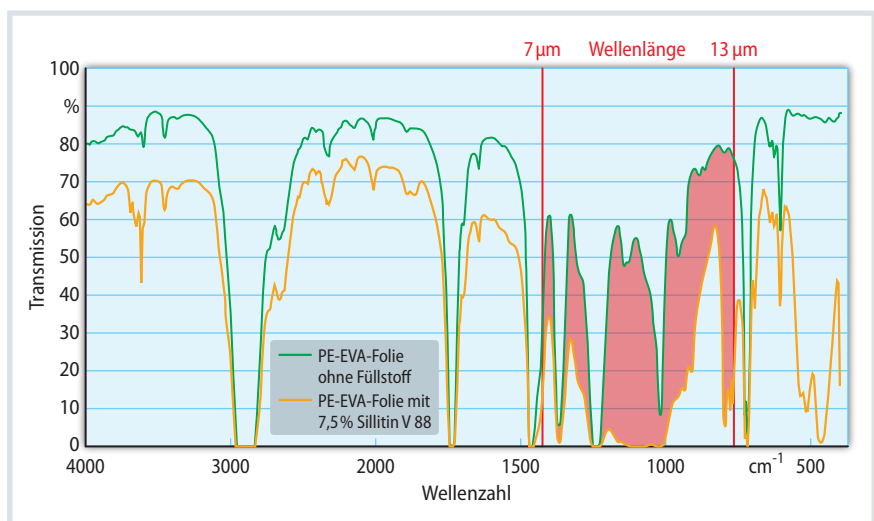
**Fazit**

Neuburger Kieselerde eignet sich als IR-Absorber für Gewächshausfolien basierend auf sowohl PE als auch PE-EVA. Gegenüber ungefüllten Folien wird die Lichtstreuung bei nahezu unveränderter Gesamttransmission im photosynthetisch aktiven Wellenlängenbereich deutlich verstärkt, was sich positiv auf das Pflanzenwachstum auswirkt. Zusätzlich wird der IR-Wirkungsgrad signifikant erhöht und somit der thermische Verlust deutlich verringert.

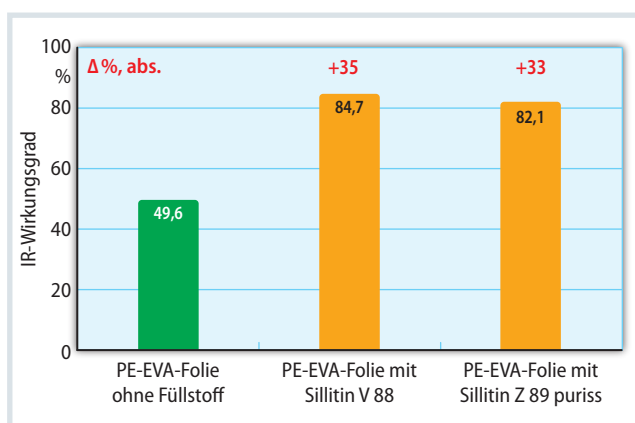
Die zwei geprüften Produkte aus der Reihe der Neuburger Kieselerde unterscheiden sich dabei geringfügig. Das feinere Sillitin Z 89 puriss ergibt eine gute Lichtstreuung und IR-Barriere bei gleichzeitig geringerer optischer Trü-



**Bild 5.** Die Füllstoffe sorgen bei PE-EVA-Folien ebenfalls für ein milchigeres Erscheinungsbild. Auch bei diesen hängt das Erscheinungsbild und die Trübung von der Größe der Füllstoffpartikel ab.  
© Hoffmann Mineral



**Bild 6.** Vergleich der mineralgefüllten PE-EVA-Folie und der ungefüllten Folie: Auch bei diesen Folien kommt es durch Neuburger Kieselerde zu einer deutlichen Steigerung der IR-Barriereigenschaften. Quelle: Hoffmann Mineral; Grafik: © Hanser



**Bild 7.** Der IR-Wirkungsgrad erreicht bei PE-EVA-Folien Werte von über 80 %. Die Steigerung fällt wegen dem bereits im ungefüllten Zustand höheren Wirkungsgrad jedoch geringer aus als bei PE-LD-Folien.  
Quelle: Hoffmann Mineral; Grafik: © Hanser

bung. Der Füllstoff mit den größeren Partikeln Sillitin V 88 erzeugt die stärkste Lichtstreuung und höchste IR-Barriere, weist aber auch eine höhere optische Trübung auf.

Andere Modifikationen von Neuburger Kieselerde bieten das Potenzial zur

weiteren Optimierung von Gewächshausfolien. Mit speziellen Additiven oberflächenbehandelte Produkte dürften sich beispielsweise positiv auf eine verlängerte Lebensdauer und verbesserte Witterungsbeständigkeit der Folien auswirken. ■