



Polyethylenfolien für die unterschiedlichsten Agraranwendungen im Außenbereich müssen spezifisch stabilisiert werden (Bilder: Songwon)

UV-Stabilisatoren.

Agrarfolien aus Polyethylen kommen im Freien in den unterschiedlichsten Anwendungen zum Einsatz. Dabei wird ihre Haltbarkeit durch Düngemittel oder andere äußere Einflüsse beeinträchtigt. Eine maßgeschneiderte UV-Stabilisierung kann dies verhindern.

Langes Leben für PE-Folien

**KLAUS KECK
HEEJUNG KWON**

Der Begriff „Plasticulture“ bezeichnet den Einsatz von Kunststoffen in Anwendungen der Landwirtschaft, des Gartenbaus und der Wasserwirtschaft zu Zwecken wie der Beschleunigung des Pflanzenwachstums sowie der quantitativen und qualitativen Steigerung der Ernte. Verschiedene Arten von Kunststoffen (z. B. PE, PVC, PP und PUR) kommen in den unterschiedlichsten Endprodukten zum Einsatz. Diese reichen von sehr dünnen bis relativ dickwandigen Produkten, z. B. Vliesstoffe, Netze, Mulch- und Silagefolien, Niedertunnel- und Gewächshausfolien, Bewässerungsrohre oder Erntelagerbehälter. Daraus ergeben sich sehr unterschiedliche Aufgabenstellungen und Anwendungsprofile.

Am weitesten verbreitet im Bereich Plasticulture sind Polyethylenfolien, ba-

sierend auf PE-LD, PE-LLD und EVA (Titelbild, Bild 1).

Wirkmechanismus von UV-Stabilisatoren

Der Wirkmechanismus der Stabilisierung von Polyethylenfolien ist bestens bekannt [1]. Der Einsatz von HALS (Hindered Amine Light Stabilizers)-Stabilisatoren mit hohem Molekulargewicht ist mit Abstand die effizienteste Weise, um mühelos eine Verlängerung der Lebensdauer jenseits herkömmlicher Landwirtschaftsfolien zu erreichen. Ab einer bestimmten Foliendicke sind Mischungen mit diversen UV-Absorbern ideal. Die Schwelle liegt bei etwa 150 µm.

Die tatsächliche Lebensdauer landwirtschaftlicher Folien im praktischen Einsatz hängt von verschiedenen Faktoren und deren Zusammenspiel ab. Einer der größten Einflüsse ist die mögliche Anwesenheit von Agrochemikalien, die eine gegenläufige Wirkung auf UV-Stabilisatoren haben können. Die prinzipielle Re-



Bild 1. Additivbatches für die UV-Stabilisierung enthalten zu 100 % UV-aktive Systeme aus einer synergetischen Mischung verschiedener Additive

aktion eines einzelnen Stabilisators oder einer Stabilisatorklasse auf den direkten Kontakt mit agrochemischen Stoffen wird vor allem vom Wirkungsmechanismus der Stabilisatorklasse bestimmt. Die Leistungsgrenze des jeweiligen UV-Stabilisatorsystems hängt stark von den gewählten experimentellen Bedingungen und den effektiven Einsatzbedingungen im Feld ab. Daher können die Untersuchungsergebnisse sehr variieren. Außerdem sind verschiedene Synergieeffekte möglich.

Nachfolgend werden konzeptionell die Eignung unterschiedlicher UV-Stabilisatorsysteme sowie deren Vor- und Nachteile skizziert.

Bild 2 zeigt das Konzept des Leistungsprofils (Einsatzfenster) diverser Strategien zur UV-Stabilisierung landwirtschaftlich genutzter Folien. In allen Fällen bezeichnet die Y-Achse die erzielbare UV-Stabilisierung (Lebensdauer/Standzeiten) in Bezug auf eine gegebene Konzentration (und einen bestimmten Einsatzfall). Die X-Achse beschreibt die Intensität der Einwirkung von Agrochemikalien (schwefel- bzw. chlorhaltig). Die Intensität der Einwirkung von Agrochemikalien auf Polyethylenfolien kann – etwa anhand des analysierten Schwefel- oder Chlorgehalts in der Folie – zum Zeitpunkt des funktionellen Versagens (Degeneration) oder am Ende der Standzeit quantifiziert werden. Daher liegt der theoretische Zielraum im rechten oberen Bereich des Diagramms, also dort, wo für die Polyethylenfolie mit einer langen Lebensdauer auch mit einer hohen Einwirkung von Agrochemikalien gerechnet werden muss.

Vier Strategien zur Stabilisierung

Der Einsatz von UV-Stabilisatoren auf Basis von Nickel-Quenchern wird hier nicht spezifisch behandelt, obwohl er auf globaler Ebene immer noch eine wichtige Rolle spielt (oranger Bereich in **Bild 2**).

Der rote Bereich in **Bild 2** zeigt das Leistungsprofil einer Stabilisierung basierend

auf HALS mit hoher Molmasse. Der UV-Stabilisator Songlight 9440 von Songwon Industrial Co. Ltd, Ulsan/ Korea, beispielweise ist ein hochwirksamer UV-Stabilisator, mit dem sich lange Lebenszeiten erzielen lassen. Allerdings zeigt Songlight 9440 eine begrenzte Widerstandsfähigkeit gegenüber schwefel- und chloridhaltigen Agrochemikalien. Um die hohe Wirksamkeit als UV-Stabilisator entfalten zu können, wird beim Einsatz von Songlight 9440 nur eine niedrige Konzentration von Agrochemikalien toleriert. Schon eine moderate chemische Einwirkung führt zu einer signifikanten und steilen Abnahme der erreichbaren

Die Strategie ist aber auch mit erheblichen Nachteilen und Risiken verbunden, darunter eine begrenzte Widerstandsfähigkeit gegenüber Agrochemikalien, geringe Nachhaltigkeit (bei Anstieg der agrochemischen Einwirkung von gering auf moderat), die Notwendigkeit eines Risikomanagements (einschließlich detaillierter Kenntnis des Endkunden) und die Notwendigkeit einer Überstabilisierung (um das Worst Case-Szenario abzudecken).

Der schwarze Bereich in **Bild 2** zeigt eine Stabilisierungsstrategie auf Basis von NOR-HALS (Alkoxyamine-HALS), die ausgezeichnete UV-Stabilität mit guter Widerstandsfähigkeit im Kontakt mit

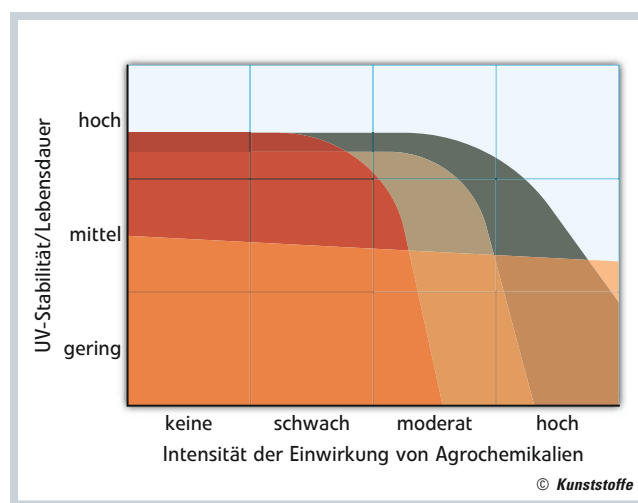


Bild 2. Konzepte für Agrarkulturfolien: Vergleich verschiedener Einsatzfenster

Lebensdauer. Bei stärkerer Einwirkung von Agrochemikalien kann dieser Effekt durch eine höhere Konzentration des Stabilisators verzögert werden.

Allerdings ist diese Strategie angesichts des steilen Abfalls auf der rechten Seite des Diagramms nicht besonders nachhaltig. Mit einem geringfügig stärkeren Einsatz dieser Chemikalien sinkt die Haltbarkeit signifikant bis (sehr wahrscheinlich) unter das Niveau der erwarteten Lebensdauer. Diesem Risiko muss auf andere Weise begegnet werden.

Die prinzipiellen Vorteile der Stabilisierungsstrategie mit Songlight 9440 sind

- ausgezeichnete UV-Stabilität,
- gute thermische Stabilität,
- farblose und transparente Foliengestaltung,
- Potenzial für synergetische Effekte mit mehreren Co-Additiven,
- Kompensation/Verlangsamung der teilweise gegenläufigen Auswirkung von Agrochemikalien durch Erhöhen der Konzentration des Stabilisators und
- kommerzielle Verfügbarkeit (generell).

schwefelhaltigen Agrochemikalien vereinen. Möglichen Unzulänglichkeiten im rechten oberen Bereich des Diagramms kann durch höhere Konzentrationen begegnet werden. Von den hier behandelten Stabilisierungsstrategien stellen NOR-HALS die eleganteste und effektivste Option dar. Ihr technischer Nachteil liegt darin, dass sie für die linke Seite in **Bild 2** überdimensioniert sind, vor allem in Anbetracht der begrenzten industriellen Verfügbarkeit (einschließlich extrem hoher Stabilisierungskosten pro Tonne Polyethylen-Compound).

Die NOR-HALS-Technologie bietet folgende Vorteile:

- ausgezeichnete UV-Stabilität,
- geringe Wechselwirkung oder Interaktion mit (schwefelhaltigen) Agrochemikalien,
- nachhaltige Widerstandsfähigkeit,
- gute thermische Stabilität (der Folie),
- farblose und transparente Foliengestaltung und
- Potenzial für synergetische Effekte mit mehreren Co-Additiven.

Dabei sind Nachteile in Betracht zu ziehen, wie eine Überdimensionierung in →

i Kontakt

Songwon International AG
 CH-8501 Frauenfeld
 Schweiz
 TEL +41 52 635 0000
 → www.songwon.com

verschiedenen Fällen, die begrenzte industrielle Verfügbarkeit (und höhere Kosten) sowie eine eingeschränkte thermische Stabilität (bestimmter Strukturen des Stabilisators).

Der beige Bereich in **Bild 2** zeigt einen anderen Ansatz. Er vereint die Vorteile der hohen Molmasse von HALS mit denen von Co-Additiven, die gezielt zur Reduzierung der gegenläufigen Interaktion mit Agrochemikalien eingesetzt werden (und damit die Schwächen oder das Risiko der rot dargestellten Strategie minimieren). Mögliche Co-Additive sind UV-Stabilisatoren (andere als HALS; auch wenn weniger effektiv) und sich selbst aufopfernde „Fänger“ für aggressive Medien (wie Schwefel, Chloride oder Säuren).

Ein Beispiel für diesen Ansatz ist Songlight XP 8026. Es erweitert die anfänglich hohe UV-Stabilität (vergleichbar mit der von Songlight 9440 oder Songlight 7830) bis über den Bereich der moderaten agrochemischen Einwirkung hinaus. Der Leistungsabfall selbst fällt weniger steil aus. Die Vorteile sind:

- ausgezeichnete UV-Stabilität,

- gute thermische Stabilität,
- farblose Foliengestaltung,
- bewährte Synergieeffekte mit diversen Co-Additiven,
- signifikant höhere Robustheit (im Vergleich zu Songlight 9440 oder Songlight 7830),
- weitestgehende Aufhebung der gegenläufigen Wirkung von Agrochemikalien durch Co-Additive und
- Verfügbarkeit (signifikant besser als bei NOR-HALS).

Dieser Ansatz minimiert die Nachteile eines alleinigen Einsatzes von hochmolekularen HALS. Gleichwohl muss folgenden Aspekten Aufmerksamkeit geschenkt werden:

- geringere Robustheit im Vergleich zu Songsorb 1084 oder NOR-HALS,
- keine transparente Foliengestaltung möglich (zu niedrige Lichtdurchlässigkeit in Gebieten unter 120 kcal/cm² pro Jahr),
- gebunden an eine spezifische physikalische Form sowie
- Risikomanagement notwendig (einschließlich detaillierter Kenntniss des Endkunden).

Spezifische Empfehlungen

Bild 2 gestattet eine klare Positionierung der Stabilisierungsstrategien und der entsprechenden spezifischen Produkte. **Tabelle 1** fasst die daraus abgeleiteten Empfehlungen zusammen.

Bei geringer Anforderung an die Lebensdauer und keiner oder schwacher Einwirkung von Agrochemikalien (beispielsweise bei nicht-landwirtschaftlichen Anwendungen, wie Verpackungsfolien bzw. potenziell kurz genutzten Silage- und Wickelfolien) können alle vier Stabilisierungsstrategien in technischer Hinsicht überzeugen. Aus wirtschaftlichen Gründen werden hier typischerweise hochmolekulare HALS-Lösungen gewählt. Innerhalb dieser Stabilisatorklasse bietet Songlight 7830 das beste Preis-/Leistungsverhältnis, gefolgt von Songlight 9440.

Für hohe Anforderung an die Lebensdauer, verbunden mit keiner oder schwacher agrochemischer Einwirkung (linker oberer Bereich; z. B. Silagefolie) verbleiben nur drei Stabilisierungsstrategien, die auf einer HALS-Lösung als wichtigen Bei-

Anwendungen von PE-Folie		UV-Stabilisatoren											Anmerkungen		
		Basis-AO (durch Polymerisation)	Songnox XP 1061	Songlight 7830	Songlight 9440	Songlight 1190	Songsorb 1084	Songsorb 4821 GR	Songlight XP 8026	Songnox 1085	Songsorb 8100	Songsorb 3600		Songsorb 2908	
Silage	Schwarz	•		×	•										
	Weiß	•		×	•										
Ballen	Schwarz	•		×	•										
	Weiß	•		×	•										
	Grün	•		×	•										
	Andere	•		×	•										
Mulch	Transparent	•	×				•		×						
	Weiß	•	×				•		×						
	CBC (>2%)	•	×			×				×					Co-Additiv
	Silber	•	×				•		×						
	Andere	•	×				•		×						
Gewächshaus	Mittlere Lebensdauer	•	×						×						Hohe Chemikalienbeständigkeit
	Mittlere Lebensdauer	•	×						×				×		Erhöhte thermische Stabilität
	Lange Lebensdauer	•	×			×			•			×			
Tunnel		•							•			×			

• primäre Empfehlung × auch geeignet

Tabelle 1. Empfehlungen zur Stabilisierung von Agrarfolien

trag zur UV-Stabilisierung basieren. Auch aus wirtschaftlichen Gründen ist Songlight 7830 hier die bevorzugte Wahl.

Mulchfolien, die einer relativ intensiven agrochemischen Einwirkung ausgesetzt sind und von denen eine mittlere bis geringe Lebensdauer erwartet wird, sind eher im rechten unteren Bereich zu finden. Hochmolekulare HALS-basierte Stabilisierungsstrategien eignen sich generell nicht so gut, da die vorzeitige Degenerierung der Folie nur mit einer erheblichen Überdosierung vermieden werden kann. Selbst unter guten Verhältnissen ist das Risiko vorzeitiger Ausfälle ziemlich hoch.

Technisch überzeugend und stabil sind Stabilisierungen mit Nickel-Quenchern oder NOR-HALS, die als erste Wahl gelten. Nur dort, wo sich deren Einsatz aufgrund mangelnder industrieller Verfügbarkeit (bzw. unwirtschaftlicher Kosten) oder hinsichtlich des Verdachts der krebs-erzeugenden Wirkung von Nickel-Quenchern verbietet, sollte der Ansatz HALS + Co-Additive in Betracht gezogen werden. Mulchfolie, die einer moderaten agrochemischen Einwirkung ausgesetzt ist, kann jedoch technisch überzeugend mit dem letzten Ansatz, Songlight XP 8026, stabilisiert werden. Um die Haltbarkeit von Mulchfolie generell zu maximieren, empfiehlt sich eine spezifische Nachstabilisierung auf der Basis von Songnox XP 1061. Für schwarze Mulchfolie steht außerdem eine herausragende Stabilisierung auf der Basis von Songnox 1035 zur Verfügung.

Gewächshaus- und Tunnelfolien sind in der Regel einer moderaten Einwirkung von Agrochemikalien ausgesetzt und auf eine Lebensdauer zwischen 12 und 45 Monaten ausgerichtet. Für das untere Ende der Nutzungsdauer (12 Monate bis ca. max. 21 Monate) sind Folien mit Nickel-Quenchern eine Option. In der Tat bietet diese Stabilisierungsstrategie, basierend

auf Songorb 1084, für die genannten Einsatzzeiten einen nachhaltigen Ansatz. Dieser ist verbunden mit dem geringsten Degenerationsrisiko, selbst in Kontakt mit sehr hohen Konzentrationen von Agrochemikalien. Die potenziell fehlende thermische Stabilität kann leicht mit Co-Additiven korrigiert werden. Eine Erhöhung der Lebensdauer über 21 Monate hinaus (mittlere bis hohe Lebensdauer) wird früher oder später nur durch Stabilisierungsstrategien mit NOR-HALS und HALS + Co-Additiven erreicht werden können. Ein weiterer Ansatz, z.B. mit Songlight XP 8026, erscheint wirtschaftlich attraktiv, birgt aber ein höheres Risiko vorzeitiger Ausfälle. Die Stabilisierung für Konditionen wie im oberen rechten Bereich, der eine hohe Lebensdauer und hohe bis sehr hohe Einwirkung von Agrochemikalien repräsentiert, wird nur mit einer Stabilisierung auf NOR-HALS-Basis erreicht werden können [2].

Es sollte beachtet werden, dass nur eine der vier aufgezeigten Stabilisierungsstrategien die technischen Voraussetzungen für alle Einsatzfenster erfüllt, was sie zu einer sehr eleganten und robusten Technologie macht: Das ist die Stabilisierung mit NOR-HALS. Leider – und als konzeptioneller Widerspruch – ist sie für den linken Bereich und insbesondere für den linken unteren Teil der Einsatzfenster in **Bild 2** überdimensioniert, um den Anforderungen des gegenüberliegenden rechten oberen Teils zu genügen. Die wirtschaftliche Tragweite dieser Tatsache sollte nicht unterschätzt werden. Die Schlussfolgerungen sind in den Empfehlungen in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Fazit

Verschiedene Parameter und Additive beeinflussen die Lebensdauer von Agrarfo-

lien aus Polyethylen. Dabei gibt es eine komplexe Wechselwirkung zwischen hocheffizienten UV-Stabilisatoren und Agrochemikalien. Von den vier beschriebenen Stabilisierungsstrategien zeigt jede ein eigenes Anwendungsprofil mit unterschiedlichen Vorteilen, aber auch Nachteilen. Nur eine einzige dieser Strategien, die Stabilisierung auf Basis NOR-HALS, empfiehlt sich im Hinblick auf das gesamte Anforderungsspektrum, wenngleich sie mit dem signifikanten wirtschaftlichen Nachteil von begrenzter Verfügbarkeit und höheren Kosten verbunden ist. Jede Stabilisierungsstrategie besitzt ihre technische Nische, in der sie als beste Wahl erscheint. ■

LITERATUR

- 1 Plastic Additives Handbook; 5. Aufl., 2000; S. 296ff
- 2 Your plus for agricultural plastics – Tinuvin NOR-371; BASF promotion; 2010

DIE AUTOREN

KLAUS KECK arbeitet als Executive Officer Global Applications und Technical Service Group bei Songwon International AG, Frauenfeld/Schweiz.

HEEJUNG KWON arbeitet als Global Lab Koordinator bei Songwon International AG, Frauenfeld/Schweiz.

SUMMARY

LONG LIFE FOR PE FILMS

USE OF UV STABILIZERS. Agricultural films made from polyethylene are used in a variety of outdoor applications. Their durability is affected by fertilizers or other external influences. A tailor-made UV stabilization package can prevent this.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com