



# EUROPLASMA NV



## **NIEDERDRUCK- PLASMABESCHICHTUNG VON VLIESSTOFFEN**

**Dipl.-Ing. (TU) Paul Lippens**



## *Überblick*

- 1. Einführung: industrielle Anwendungen von Niederdruck-Plasmatechnologie**
- 2. Niederdruck-Gas -Plasmabehandlung**
- 3. Aufbau von Plasmaanlagen**
- 4. Plasmabeschichtung von Vliesstoffen:**
  - ❖ **Batterieseparatoren in NiMHybrid-Batterien**
  - ❖ **Hydrophobierung von Vliesstoffen zur Anwendung bei der Luftfilterung**
- 5. Kostenanalyse**
- 6. Schlussfolgerungen**



## *1. EINFÜHRUNG.*



## *Einführung: industrielle Plasmaanwendungen*



- ❖ **80-er Jahre: erste industrielle Einsätze von Niederdruckplasmatechnologie**
- ❖ **Anwendungen: Elektronische Leiterplatten; Reinigungs/Ätzfunktion**



## *Einführung: industrielle Plasmaanwendungen*



- ❖ **Kunststoffen allgemein: Aktivierung von Polymeren vor lackieren, bedrucken, verkleben.**
- ❖ **Ersatz von klassischen Vorbehandlungsmethoden (Beflammen, Primen, Nasreinigung).**



## *Einführung: industrielle Plasmaanwendungen*

- ❖ 90-er Jahre: Plasmatechnologie auch für Beschichtungen (Dicke einige nm)
- ❖ Typische Dünnschichten:
  - Polyolefinisch
  - Fluorcarbonbeschichtungen
  - Barrierschichten.
- ❖ Im Vliesstoffbereich: sind schon verschiedene Anwendungen von Plasmabeschichtung in Einsatz



## *2. NIEDERDRUCK-GAS- PLASMABEHANDLUNG*



## *Fysisches Plasma*

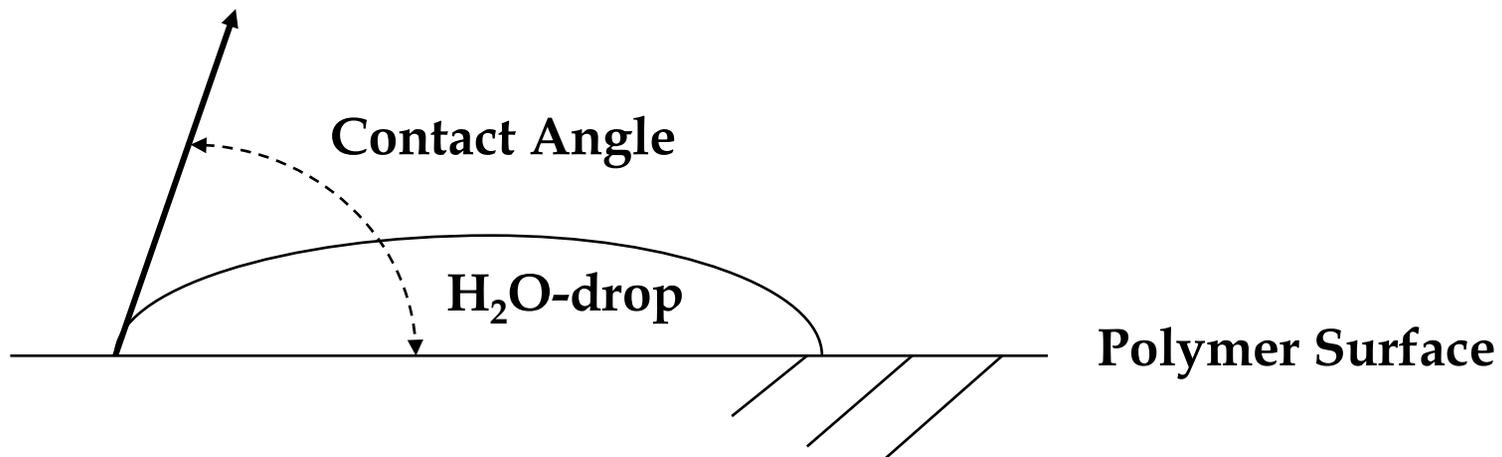
- ❖ Plasma: partiell ionisiertes Gas, enthält:
  - ❖ Atome, Radikale, Moleküle (elektrisch neutral)
  - ❖ Ionen, Elektronen (elektrisch geladen)
- ❖ Wie erzeugen ?
  - ❖ Vakuum, Basisdruck typisch  $2-5 \text{ E-}02$  mbar.
  - ❖ Prozessgas, Druck typisch  $1-5 \text{ E-}01$  mbar.
  - ❖ Zufuhr von Elektromagnetischer Energie (Radiofrequent, 40 kHz oder 13,56 MHz oder Mikrowellenbereich, 2,45 GHz).
- ❖ Bei Aktivierung (z.B. mit Sauerstoff): die neutrale Atome sind die aktive Partikel die mit dem Substrat reagieren.





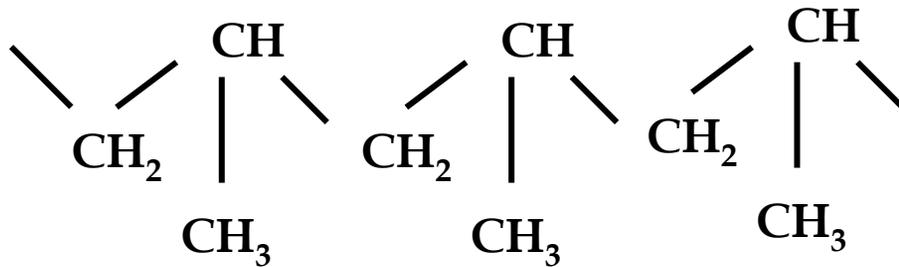
## *Plasmaaktivierung*

- ❖ Plasmabehandlung mit Sauerstoff ( $O_2$ ) erhöht die Oberflächenenergie der meisten Kunststoffen
- ❖ Behandlungszeit typisch 1 bis 10 Minuten
- ❖ Effekt bleibt Tage bis Monate (je nach Polymer)
- ❖ Hohe Oberflächenenergie = niedrige Kontaktwinkel mit Wasser = gute Befeuchtung = gute Haftung von Adhesiven usw.

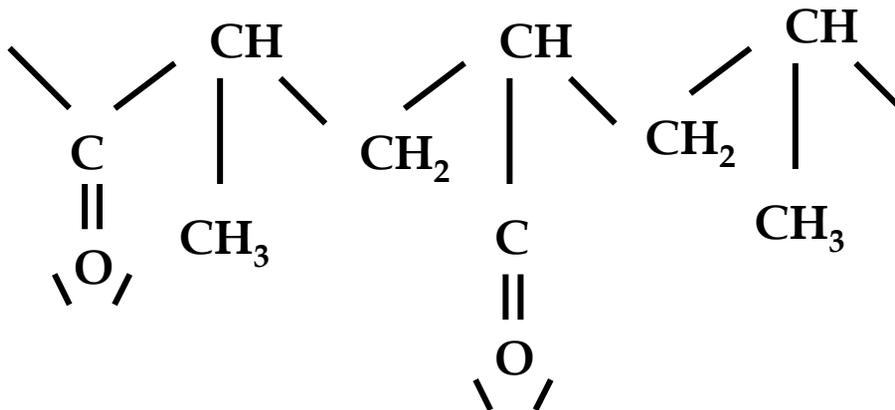




## *Plasmaaktivierung: Beispiel Polypropylen*



Polypropylen BEVOR  
Plasmabehandlung



Polypropylen nach Plasmabehandlung mit O<sub>2</sub>: Carbonyl-Gruppen sind zugefügt worden



## *Plasmaaktivierung in der Vliesstoffindustrie*

- ❖ **PP oder PET Vliesstoffen werden als Bestandteil von Blutentnahmesysteme verwendet (Filter in Blut- oder Plasmabeutel).**
- ❖ **Eine Aktivierung des Vliesstoffs verbessert die Lamination mit Beutelfolien.**





## *Plasmabeschichtung*

- ❖ Plasma-Polymerization von Precursor-Gasen.
- ❖ Die Precursor-Gasen bestimmen die Schichtchemie
- ❖ Die Plasma-Energie:
  - brecht die Precursorgasmolekülen
  - initiiert die Reaktion mit dem Substrat
  - verursacht die Reaktion zwischen Precursorgaskomponenten
- ❖ Typische Schichtdicke: 5 – 20 nm
- ❖ Typische Anwendungen: permanent hydrophile Schichten, hydrophobe/Oleophobe Schichten, Gasbarriereschichten.



## *3. AUFBAU VON PLASMA-ANLAGEN*



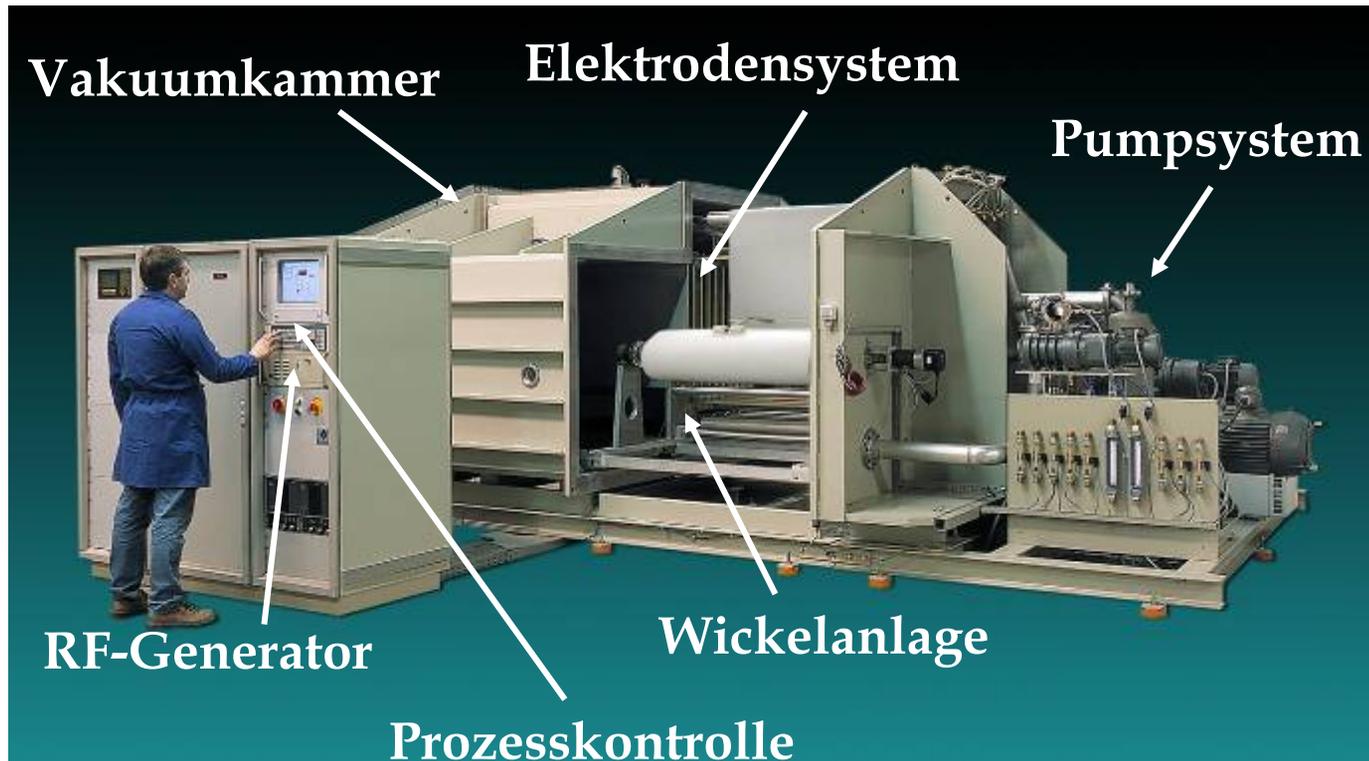
## *Plasmaanlage: Grundaufbau*

- ❖ Vakuumkammer (= Reaktionskammer)
- ❖ Vakuumpumpsystem
- ❖ Prozessgaszuführsystem
- ❖ Druckmesssystem
- ❖ Elektromagnetischer Generator und Elektrodensystem
- ❖ Beladungssystem
- ❖ Prozesskontrolle (PC oder PLC)
  
- ❖ Batchsystem



# EUROPLASMA NV

## Rollbehandlungsanlage für Vliesstoffe: Beladungssystem = Wickelanlage





## *Rollbehandlungsanlagen*

- ❖ Für Vliesstoffe, Textilien, Folien
- ❖ Wickelanlage hängt stark von Substrat ab:
  - unterschiedlich je nach Substratart (Vliesstoffe vs. Folien)
  - Die Rollbreite bestimmt die Anlagengrösse (typisch 0,5 – 2,0 Meter)
  - Rollaussendurchmesser bestimmt die Stärke des Wickelsystems
- ❖ Die Wickelanlage befindet sich ganz in der Vakuumkammer
- ❖ Wickelgeschwindigkeit: typ. 1 – 30 m/min



## *Kleinanlage für Plasmabehandlung von Schmallband Vliesstoffen*

- ❖ **Standardvakuumkammer mit eingebaute Rollkassette**
- ❖ **Anwendung:**
  - Produktentwicklung
  - Kleinmengenherstellung

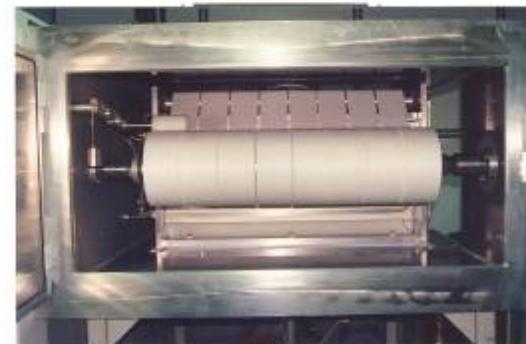




# EUROPLASMA NV

## *Sonderanlage für Plasmabehandlung von Schmallband Vliesstoffen*

**Verschiedene  
schmale Rollen sind  
nebeneinander im  
gleichen Plasma  
behandelbar.**





EUROPLASMA NV

## *4. PLASMABESCHICHTUNG VON VLIESTOFFEN*



## *Batterieseparatoren in NiMHybrid-Batterien*

- ❖ Wiederaufladbare Batterien aus NiMHybrid: Vliesstoff aus PP oder PP/PE
- ❖ Ausgangsmaterial ist hydrophob (Oberflächenenergie typisch 28 – 32 dynes/cm): schlechte Befeuchtung mit Elektrolyten auf Wasserbasis.
- ❖ Eine Plasmabeschichtung mit Polyethylenoxid-artiger Schicht erhöht die Oberflächenenergie auf 60 – 72 dynes/cm.
- ❖ Effekt wird durch drei Tests gezeigt:
  - ❖ Tropfchentest (Anzahl absorbierte Tropfchen nach 60 Sekunden aus 20)
  - ❖ Wickingtest (Höhe der Befeuchtung nach 60 Sek. Bei teilweiser Untertauchung in Wasserbad)
  - ❖ Wasseraufnahme: Gewichtszunahme nach 3,5 Minuten Untertauchung in Wasserbad.



## *Batterieseparatoren in NiMHydride-Batterien*

- ❖ Hydrophilisierung wird durch eine permanent hydrophiele Beschichtung erzeugt
- ❖ Typische Precursorgasen: Alkanen/ Alkenen und Sauerstoff.
- ❖ Resultiert in Polyethylenoxid-artige Dünnschichten





## *Hydrophobierung von Vliesstoffen für Filteranwendungen*

- ❖ F-C-Precursorgasen wie  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_3\text{F}_6$ , usw.
- ❖ C-F-artige Dünnschichten haben hydrophobe oder oleophobe Eigenschaften
- ❖ Oleophobizität wird durch einen “3M-Test” bestimmt.





## Öl- Abweisendheitstest ("3M-Methode")

- ❖ AATCC Testmethode 118-1997
- ❖ Für Gewebe, untersucht die Widerstand gegen Befeuchtung
- ❖ Gut = keine Befeuchtung, kein Wicking, keine Rundung von Tropfchen mit partieller Verfärbung.

AATC Öl- Abweisend- heitsgrad Nr.	Hydrocarbon
0	Kein (Befeuchtung mit flüssig Paraffin nicht möglich)
1	flüssig Paraffin
2	flüssig Paraffin/n-Hexadekan (65/35, gew. %)
3	n-Hexadekan
4	n-Tetradekan
5	n-Dodekan
6	n-Dekan



## *Hydrophobierung von Vliesstoffen für Filteranwendungen*

- ❖ Für Filteranwendungen (Luftfilterung) ist ein Ölabweisendheitsgrad 3 ausreichend.
- ❖ Plasmabeschichtung ist in der Lage:
  - ein N-Typ Filter in ein R oder P Typ Filter umzuwandeln.
  - ein R95 Filter in ein R99 Filter umzusetzen (durch bessere initiale Filtereffizienz).
- ❖ Achtung, einige Filterparameter werden von dem Substrat bestimmt:
  - Das Filtertyp (I, II oder III) wird meistens von dem Vliesstoff selbst bestimmt.
  - D.h. Eine Plasmabeschichtung kann ein Filtertyp III (Filtereffizienz nimmt mit der Beladungszeit ab) nicht in Filtertyp I oder II ändern.



## *Hydrophobierung von Vliesstoffen für Filteranwendungen*

- ❖ Anwendungen in der Luftfilterung:
  - Mundmasken
  - Filter für HVAC-Anlagen



# EUROPLASMA NV

CONFIDENTIAL

## *5. KOSTENANALYSE*



## *Rechenbeispiel: in Rollbeschichtungsanlage CD1800/600 ROLL*

- ❖ Verfahren: permanent hydrophile Plasmabeschichtung von PP Vliesstoffen (Verwendung als Batterieseparator).
- ❖ Rollabmessungen: Breite 1,8 m X Länge 2784 m (5000 m<sup>2</sup> pro Rolle); Vliesstoffdicke: 100 µm.
- ❖ Webgeschwindigkeit auf der Plasmaanlage: 10 m/min
- ❖ Behandlungszeit pro Rolle: 7 Stunden (17.140 m<sup>2</sup> pro Tag)
- ❖ 24-Stundenbetrieb, 5 Tage pro Woche, 47 Wochen pro Jahr
- ❖ 805 Rollen pro Jahr, 4.025.000 m<sup>2</sup> pro Jahr.
- ❖ Elektrizitätskost: 0.10 €/kWh (in 24-Stundenbetrieb)
- ❖ Prozessgasen: Alkane und Sauerstoff
- ❖ Lohnkost: 35 €/St.



## *Rechenbeispiel: in Rollbeschichtungsanlage CD1800/600 ROLL*

- ❖ **Kost pro Rolle (5000 m<sup>2</sup>) ohne Arbeitskosten**
  - Abschreibungskosten : 86,96 €
  - Wartungskosten : 9,94 €
  - Prozessgaskosten : 20,50 €
  - Elektrizitätskosten : 14,72 €
  - Gesamtkosten (pro Rolle) : 132,12 €
- ❖ **Kost pro m<sup>2</sup> ohne Arbeitskosten : 0,026 €**
- ❖ **Kost pro m<sup>2</sup> mit Arbeitskosten : 0,032 €**



## *Kostenanalyse*

- ❖ Plasmabeschichtung hat niedrige variable Kosten
- ❖ Da die Festkosten ziemlich hoch sind, ist der Beschichtungskost stark von der Anlagengrösse abhängig:
  - ❖ Die Anlagengrösse wird von der jährliche Produktionsmenge bestimmt.
  - ❖ Je höher die Fertigungskapazität, desto interessanter wird die Plasmabeschichtung.
  - ❖ Die Anlagenkapazität soll gut ausgenützt sein.



CONFIDENTIAL

## *6. Schlussfolgerungen*



## *Niederdruckplasmabeschichtung von Vliesstoffen*

- ❖ führt zu ganz neuen Produkten
  - Batterieseparatoren
  - Filtermaterialien mit besseren hydrophobe/oleophobe Eigenschaften
- ❖ ist eine sehr preiswerte Technologie
- ❖ führt zu ganz gleichmässigen Behandlungen (keine Verfahrensschwankungen)
- ❖ läuft ganz automatisch
- ❖ ist ein ökologisches Verfahren