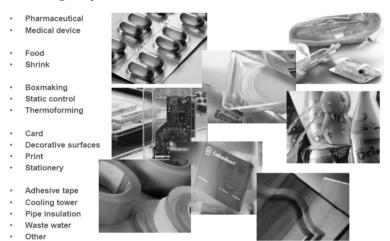
# Traditionelle Kalandertechnologie für High-Tech-Produkte

Klöckner Pentaplast (kp) ist weltweit führender Hersteller von Folien für Pharma-, Lebensmittel-, Medizintechnik- und Blisterverpackungen sowie Druck- und Spezialanwendungen (siehe Abbildung 1).

### Abbildung 1: kp-Produkte



Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

Gegründet 1965 von den Klöckner Werken beschäftigt kp heute rund 3.000 Mitarbeiter in 18 Produktionsstätten und erwirtschaftet einen Umsatz von über 1,1 Mrd. €. Die Produktionskapazität beim Kalandrieren und Extrudieren beträgt rund 600.000 t pro Jahr.

In Abbildung 2 sind die Produktions-, Verkaufs- und Entwicklungsstandorte von kp dargestellt, womit ersichtlich wird, dass kp ein global agierendes Unternehmen mit Hauptsitz in Montabaur, BRD, ist.



Abbildung 2: Standorte von kp weltweit

Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

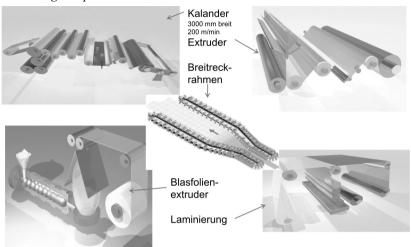
Abbildung 3 zeigt die von kp genutzten Verarbeitungsmaschinen Kalander, Extruder und Blasfolienanlagen zur Herstellung und die Laminieranlagen und Breitreckrahmen zum Veredeln von Folien.

Damit sollte die Kompetenz von kp zur Kalandertechnik belegt und im Weiteren auch der Beitrag zur Entwicklung dieser Technologie in den letzten 50 Jahren vorbereitet werden.

Das Kalandrieren von Papier und Kunststoffen ist eine alte Technologie, die sich im äußeren Schein nicht wesentlich entwickelt hat. Beim genaueren Betrachten fällt einem dann aber doch unendlicher technischer Fortschritt in Maschine und Technologie auf. Das Wort Kalandrieren lässt sich sowohl auf das griechische Wort für Zylinder "κύλινδρος" (kylindros) als auch auf das französische "calandre" ("Rolle") zurückführen und wurde 1798 erstmalig erwähnt als Glättkalander für Textiloberflächen (vgl. Kopsch 1978).

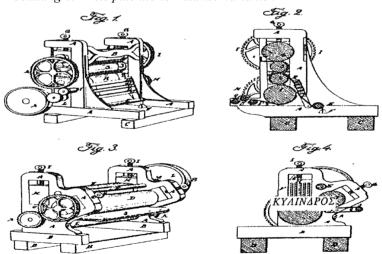
In Abbildung 4 ist der erste patentierte Kalander zum Gummieren von Geweben mit einer Walzenbreite von 1.830 mm und Walzendurchmessern von 457 und 305 mm als US-Patent No. 16 dargestellt.

Abbildung 3: kp-Maschinen



Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

Abbildung 4: Erste patentierte Kalandervarianten



Quelle: Kopsch 1978, S. 1

Um 1930 kam es dann zur Trennung von Gummi- und Kunststoffkalander mit der Entwicklung von PVC in PVC-Weichkalander durch die Fa. Goodrich, USA, und PVC-Hartkalander durch die Firma IG Farben, Deutschland.

Die Kalanderentwicklung im 20. Jh. wurde vor allem durch die deutsche Maschinenbaufirma Berstorff beeinflusst. So entstanden zu dieser Zeit die ersten bombierten Walzen, bei denen der Walzendurchmesser in der Walzenmitte größer war als am Rand, um einen großen Teil der Walzenverbiegung aufzufangen. Elektromotorische Walzenanstellungen und Schrägverstellungsmöglichkeiten für die mittigen Walzen folgten zwecks schnellerer Umstellungen und Korrekturen der Foliendurchmesser-Ungleichheiten über die Folienbreite. Zwecks besserer Steuerung der drei bis fünf Kalanderwalzen wurde bereits damals vom Getriebe auf Einzelantriebe umgestellt. In den 1940er-Jahren kam das Patent zum Luvithermverfahren, um durch nachgeschaltete Erwärmung bei der den Kalander verlassenden Folie besondere Festigkeiten zu erzielen.

Mit den ersten hydrodynamischen Analysen der Strömungsvorgänge im Walzenspalt durch z.B. Alexandre Ardichvili begann damals bereits die theoretische Durchdringung der Wirkungsweisen eines Kalanderspaltes. In den 1950er-Jahren des letzten Jahrhunderts sorgten peripher gebohrte Walzen für ein besseres Temperaturprofil auf der Oberfläche der Kalanderwalzen, und die Vorspannung sowie das Roll-Bending als Gegendurchbiegung gestatteten weitere Verbesserungen in der Gleichmäßigkeit der Folien bezüglich Dicken- und Schrumpftoleranz. Um 1960 begann man für größere Durchsätze auf eine kontinuierliche Vorgelierung überzugehen sowie bei Neubauten größere Walzenbreiten (bis 2.000 mm) und größere Geschwindigkeiten zu nutzen. So gelang es damals schon Kalandriergeschwindigkeiten für Hart-PVC von 60 m/min und für Weich-PVC bis 150 m/min zu realisieren

In den 1970er-Jahren gelang es durch erste Berechnungsmodelle für Durchsatz und Druck (z.B. J. S. Chong), die Walzenformen (Bombage) so an die Wirklichkeit anzunähern, dass 80 bis 90% der Walzendurchbiegung infolge Materialdruckes damit kompensiert werden konnten (siehe Abbildung 5).

Erste Prozessoptimierungen (z.B durch Ernst-Otto Reher, Vladimir Krasovski) gestatteten Genauigkeiten im µm-Bereich bei PVC-Hartfolien zu erreichen. Dies erforderte auch eine Entwicklung der Messtechnik, bei der man mit radiometrisch arbeitenden Dickenmessanlagen diese Genauigkeiten auch

Abb. 2-2. Geschwindigkeitsverteilung im Walzenspalt nach Chong [12]

Abbildung 5: Erste Berechnungsmodelle für Durchsatz und Druck

Quelle: Kopsch 1978, S. 6

praktisch bewerten konnte. In den 1980er-Jahren wurde der Kalander durch keilförmige Einbauten ergänzt (Heinrich Collin, Christian Kohlert; vgl. Autorenkollektiv 1992), mit denen der Mischprozess in den Kalanderspalten verbessert werden sollte. Die ersten größeren Automatisierungen und Regelungen der Temperaturen und Geschwindigkeiten führten zu verstärkten Systemanalysen über die Einflussparameter und ihre Verknüpfungen in Bezug auf Folienqualitäten (Klaus Hartmann).

Mit dem Einzug der Mikrorechentechnik wurde speziell in den 1990er-Jahren des 20. Jh.s die Inline-Messtechnik in den Vordergrund der Entwicklungen gestellt. Die Qualität der Folienmerkmale sollte dort gemessen werden, wo sie entsteht und durch den Kalanderfahrer beeinflusst werden kann. So entstanden Fehlerinspektionssysteme zur Bewertung der Oberflächenqualität, Schrumpfmessanlagen über polarisiertes Licht, Füllstandsmesssysteme über Ultraschall oder Lichtgeschwindigkeitsmessung sowie Inline-Farbund Glanzgeräte.

Der Übergang zur heutigen Zeit um den Jahrhundertwechsel war gekennzeichnet durch eine weitere starke Entwicklung der Inline-Messtechnik sowie von Automatisierungslösungen von der Dosierung bis hin zur Wickeltechnik

In Abbildung 6 ist schematisch eine moderne Kalanderlinie der Firma kp dargestellt.

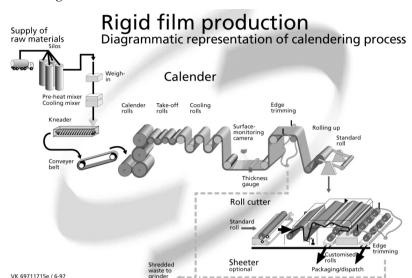


Abbildung 6: Moderner Hart-PVC-Kalander

Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

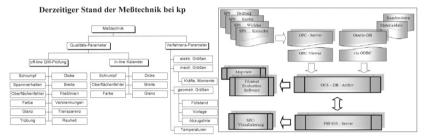
Heute existieren komplexe Kalanderlinien für Foliendicken von 40 bis 1.200 µm, mit Walzengeschwindigkeiten von 200 m/min und Walzenbreiten bis zu 3.500 mm. Damit erreicht man Durchsätze von bis zu 4 t/h. Dies ist möglich durch automatisierte Dosierung der Einzelkomponenten, rechnergestützte Steuerung, Prozessüberwachung mit Steuerungsprogrammen wie WinCC, Trendanalysen und statistischer Prozesskontrolle. Eine Qualitätskontrolle Inline und Offline sowie Energieeffizienzmaßnahmen ergänzen diese moderne Technologie. Zertifizierungen nach ISO 9001 (Qualität), GMP, ISO 14001 (Umwelt), ISO 50001 (Energie) und Hygiene sind heutzutage Standard in den Kalandrierunternehmen.

In Abbildung 7 ist der derzeitige Stand der Messtechnik und der Datenverknüpfung bei kp dargestellt.

Wachsende Aufmerksamkeit in den derzeitigen Entwicklungen wird der Oberflächenveredlung, also der Oberflächenbehandlung durch z.B. Corona oder dem Oberflächenbeschichten mit z.B. Antistatika, gewidmet. Abbildung 8 zeigt verschiedene Möglichkeiten zur Oberflächenbehandlung von Folien mit Preisen von 2010. So, wie die Fixkosten ansteigen, reduzieren sich in

der Regel dann die variablen Kosten. So kann jeder entscheiden, welches System er bei größeren oder kleineren Auftragsmengen nutzen möchte.

Abbildung 7: Stand der Messtechnik und Datenverknüpfung bei kp



Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

Abbildung 8: Möglichkeiten zur Oberflächenbehandlung von Folien

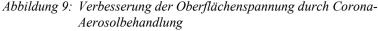


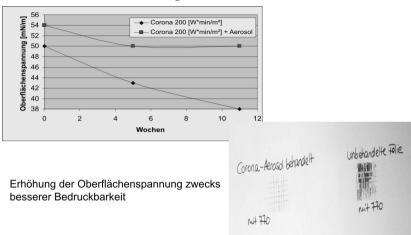
	Korona	Korona- Aerosol	Rotationssprüh system	Plasma	Korona-Gas [€]
	[€]	[€]	[€]	[€]	
Fix Kosten	~80.000	~160.000	~130.000	>500.000	>280.000

Die Angaben beziehen sich auf eine Anlagenbreite von 2,40m bei einer beidseitigen Beschichtung und einer Geschwindigkeit von 30 bis 150 m/min (Preise von 2010)

#### Eigene Darstellung

In Abbildung 9 ist ein Beispiel dargestellt für eine Oberflächenbehandlung zwecks besserer Bedruckbarkeit. Wenn eine normale Corona-Behandlung ihre erhöhten Werte der Oberflächenspannung nach sechs bis zehn Wochen wieder verliert, ist eine Corona/Aerosolbehandlung wesentlich langfristiger wirksam und gestattet dem Käufer auch eine spätere drucktechnische Verarbeitung der Folie.





Quelle: Klöckner Pentaplast o.J.

Das Morgen der Kalandertechnik wird eine verstärkte Veredlung der Folienoberflächen "inline", d.h. im Herstellungsprozess über Oberflächenbehandlung (Plasma) und Oberflächenbeschichtungen mit Hilfe der Nanotechnologie mit sich bringen. Damit werden Folieneigenschaften erzeugt, die eigentlich dem Polymer gar nicht zuzuschreiben sind, wie Leitfähigkeit, Bedruckbarkeit oder UV-Stabilität. Durch die stagnierende PVC-Folienproduktion in den westlichen Industriestaaten werden neue Produkte für die existierenden Kalander entwickelt, wie WPC (Holz-Polymer-Verbunde) und andere biologisch basierte bzw. abbaubare Polymere. Die Nutzung der Nanotechnologie über das Aufsprühen von Nanosolen eröffnet ungeahnte Anwendungsmöglichkeiten der Kalandriertechnologie von aktiven Oberflächen (antimikrobiell, antikorrosiv, aromatisch, …) über intelligente Oberflächen (Zeitindikator, Temperatur-Zeit-Indikator, elektrisch leuchtend, …) bis hin zu speziellen Effekten wie Lotus-Effekt oder Fälschungssicherheit (siehe Abbildung 10).

Damit wird gezeigt, dass die hochproduktive Kalandriertechnologie sich in den letzten Jahrzehnten stetig weiterentwickelte und auch im 21. Jh. einen Platz als Folienherstellungsprozess beibehält (siehe Abbildung 11).

Abbildung 10: Nutzung der Nanotechnologie zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften

# nanotechnology

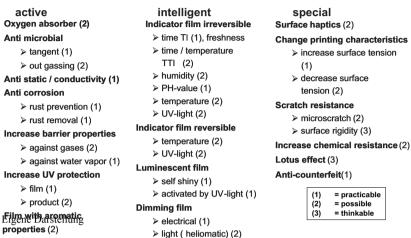


Abbildung 11: Entwicklung der Kalandertechnologie

Eigene Darstellung



## Literatur

Autorenkollektiv (unter Leitung von Chr. Kohlert) (1992): Kalandrieren von Polymeren. Leipzig Klöckner Pentaplast (o.J.): Internes Material. Klöckner Pentaplast GmbH & Co. KG, Montabaur

Kopsch, H. (1978): Kalandertechnik. München/Wien