



# Corona-Behandlung von PP Cast-Folien in der Praxis

## **Inhalt:**

Begriffsklärungen und Definitionen	Seite 1
Was geschieht bei der Corona-Behandlung?	Seite 4
Rückseiteneffekt, Ursachen und Abhilfe	Seite 6
Neue Edelstahl-Elektroden	Seite 7
Langzeitstabilität der Oberflächenenergie	Seite 9
Ozonproblematik, Statische Aufladung	Seite 10

## Begriffserklärungen und Definitionen

### **Spezifische Energie**

Diese Größe kennzeichnet die Corona-Dosis, der eine Folie ausgesetzt ist. Darin enthalten ist die Arbeitsgeschwindigkeit, Breite und abgesetzte Leistung.

### **Leistungsdichte**

Damit wird die Leistung pro cm Entladelinie spezifiziert. Diese Angabe ist wichtig, um Sättigungseffekte der Entladung zu beurteilen und m.E. als Beurteilungskriterium hinsichtlich thermischer Belastung der Folie in der Corona.

Anhand praktischer Beispiele werden diese Begriffe auf der nächsten Seite verdeutlicht, die im Folgenden immer wieder verwendet werden.



## Was bedeutet „Corona-Dosis“?

Das ist der spezifische Eintrag von elektrischer Energie in die laufende Bahn. Mit dieser Kenngröße ist es möglich, die Zunahme der Oberflächenenergie zu berechnen oder eine Coronabehandlungsanlage für eine bestimmte Aufgabe zu dimensionieren

Beispiel:

### Anlagen- und Prozess-Daten:

Anlagenbreite:	1600 mm
Anzahl zu behandelnde Seiten:	2
Maximale Foliengeschwindigkeit:	100 m/min
Max. Generatorleistung:	4.000 Watt
Art der Elektrode:	Segment mit 3 Sprühstrecken

$$\begin{aligned} \text{Corona dosis} &= \frac{\text{max. Generatorleistung}}{\text{max. Geschwindigkeit} \cdot \text{Breite} \cdot \text{Anz. Seiten}} = \\ &= \frac{4.000}{100 \cdot 1,6 \cdot 2} = 12,5 \text{ W min/m}^2 \end{aligned}$$

## Was bedeutet „Leistungsdichte“?

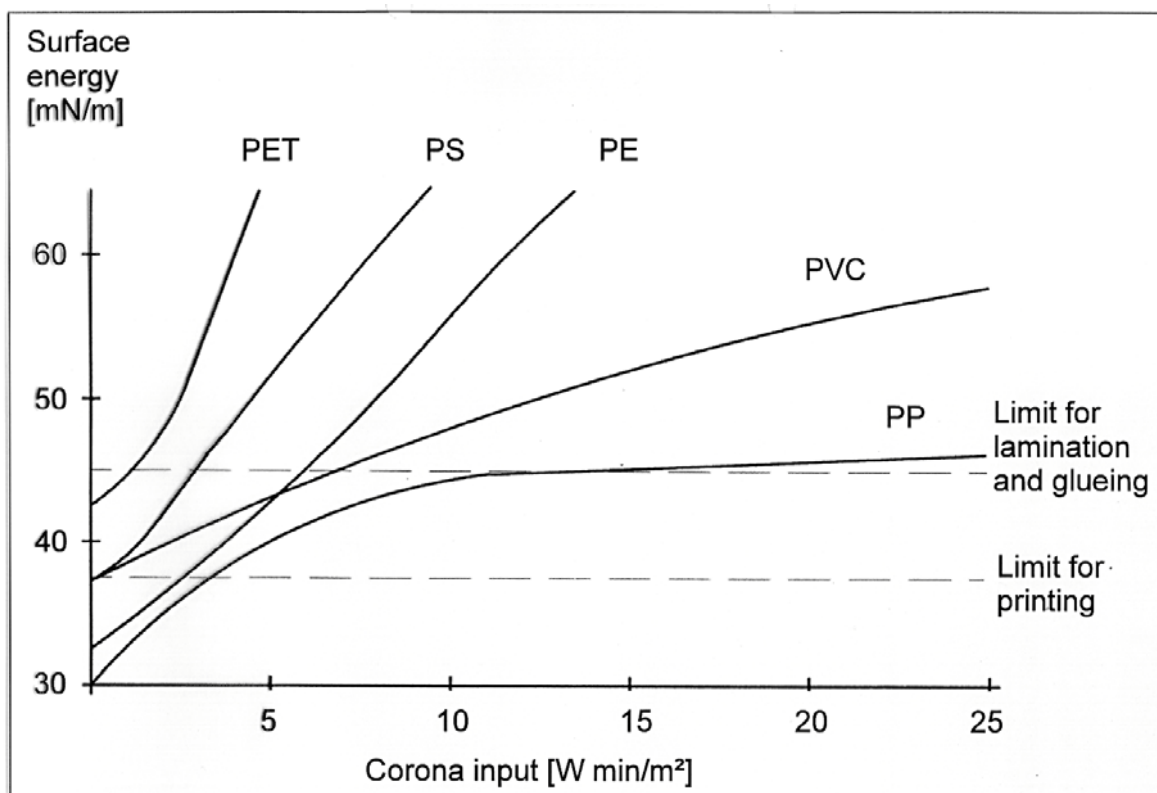
Das ist die spezifische Leistung bezogen auf 10mm Länge einer einzelnen Sprühstrecke. Mit dieser Kenngröße kann die Effektivität einer Entladung beurteilt werden oder eine Behandlungsanlage korrekt für eine bestimmte Behandlungsaufgabe dimensioniert werden.

$$\begin{aligned} \text{Leistungsdichte} &= \frac{\text{max. Generatorleistung}}{\text{Breite} \cdot \text{Anz. Seiten} \cdot \text{Anz. Sprühstrecken}} \\ &= \frac{4.000}{160 \cdot 2 \cdot 3} = 4,17 \text{ W/cm} \end{aligned}$$

## Behandelbarkeit

Nicht alle Folienmaterialien lassen sich gleich gut behandeln. Das folgende Diagramm zeigt die Behandelbarkeit unterschiedlicher Materialien. Sehr eindrucksvoll zeigt sich, warum der Corona-Behandlung von PP eine besondere Rolle zukommt.

Dennoch können diese Kurven nur einen groben Überblick verschaffen. Innerhalb der Klassifizierung PP oder PE gibt es viele verschiedene Rezepturen, deren Behandlungsverhalten stark von deren Zusammensetzung beeinflusst wird. Um Garantien abgeben zu können, muß man entweder exakt bekannte Rohstoffe definieren oder Kundenmaterial im Labor testen.

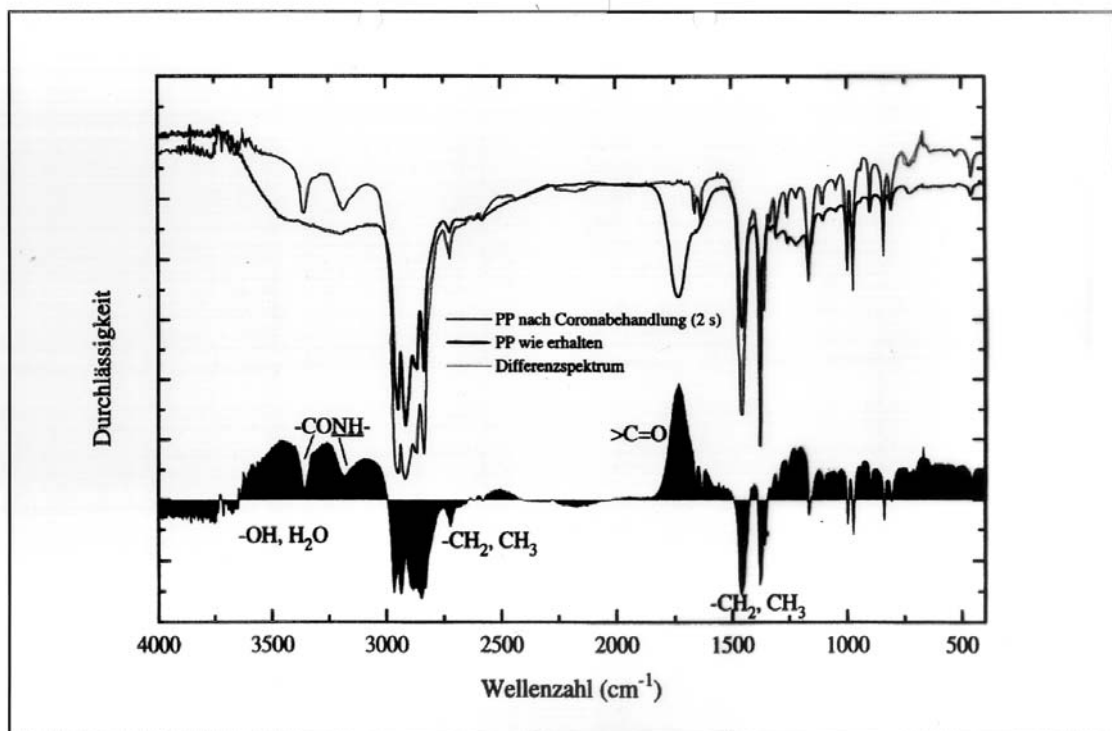


## Treatability of different polymer films

Auch gut zu erkennen ist, warum PET z.B. für das Bedrucken meist nicht behandelt werden muß: Das Niveau der Oberflächenenergie liegt im unbehandelten Zustand bereits deutlich über dem zur Bedruckung notwendigen Wert.

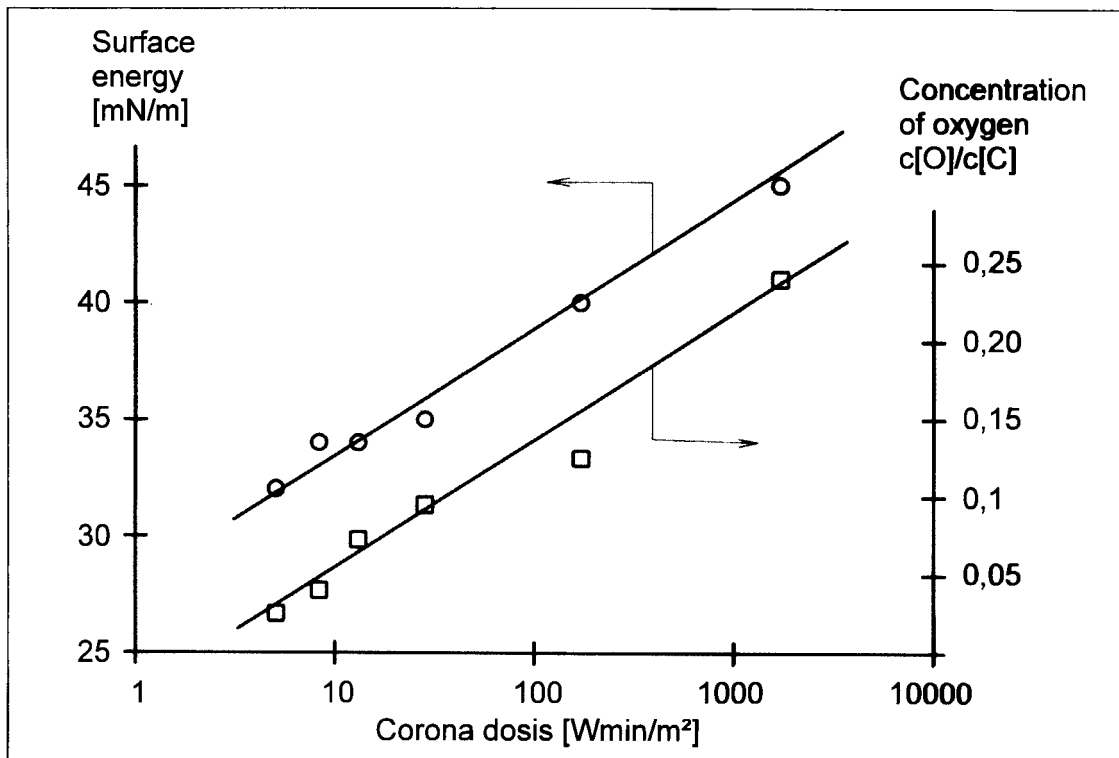
## Was geschieht bei der Corona-Behandlung?

Beim Betrachten des ATR Spektrums von unbehandelter und Corona-behandelter Folie erkennt man im Differenzspektrum, dass etwa bei Wellenzahl 1700 ein neuer Peak entstanden ist, der charakteristisch für eine Kohlenstoff-Sauerstoff Doppelbindung ist. Das legt die Vermutung nahe, dass das Vorhandensein dieser C=O Gruppen (in der Literatur Carbonyl oder Carboxylgruppen genannt) verantwortlich ist für die Benetzbarkeit.



ATR-Spectra of PP before and after Corona treatment, incl. differential spectrum.

Um diese Vermutung zu erhärten, wurde die Sauerstoff-Konzentration im Verhältnis zur Kohlenstoffkonzentration gemessen, und das im Bezug auf die eingebrachte Corona Dosis. Wie sich zeigt, korrelieren die Benetzbarkeit und die C/O Konzentration in weiten Bereichen:



Increase of Oxygen concentration and wettability from corona treatment

Dass die Oxidation vermutlich nur ein Teil einer sehr komplexen Reaktionsvielfalt ist, soll hier nicht verschwiegen werden. Eine Coronabehandlung unter Stickstoff-Atmosphäre, bei welcher eine Oxidation ja weitgehend ausgeschlossen ist, erzeugt ebenfalls eine Erhöhung der Oberflächenenergie, was zeigt, dass auch andere reaktive Gruppen entstehen.



## Rückseiteneffekt, Ursachen und Abhilfe

Grundsätzlich ist Luft zwischen Folie und Walze dafür verantwortlich. Diese Luft wird im Sprühspalt genauso ionisiert wie die Luft auf der Vorderseite. An den Stellen, an denen sich Luft befindet, findet eine Corona-Behandlung der Rückseite statt. Etwas irreführend ist die Bezeichnung „Durchschläge“ für diese Erscheinung. Sie hat sich jedoch weit verbreitet und wird deshalb erwähnt.

Für die Luft hinter der Folie gibt es verschiedene Gründe:

### Venturi-Effekt

Schnell laufende Folien transportieren auf den Ober- und Unterseiten auch Luftmassen mit sich. Diese schieben sich an jeder Umlenkwalze wie ein Keil zwischen Walze und Folie. Das geschieht so auch bei der Coronawalze. Abhilfe schafft eine Anpreßwalze, die die Luft abquetscht. In manchen Fällen kann das Erhöhen des Bahnzuges den selben Effekt bringen. Es muß jedoch sorgfältig abgewogen werden, ob dadurch nicht neue Probleme entstehen können.

### Vertiefungen in der Walzenoberfläche

Die Coronawalzen sind in aller Regel mit speziellem Silikongummi belegt. Dieser Gummi hat nur einen relativ engen elastischen Bereich. Das führt sehr leicht dazu, dass bei mangelnder Sorgfalt während des Einfädels der Folie die Oberfläche der Walzen mit dem Einziehband beschädigt werden. Besonders kritisch ist der Betrieb mit Anpresswalze, wenn Corona- und Anpresswalze nicht absolut sauber sind.

Sind Riefen und Dellen in der Walze sicht- und fühlbar, liegt an diesen Stellen die Folie nicht mehr sauber auf, es bleiben kleine Luftpolster zwischen Walze und Folie und oben genannter Effekt tritt ein. Abhilfe schafft hier nur ein Überarbeiten der Walze; in minder schlimmen Fällen können einmalig 0,2 mm im Durchmesser abgeschliffen werden, ansonsten ist eine Neugummierung notwendig.

### Lokale Überhitzung

Unverstrecktes PP neigt dazu, sich bei zu großer Hitze in der Corona-Entladung zu wellen. Das Muster dieser Wellen sieht typisch folgendermaßen aus: ca. 5 -10mm breite Streifen in Maschinenrichtung, manchmal auch leicht dazu geneigt, ca. 50 -100mm Länge. Abstand dieser Streifen zueinander: 10 - 30mm, in Maschinenrichtung versetzt. Diese Streifen, die ein wenig an Tränen erinnern, sind im ersten Moment nicht sichtbar, doch wenn die Folienoberfläche gegen das Licht betrachtet wird, sind sie zu erkennen. Das Wellen des Materials bedeutet, dass sich die Folie an diesen Stellen von der Walze abhebt, mit den eingangs beschriebenen Folgen. Abhilfe schafft das Kühlen der Behandlungswalze und/oder das Verteilen der Leistung auf eine größere Fläche, um die lokale Erwärmung zu reduzieren. Auch das korrekte Einstellen der Parallelität aller Elektrodenschienen zur Walze bringt manchmal eine Verbesserung.



### Indizien zum Erkennen der Ursachen von Rückseiteneffekt

Symptom: Rückseiteneffekt entsteht schon bei kleinen Leistungen.

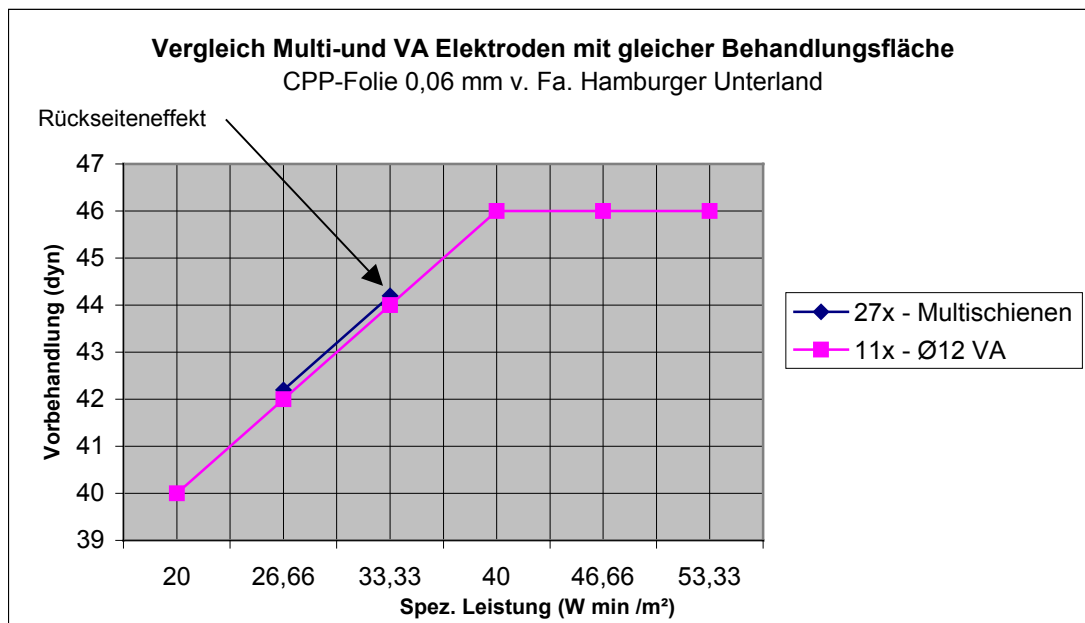
Ursache: Venturi Effekt bringt Luft hinter die Folie, Vertiefungen in der Silikonschicht

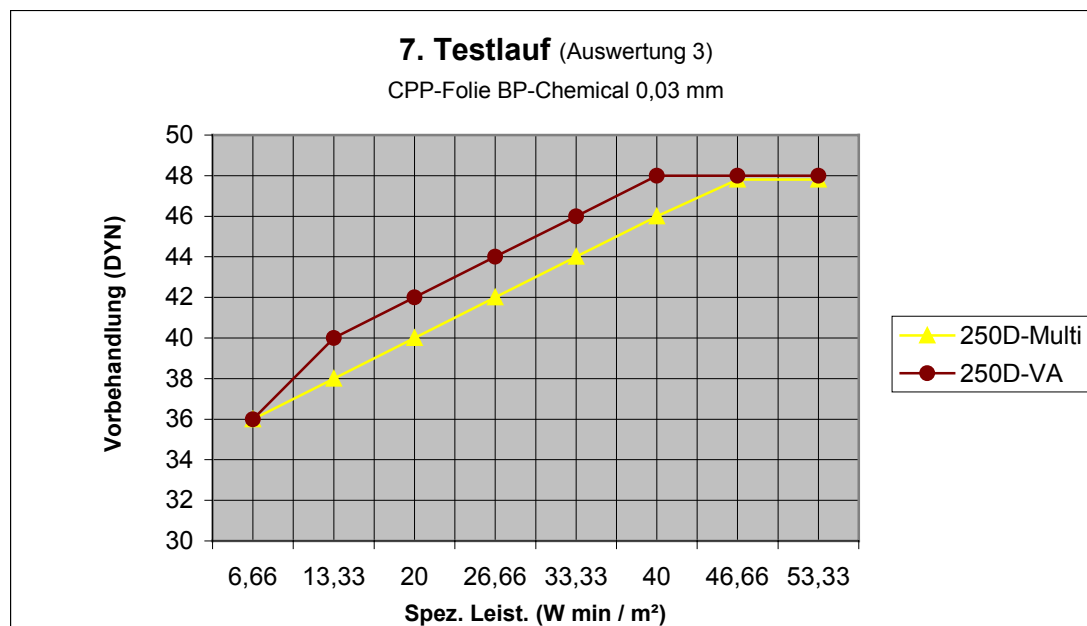
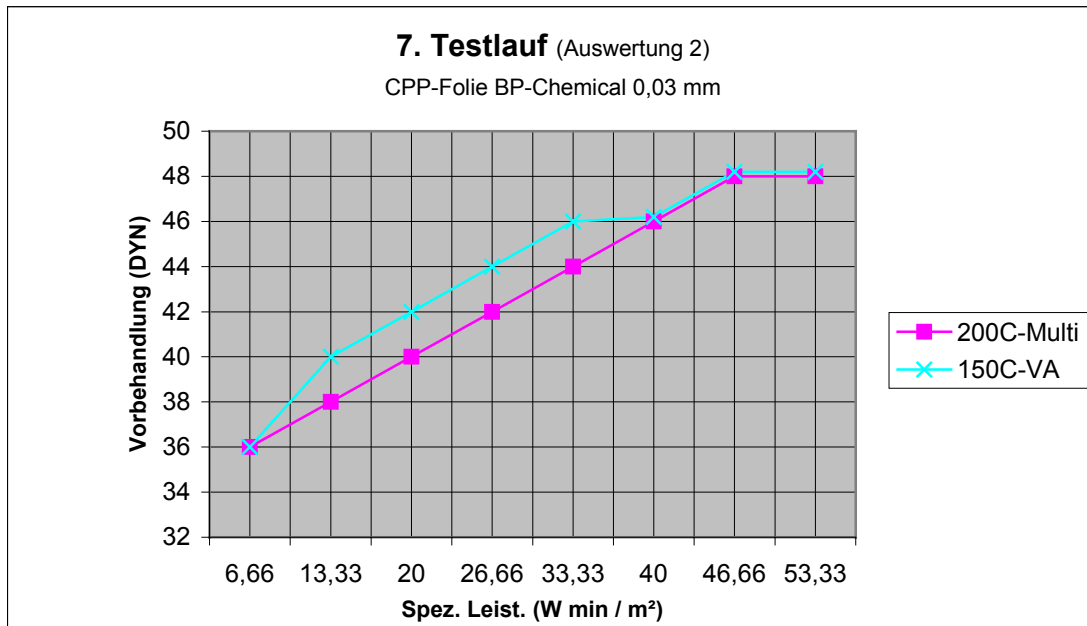
Symptom: Rückseiteneffekt erst ab höheren Leistungen

Ursache: Lokale Überhitzung der Folie, man sieht auch bleibende Deformationen im Film mit Tränenstruktur. Faustregel: bei typischen Bahngeschwindigkeiten bei dünnen Folien: ca. 1W/cm max. bei herkömmlichen Multielektroden, ca. 4W/cm max. mit 12mm VA Rundelektrode

### Neue Edelstahl-Elektroden

VA-Rundelektroden bieten bei der Behandlung von Cast PP Vorteile gegenüber Aluminium Multielektroden: Höhere Behandlungsleistung ohne Rückseiteneffekt, höhere Oberflächenergie bei gleicher spez. Leistung (Wirkungsgrad). Das wird verdeutlicht in folgenden Diagrammen, wo Al-Multi- den VA-Elektroden gegenübergestellt werden.

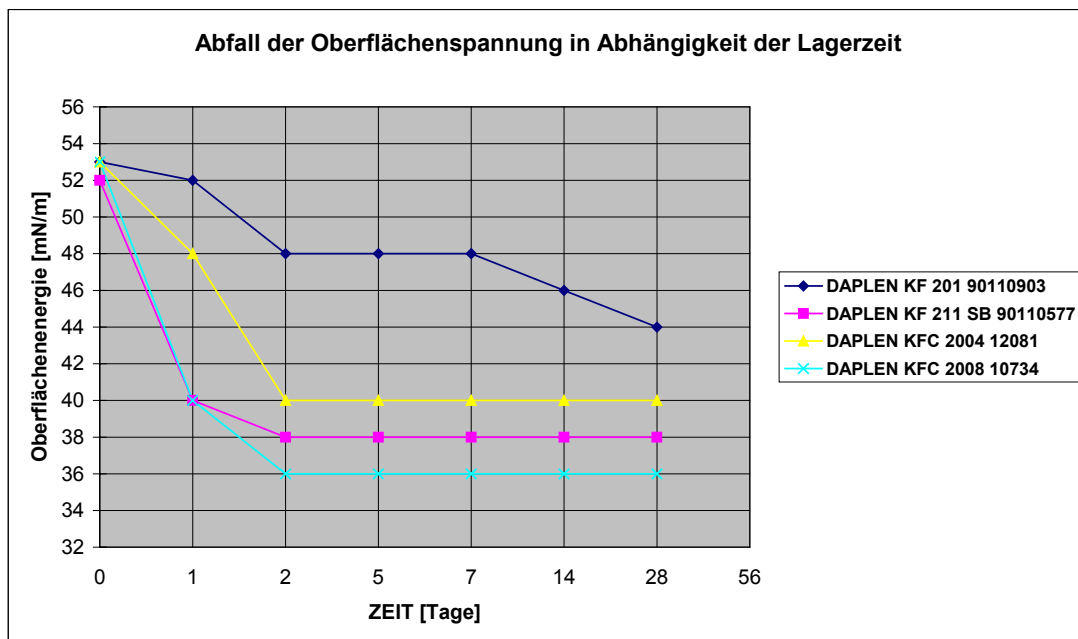






## Langzeitstabilität der Oberflächenenergie

Mitunter drastisch ist der Abbau der Oberflächenenergie über einen Zeitraum von wenigen Tagen. Hier trifft die Corana-Anlage wenig Schuld. Es sind im wesentlichen Materialfaktoren, die das Langzeitverhalten bestimmen. Es sei dabei auf den Untersuchungsbericht von Borealis in der Anlage verwiesen, dessen Ergebnisse untenstehend grafisch zusammengefasst sind:



Anzumerken ist, dass eine allzu breite Verteilung der Leistung (also sehr viele Entladelinien) hinsichtlich Langzeitstabilität nicht vorteilhaft ist, da das Material dabei nur an der obersten Oberfläche „gekitzelt“ wird. Man erreicht so zwar eindrucksvolle Werte, direkt nach der Behandlung gemessen, aber bei kritischen Materialien ist nach wenigen Tagen schon fast nichts mehr meßbar.

In einem solchen Fall läßt sich ein Optimum finden, indem so viele Elektrodenschienen ausgebaut werde (d.h. die Konzentration der Entladung solange gesteigert wird), bis bei der für die Dyn-Zahl notwendigen Leistung gerade noch kein Rückseiteneffekt auftritt.

## Ozonproblematik, Statische Aufladungen

Wie an anderer Stelle bereits erwähnt, führt schnell laufende Folie eine Luftschicht mit sich. Nach der Corona-Elektrode ist diese Luft stark ozonhaltig. Eine besondere Geometrie der Absaugkanäle in der Corona-Elektrode lässt einen kräftigen Sog am Folienauslauf entstehen, um dieses mitwandernde Ozon abzusaugen.

Auffällig ist, dass bei manchen Cast-Anlagen das Ozon nicht restlos von der Folie entfernt wird, trotz eines Soges, der ausreicht, die Folie bei niedriger Bahnspannung anzusaugen. Obwohl die Umgebungsluft der Anlage kein Ozon enthält, zeigen nachfolgende Maschinenteile, speziell in der Nähe von Walzen mitunter Korrosion. Offenbar haftet das Ozon so stark an der Folie, dass es zwar nicht abgesaugt werden kann, aber beim Kontakt mit Umlenkwalzen abgequetscht und frei wird.

Einen Erklärungsansatz liefert die Betrachtung der elektrostatischen Ladungen. Es ist mittlerweile unbestritten, dass die Corona-Entladung starke elektrische Ladungen in die PP-Castfolie einbringt. Dabei handelt es sich nicht um eine einfache Aufladung, wie sie beispielsweise bekannt ist von Ladungstrennung durch Reibungsvorgänge, sondern eher um ein „Einfrieren“ von Ladungen. Oszillografiert man den Elektrodenstrom, sieht man, dass dieser leicht unsymmetrisch ist. Das ließe auf ein bevorzugtes Abfließen von Ladungen *einer* Polarität schließen.

Diese Ladungsträger sitzen so fest auf oder in der Folie, dass sie sich nur schwer entfernen bzw. neutralisieren lassen. Damit kann man die hohe Bindungskraft zwischen Ozonmolekülen und der Folienoberfläche erklären. Zudem sind diese Ladungen dem sauberen Wickeln von PP Cast-Folien sehr schädlich.

Es steht nun ein neuartiges Gerät (siehe Abb. unten) zur Verfügung, in dessen Inneren eine Corona-Entladung erzeugt wird, welche gleichzeitig mit Luft oder einem anderen Gas durchströmt wird. Dieses Gas wird im Entladungsspalt angeregt und steht als sog. Remote-Plasma am Auslass zur Verfügung. Laborversuche mit diesem Plasma-Jet® oder auch Corona-Jet® haben gezeigt, dass damit die starken Ladungen der Folie entfernt werden können. Ein Feldversuch mit einem breiteren Gerät steht jetzt an.

