

Ablagerungen an Spritzscheiben

– Plating –

Verfasser: Hubert Oggermüller
 Petra Zehnder

Inhalt

- 1 Einleitung

- 2 Experimentelles
 - 2.1 Basisrezeptur
 - 2.2 Versuchsdurchführung

- 3 Ergebnisse
 - 3.1 Einfluss der Prozessparameter
 - 3.2 Einfluss des Rezepturaufbaus
 - 3.2.1 Einfluss des Polymers
 - 3.2.2 Einfluss von Additiven neben Neuburger Kieselerde
 - 3.2.3 Einfluss von mineralischen Füllstoffen

- 4 Zusammenfassung

- 5 Anhang

1 Einleitung

Unter Plating versteht man das Auftreten von störenden Ablagerungen im Masseflusskanal und an der Spritzscheibe von Extrudern beim Extrudieren von Kautschukmischungen. Mit der Zeit können sich solche Ablagerungen nicht nur in einer Verschmutzung der Profloberfläche, sondern in verringerter Maßhaltigkeit auswirken, also Ausschussproduktion und schließlich teure Ausfallzeiten beim Stillstand der Maschine zwecks Teileaustausch oder Reinigung hervorrufen. Ähnliche Erscheinungen werden auch beim Spritzgießen (Injection Molding) beobachtet.

Es liegt nahe, die Gründe für Plating in zwei Bereichen zu suchen:

- In prozesseigenen Parametern wie Werkzeugoberfläche, Werkzeug-geometrie und Verarbeitungsparametern.
- Im Mischungsaufbau, wo sich die Natur des Polymeren, der Füllstoffe und zahlreicher sonstiger Zusatzstoffe auswirken können.

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, entsprechende Einflussgrößen beim Extrusionsprozess herauszuarbeiten und damit Wege zu weisen, Plating im Betriebsablauf zu vermeiden oder zumindest gering zu halten. Die Versuche wurden an EPDM-Mischungen mit unterschiedlichen Füllstoffen und ggf. Additiven bzw. Verarbeitungshilfsmitteln (jedoch ohne Vulkanisations-chemikalien) unter Anwendung einer speziell entwickelten Prüfmethodik durchgeführt.

2 Experimentelles

2.1 Basisrezeptur

	phr
EPDM Standard	100
Mineralischer Füllstoff	50
Corax N-550	90
Paraffinöl (Weichmacher)	75
Summe	315

Tabelle 1: Grundrezeptur für die Extrusionsversuche

Für die vergleichende Untersuchung von Extrusionsparametern und Rezepturvariationen mit Additiven und Polymeren wurde als alleiniger Füllstoff Neuburger Kieselerde Sillitin Z 86 verwendet.

2.2 Versuchsdurchführung

Jeder Versuch wurde mit 5 kg Mischung unter den in Tabelle 2 angegebenen Bedingungen durchgeführt.

Extruder		Schwabenthan Polytest 30 R
Schneckendurchmesser	mm	30
Prozesslänge	mm	450
Temperatursollwert Kopf / Zone 1 / Zone 2	°C	60 / 60 / 60
Kühlung (Zone 1 und 2)		¼ Umdrehung auf
Drehzahl	U/min	100
Platingmessvorrichtung		siehe Zeichnung
Messkanal l x b x h	mm	50 x 10 x 3
Messplättchenmaterial		Werkzeugstahl CK 45, längs geschliffen
Messplättchen Rautiefe R_z (quer zur Fließrichtung)	µm	5-7
Fütterstreifen	mm	30 x 6

Tabelle 2: Bedingungen der Extrusionsversuche

Der verwendete Extruder Schwabenthan Polytest 30 R ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

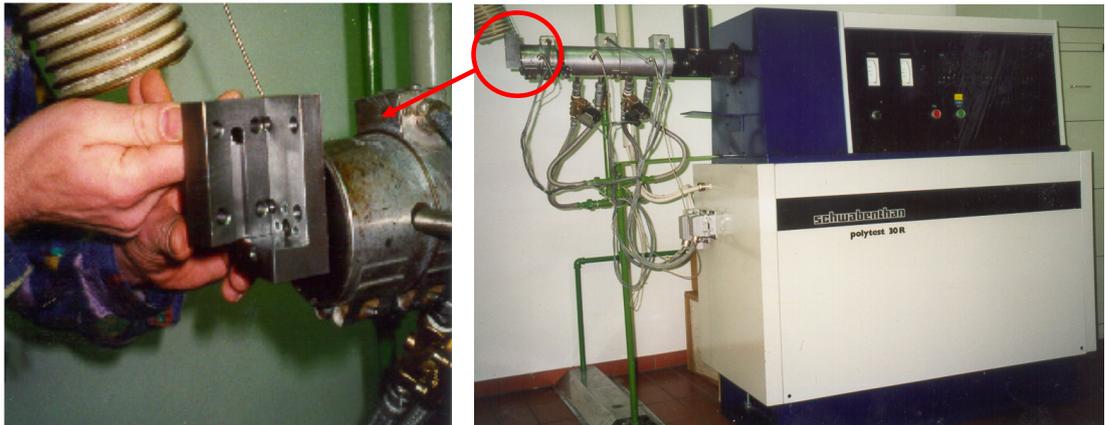


Abbildung 1: Spezieller Messvorsatz und Extruder Schwabenthan Polytest 30 R

Die zur Bewertung des Plating-Effekts herangezogene Zusatzvorrichtung mit dem speziellen Messplättchen ist in Abbildung 2 skizziert.

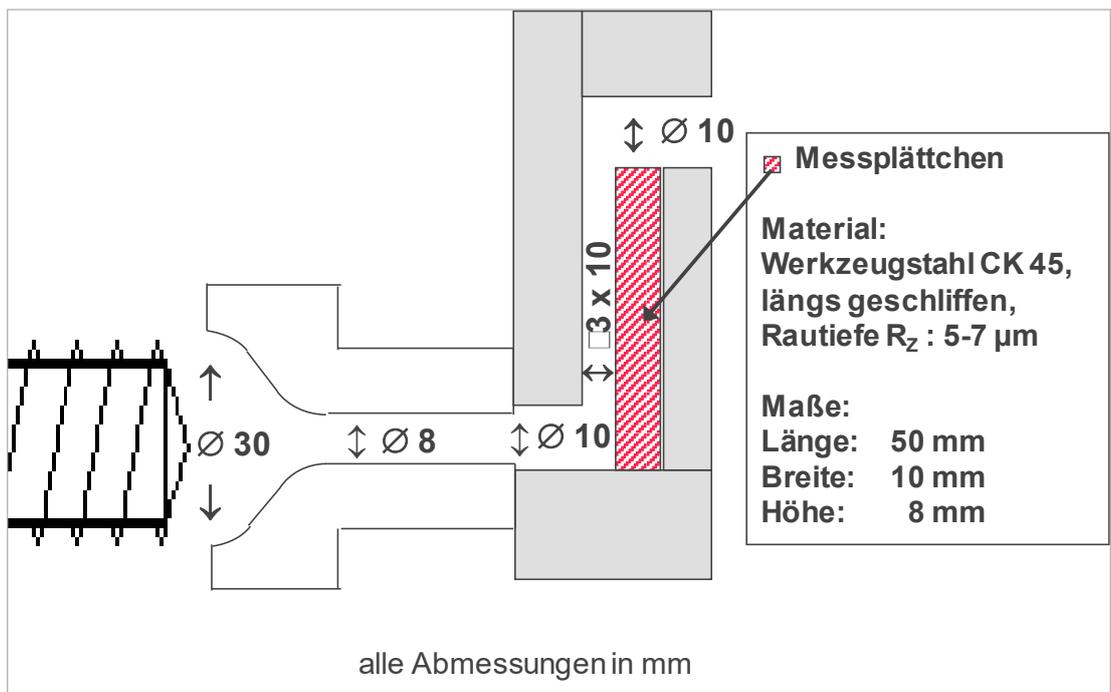


Abbildung 2: Schemaskizze des Messvorsatzes mit speziellem Messplättchen

Die Auswertung erfolgte durch optische Beurteilung der Messplättchenoberfläche.

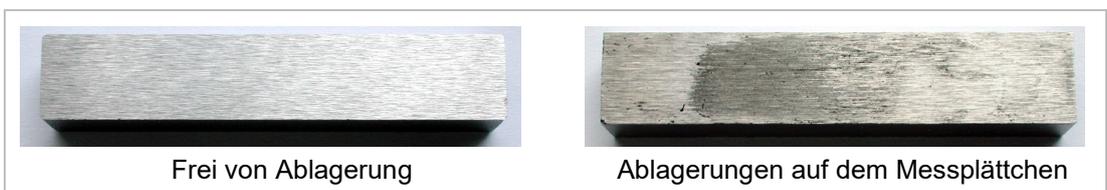


Abbildung 3: Beispiele für die verschiedene Ausprägung von Plating

3 Ergebnisse

3.1 Einfluss der Prozessparameter

Für die Versuche wurde die Basisrezeptur mit Sillitin Z 86 als alleinigem Füllstoff verwendet. Abbildung 4 gibt den Vergleich von normaler, polierter bzw. mit Fluoralkylsilan beschichteter Messplättchenoberfläche wieder. Ganz offensichtlich ist die verringerte Rauigkeit einer polierten Oberfläche für ein Geringhalten des Plating-Effekts von Vorteil.

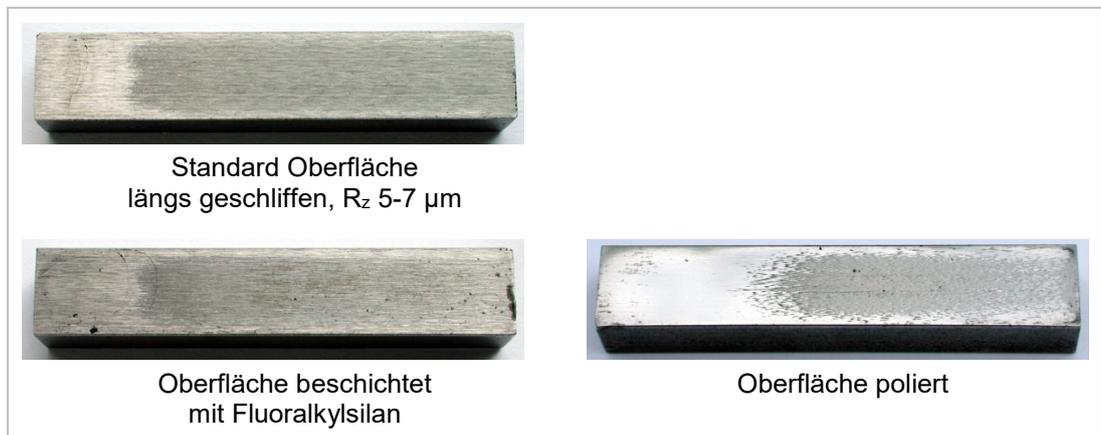


Abbildung 4: Einfluss der Messplättchenoberfläche auf den Plating-Effekt

In Abbildung 5 ist der günstige Einfluss eines – allerdings extrem – erniedrigten Durchsatzes beim Extrudieren dargestellt. Ähnlich vorteilhaft scheinen nach Abbildung 6 auch höhere Extruderkopftemperaturen zu sein.



Abbildung 5: Einfluss des Durchsatzes auf den Plating-Effekt



Abbildung 6: Einfluss der Extruderkopftemperatur auf den Plating-Effekt

Teilzusammenfassung: Prozessparameter

Das Auftreten von Plating kann reduziert / vermieden werden durch:

- Reduzierung der Rautiefe aller Flächen, die mit dem Extrudat in Berührung kommen, insbesondere in der Spritzscheibe und Bereichen hoher Scherrate.
- Reduzierung des Durchsatzes.
- Erhöhung der Extruderkopftemperatur.
- auf Erfahrung von Kunden basierend: strömungsgünstige Gestaltung im Bereich der Spritzscheibe.

3.2 Einfluss des Rezepturaufbaus

3.2.1 Einfluss des Polymers

Bereits bei Extrusionsversuchen mit reinen Kautschuken zeigt sich eine große Bandbreite der Ablagerungstendenz. In Abbildung 7 sind typische Ergebnisse für zwei EPDM-Kautschuke mit keiner bzw. ausgeprägter Plating-Neigung dargestellt.

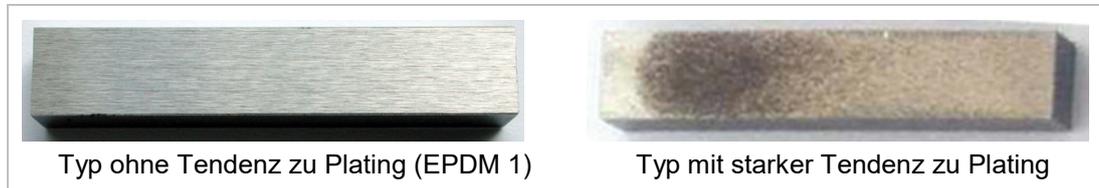


Abbildung 7: Plating-Neigung verschiedener EPDM-Typen

Daraufhin wurden 4 verschiedene EPDM-Typen in der in Tabelle 1 aufgeführten Grundrezeptur (mit Sillitin Z 86 als Füllstoff) verglichen.

	Mooneyviskosität 125°C		Molmassen- verteilung (MMV)	Ethylen- (C2) Gehalt (%)	Dien- (ENB) Gehalt (%)
	ML (1+4)	ML (1+8)			
EPDM 1 (Standard)	ca. 90	80	bimodal	52	9
EPDM 2	90	nicht bestimmt	mittel	50	9
EPDM 3	60	nicht bestimmt	breit	52	8
EPDM 4	28	nicht bestimmt	eng	50	8

Tabelle 3: Charakteristische Eigenschaften der geprüften EPDM-Kautschuke

Die entsprechenden Messplättchen ließen am Versuchsende deutliche Unterschiede erkennen (Abbildung 8). Als entscheidender Faktor erwies sich die Viskosität (die Polymere mit mittlerer und niedriger Viskosität verhielten sich günstig), während sich die Molmassenverteilung kaum auszuwirken scheint.



Abbildung 8: Messplättchen der Mischungen mit vier verschiedenen Kautschuktypen

Teilzusammenfassung: Einfluss des Polymers

Das Auftreten von Plating kann reduziert / vermieden werden durch:

- Verwendung von Kautschuktypen niedrigerer Viskosität.

3.2.2 Einfluss von Additiven neben Neuburger Kieselerde

a) Dosierung der Additive mit 2 phr

In der unveränderten Grundmischung (Tabelle 1) mit dem Standard-EPDM 1 und Sillitin Z 86 als Füllstoff wurden 2 phr der in Tabelle 4 zusammengestellten Additive eingesetzt.

Wirkstoffart	Stoffgruppe	Chemische Bezeichnung	Handelsname	Wirkung
Füllstoffaktivator / Desaktivator	Fettsäure	Stearinsäure		++
Oligomeres Additiv	niedermolekulares Polymer	flüssiges 1,2-Polybutadien	Lithene AH	+
Oligomeres Additiv	niedermolekulares Polymer	flüssiges 1,2-Polybutadien, silyliert	Polyvest 25	+
Oligomeres Additiv	niedermolekulares Polymer	flüssiges EPDM	Trilene 67	+
Kupplungsmittel	Alkoxysilylalkylsulfan	TESPT *	Si 69 *	+
Verarbeitungshilfsmittel	KW-Wachsderivat	Perfluoralkylwachs **	Genolub PFF 6/1020 **	o
Verarbeitungshilfsmittel	Fettsäurederivat	Stearylalkohol	Lorol C 18	o
Verarbeitungshilfsmittel	Fettsäurederivat	Hydroxystearinsäure	Edenor OSSG	o
Verarbeitungshilfsmittel	KW-Wachsderivat	Montansäurewachs	Luwax S	o
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Verarbeitungshilfsmittel auf Basis Calciumstearat	Deoflow S	o/-
Füllstoffaktivator / Desaktivator	Metallseife	Zinkstearat	Zincum N 37 SL	o/-
Füllstoffaktivator / Desaktivator	quaternäres Ammoniumsalz	Dimethyldistearylammoniumchlorid	Varisoft TA 100	--
Füllstoffaktivator / Desaktivator	Glykol	Diethylenglykol (DEG)		--
Verarbeitungshilfsmittel	Fettsäurederivat	Stearin(säure)amid	Uniwax 1750	--
		* als Aktisil PF 216		
		** Dosierung 0,03 und 0,3 phr		
<i>Auswirkung auf Plating</i>		++ <i>deutlich mindernd</i>		
		+ <i>mindernd</i>		
		o <i>keine merkliche Beeinflussung</i>		
		- <i>verstärkend</i>		
		-- <i>deutlich verstärkend</i>		

Tabelle 4: Geprüfte Additive und ihre Wirkung

Die Bewertung der einzelnen Additive bezieht sich hier auf eine Minderung bzw. Verstärkung des Plating-Effekts im Vergleich zur additivfreien Grundmischung mit Sillitin Z 86 als Füllstoff (Abbildung 9).

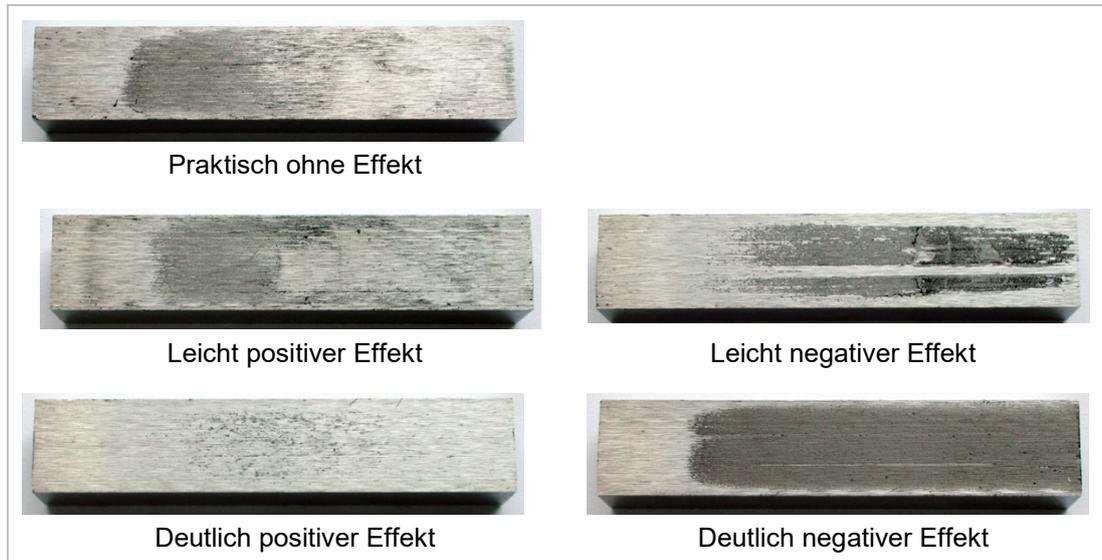


Abbildung 9: Bewertung des mindernden bzw. verstärkenden Effekts von Additiven (2 phr)

Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 4 aufgeführt: zwischen den einzelnen Additivgruppen ergaben sich eindruckliche Unterschiede. Eine überraschend große Zahl von Zusatzstoffen wirkte sich nicht merklich auf die vorhandene Plating-Neigung aus, einige andere verstärkten den Effekt. Relativ günstig kam die TESPT (Si 69) behandelte Kieselerde Aktisil PF 216 ohne sonstiges Additiv heraus, und auch niedermolekulare Polymere zeigten als Zusatzstoffe eine positive Wirkung. Die deutlichste Verbesserung wurde mit Stearinsäure erzielt.

Eine zusätzliche Versuchsreihe konnte beim Ersatz von mindestens 5 phr Weichmacheröl durch Silikonöl in der Standardrezeptur (mit Sillitin Z 86) vollständige Plating-Freiheit nachweisen (Abbildung 10).

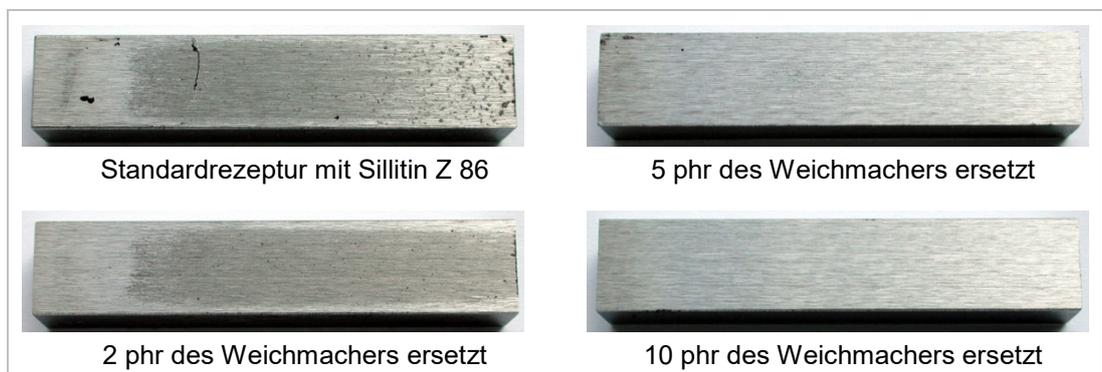


Abbildung 10: Einfluss von Silikonöl als teilweiser Ersatz des paraffinischen Weichmachers auf die Plating-Neigung

b) Dosierung der Additive mit 5 phr

Aufgrund der Erfahrung mit der Dosierungsreihe mit Silikonöl, in der sich bei Einsatz von 2 phr zunächst eine Verschlechterung, aber mit 5 phr eine deutliche Verbesserung zeigte, wurden die in Tabelle 5 zusammengestellten Additive nun mit 5 phr dosiert.

Wirkstoffart	Stoffgruppe	Chemische Bezeichnung	Handelsname	Wirkung
	Silikonöl	Polydimethylsiloxan, 1000 mm ² /s	Silikonöl AK 1000	++
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Zinkoleat	LIGA Zinkoleat	+
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Zinkstearat	Zincum N 37 SL	+
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Calcium-/Zinkstearat	Ca/Zn-Stearat SMS	+
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Calciumstearat	Ceasit 1	o/-
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Verarbeitungshilfsmittel auf Basis Calciumstearat	Deoflow S	-
Verarbeitungshilfsmittel	Fettsäurederivat	Stearin(säure)amid	Uniwax 1750	-
Füllstoffaktivator / Desaktivator	Glykol	Polyethylenglykol (PEG) 4000 g/mol		--
Füllstoffaktivator / Desaktivator	Glykol	Diethylenglykol (DEG)		--
<i>Auswirkung auf Plating</i>		++ <i>deutlich mindernd</i> + <i>mindernd</i> o <i>keine merkliche Beeinflussung</i> - <i>verstärkend</i> -- <i>deutlich verstärkend</i>		

Tabelle 5: Geprüfte Additive und ihre Wirkung

Die Bewertung der einzelnen Additive bezieht sich auch hier auf eine Minderung bzw. Verstärkung des Plating-Effekts, wie er für die additivfreie Grundmischung beobachtet worden war (Abbildung 11).

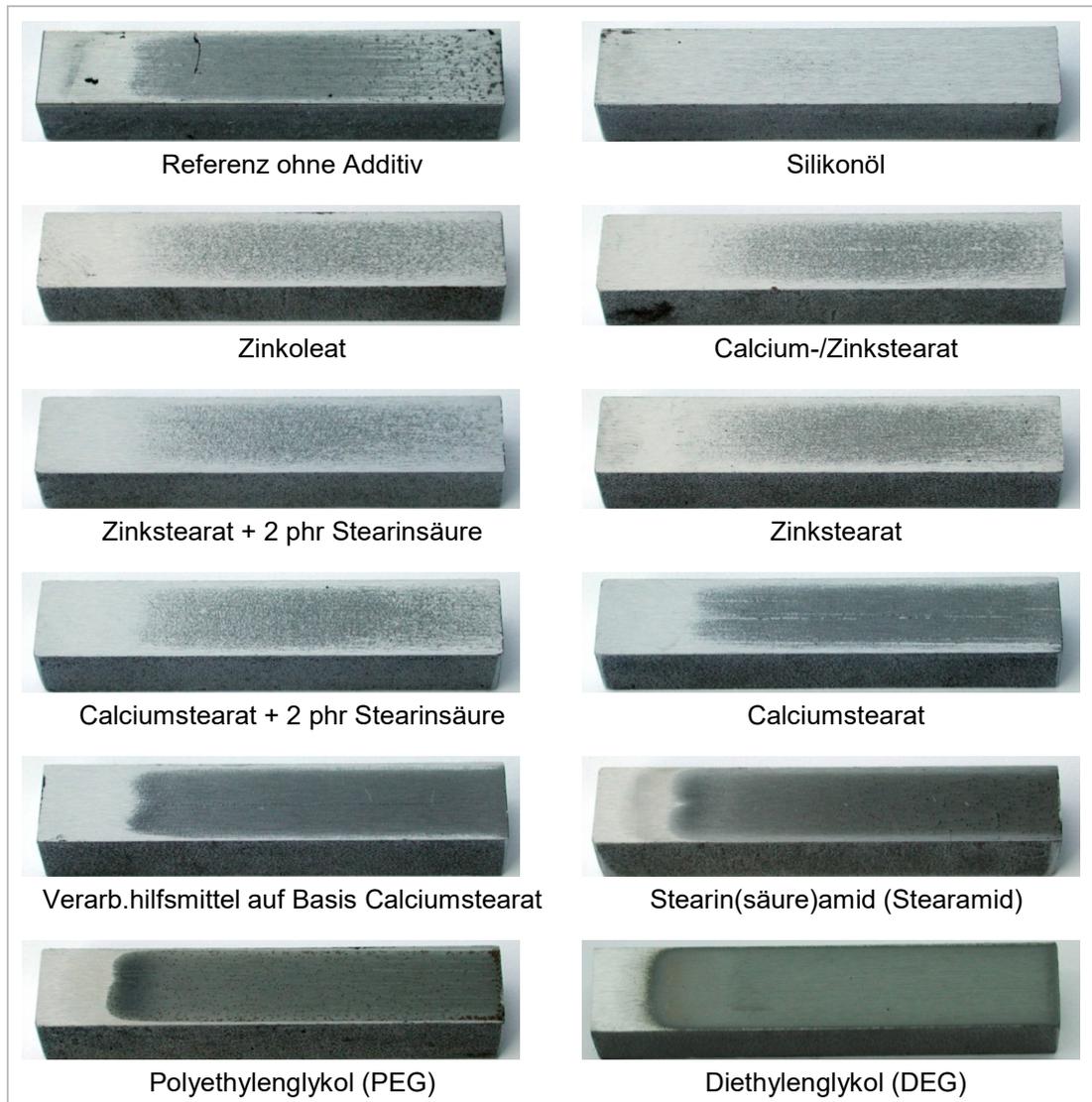


Abbildung 11: Bewertung des mindernden bzw. verstärkenden Effekts von Additiven (5 phr)

In Abbildung 11 sind zusätzlich Kombinationen mit Stearinsäure dargestellt. Am Beispiel Zinkstearat und Calciumstearat zeigen diese einen leicht vermindernden Effekt.

c) Versuche mit ausgewählten Additiven

Die in Tabelle 6 zusammengestellten Additive wurden in unterschiedlicher Dosierung eingesetzt.

Wirkstoffart	Stoffgruppe	Chemische Bezeichnung	Handelsname	Wirkung
Verarbeitungshilfsmittel	Metallseife	Zinkoleat	LIGA Zinkoleat	+
	Phosphatester	Laurylphosphat-ester	Lakeland PA 120	+
	Aminoalkohol	Triethanolamin		++/- *
		* auf dem Messplättchen wurde ein deutlich positiver Effekt beobachtet, jedoch trat auf der dem Messplättchen gegenüber liegenden Seite verstärktes Plating auf		
Auswirkung auf Plating		++ deutlich mindernd + mindernd o keine merkliche Beeinflussung - verstärkend -- deutlich verstärkend		

Tabelle 6: Geprüfte Additive und ihre Wirkung

Die Bewertung der einzelnen Additive bezieht sich hier ebenfalls auf eine Minderung bzw. Verstärkung des Plating-Effekts (Abbildung 12).



Abbildung 12: Bewertung des mindernden bzw. verstärkenden Effekts von Additiven

Teilzusammenfassung: Einfluss von Additiven

Das Auftreten von Plating kann reduziert werden durch:

- Vermeidung von Diethylenglykol (DEG) oder Polyethylenglykol (PEG), quaternären Ammoniumsalzen oder Amidwachsen (auch als Bestandteil von Verarbeitungshilfsmitteln).
- Zusatz von Triethanolamin (TEA) als Ersatz für Diethylenglykol (DEG) bzw. Polyethylenglykol (PEG).
- Zusatz von Stearinsäure, möglichst in erhöhter Dosierung.
- von Zinkstearat oder Zinkoleat, bevorzugt in Kombination mit Stearinsäure.

Das Auftreten von Plating kann vermieden werden durch:

- Zusatz von mindestens 5 phr Silikonöl.
- Zusatz von 2,5 bis 5 phr Laurylphosphatester (auch mit Triethanolamin zur Neutralisation).

3.2.3 Einfluss von mineralischen Füllstoffen

In der Grundmischung mit Standard-EPDM 1 (Tabelle 1) wurden die in Tabelle 7 aufgeführten Füllstoffe miteinander verglichen (für Talkum wurde die Dosierung von 50 auf 53 phr erhöht).

Füllstoff	Beschreibung
Sillitin Z 86	Neuburger Kieselerde ein in der Natur entstandenes Gemisch aus korpuskularer Neuburger Kieselsäure und lamellarem Kaolinit
Sillitin V 85	Neuburger Kieselerde größere Type als Sillitin Z 86
Silfit Z 91	Neuburger Kieselerde thermisch nachbehandelt (kalziniert)
Kreide	natürliches Calciumcarbonat überwiegend korpuskular feine Type (Korngröße ähnlich Sillitin Z 86)
Talkum 1	mikronisiertes Talkum lamellar feine Type (Korngröße ähnlich wie Sillitin Z 86)
Talkum 2	mikronisiertes Talkum lamellar größere Type als Talkum 1

Tabelle 7: Charakteristische Beschreibung der geprüften mineralischen Füllstoffe

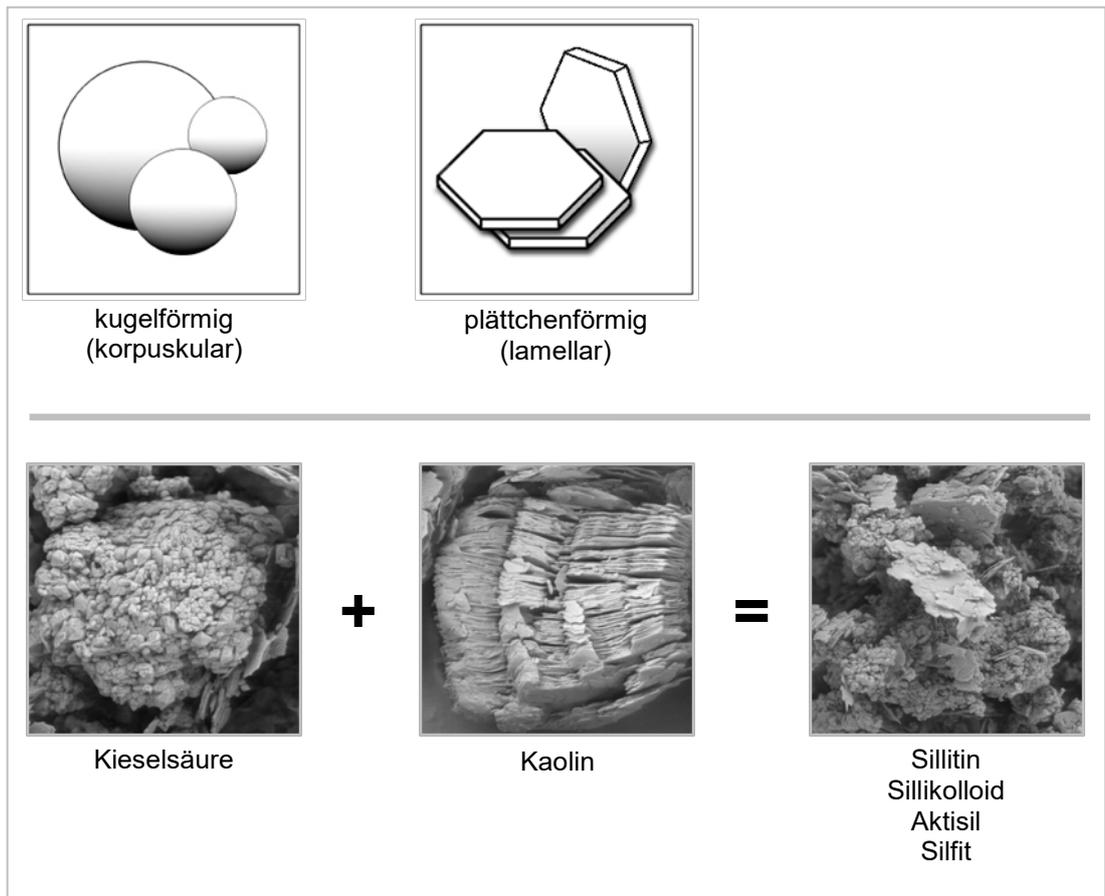


Abbildung 13: Schematische Darstellung der unterschiedlichen geprüften Partikelstrukturen und REM-Aufnahmen von Neuburger Kieselerde

Aus Abbildung 14 geht hervor, dass Füllstoffe mit lamellarer (plättchenförmiger) Struktur einen deutlich stärkeren Plating-Effekt hervorrufen als solche mit korpuskularer Teilchencharakteristik.

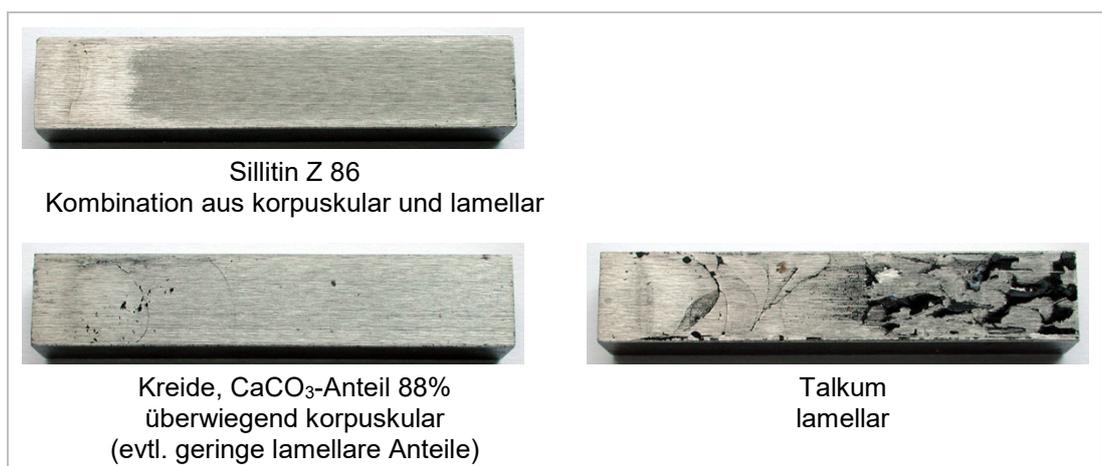


Abbildung 14: Vergleich von Füllstoffen mit unterschiedlicher Partikelstruktur

Wie Abbildung 15 am Beispiel von Neuburger Kieselerde und Talkum ausweist, wirkt sich eine größere Korngröße günstig in einer Verminderung des Plating-Effekts aus.

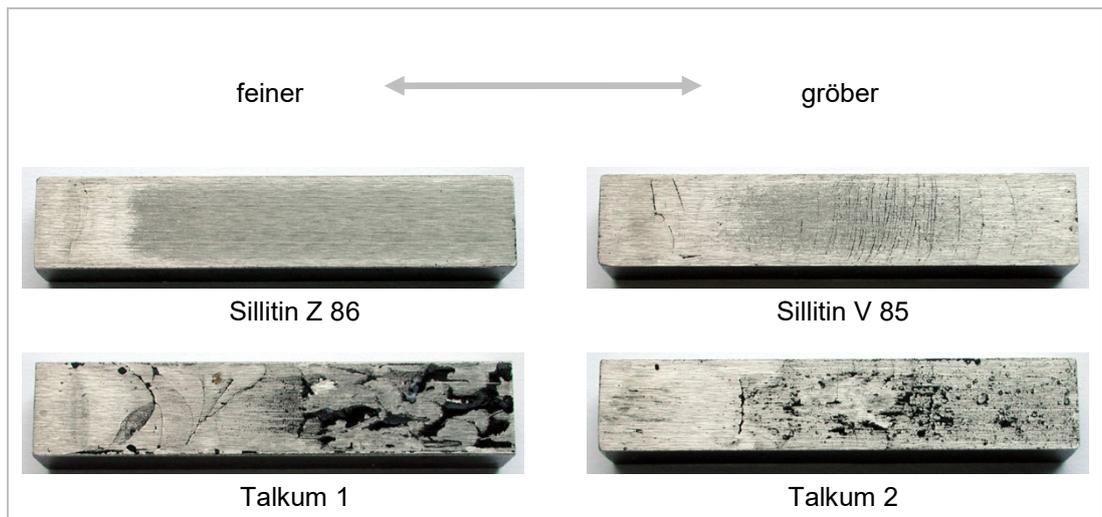


Abbildung 15: Einfluss der Korngröße

Abbildung 16 zeigt den Effekt der thermischen Nachbehandlung von Neuburger Kieselerde: die lamellaren Anteile werden durch die Kalzinierung aggregiert und dadurch füllstoffbedingtes Plating vollständig vermieden.

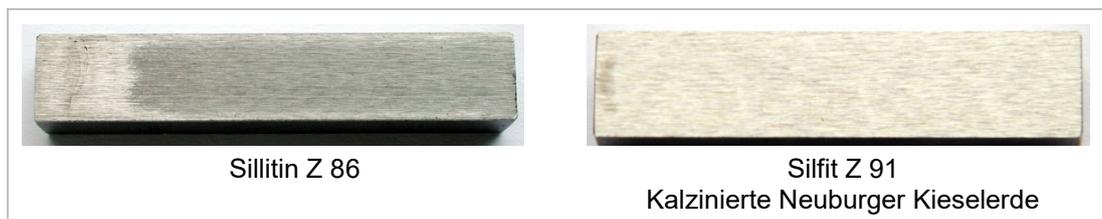


Abbildung 16: Effekt von kalzinierter Neuburger Kieselerde

Teilzusammenfassung: Einfluss von mineralischen Füllstoffen

Das Auftreten von Plating kann reduziert werden durch:

- Vermeidung von lamellaren Füllstoffen wie z.B. Talkum (auch als Pudermittel oder Bestandteil des Trennmittelbads in Batch-Off-Anlagen).
- bevorzugte Verwendung von Sillitin V oder Sillitin N als Füllstoff (weniger günstig: Sillitin Z oder Sillikolloid P).

Das Auftreten von Plating kann vermieden werden durch:

- Verwendung von Silfit Z 91.

4 Zusammenfassung

Für ein Geringhalten oder Vermeiden des Plating-Effekts beim Extrudieren von EPDM-Mischungen wirken sich nach den Ergebnissen folgende Maßnahmen günstig aus:

Prozessparameter:

- Reduzierung der Rautiefe aller Flächen, die mit dem Extrudat in Berührung kommen, insbesondere in der Spritzscheibe.
- Reduzierung des Durchsatzes.
- Erhöhung der Extruderkopftemperatur.
- Auf Erfahrung von Kunden basierend: strömungsgünstige Gestaltung im Bereich der Spritzscheibe.

im Mischungsaufbau:

- Zusatz von mindestens 5 phr Silikonöl
- Zusatz von 2,5 bis 5 phr Laurylphosphatester (auch mit Triethanolamin zur Neutralisation)
- Zusatz von Zinkstearat oder Zinkoleat, bevorzugt in Kombination mit Stearinsäure
- Zusatz von Stearinsäure, möglichst in erhöhter Dosierung
- Zusatz von Triethanolamin (TEA) als Ersatz für Diethylenglykol (DEG) bzw. Polyethylenglykol (PEG)
- Vermeidung von Diethylenglykol (DEG) oder Polyethylenglykol (PEG), quaternären Ammoniumsalzen oder Amidwachsen (auch als Bestandteil von Verarbeitungshilfsmitteln)
- Verwendung von Kautschuktypen niedrigerer Viskosität
- Vermeidung von lamellaren Füllstoffen wie z.B. Talkum (auch als Pudermittel oder Bestandteil des Trennmittelbads in Batch-Off-Anlagen)
- bevorzugte Verwendung von Sillitin V oder Sillitin N als Füllstoff (weniger günstig: Sillitin Z oder Sillikolloid P)
- Verwendung von Silfit Z 91

Empfohlene Füllstoffe aus der Reihe der Neuburger Kieselerde:

- Sillitin N oder Sillitin V als kostengünstige Möglichkeit zur Reduzierung von Plating.
- Silfit Z 91 zur vollständigen Vermeidung von füllstoffbedingtem Plating.

5 Interpretation

Ausgehend von den Fakten kann folgende Hypothese aufgestellt werden:

Lamellare Feststoffe werden in einer Scher-/Dehnströmung orientiert und konzentrieren sich in Wandnähe im Bereich des größten Schergefälles auf und werden dadurch aus der Mischung separiert, ohne durch die Schubspannungen der fließenden Mischung weitertransportiert zu werden. Bei Wand-/Filmgleiten tritt dieses Phänomen nicht oder nur untergeordnet auf.

Die Hypothese stützende Fakten:

Geiger beschreibt in [1] die Rheologie von hochgefüllten EPDM-Mischungen. Er kommt zum Ergebnis, dass unterhalb einer kritischen Wandschubspannung Wandgleiten auftritt und oberhalb dieser Scherfließen mit Wandhaftung eintritt. Die Einflussfaktoren auf diese kritische Wandschubspannung sind:

- die Oberflächenbeschaffenheit (Rautiefe) der Düsenwand
- die plastisch-viskoelastischen Eigenschaften der Mischung

Als Modellvorstellung kann angenommen werden, dass die Kautschukmischung unterhalb der kritischen Wandschubspannung auf einem sehr dünnen Film über die Unebenheiten der Wandung gleitet. Dabei wird sie nur minimal geschert. Die in der gescherten plastisch-viskoelastischen Mischung entstehenden Normalspannungsdifferenzen sind bestrebt, eine Aufweitung der gleitenden Mischung und damit das Ausfüllen der Vertiefungen in der Wandoberfläche zu bewirken. Solange nun die Schubspannung in Fließrichtung den Effekt der in Wandrichtung agierenden Normalspannungsdifferenzen überwiegt, findet Wandgleiten statt.

Dieser Zustand kann nun auch als eine Art "geschmierter" Festkörperreibung betrachtet werden. Dabei entsprechen die Schubspannung der Reibkraft F_R und die Komponenten der Normalspannungsdifferenzen der Normalkraft F_N . Der Quotient F_R / F_N bildete dabei den Reibkoeffizient μ , der neben der Viskosität des Schmiermittels (Gleitfilm) von der Rautiefe der Oberfläche abhängt. Wird nun die Rautiefe und damit der Reibkoeffizient bei unveränderten Werten der anderen Faktoren ständig erhöht, kommt es zu einem kritischen Punkt, bei dem keine Bewegung an der Wandung möglich ist. Im umgekehrten Fall wird ab einem kritischen Punkt mit Überwindung der Haftreibung entsprechende Bewegung einsetzen.

Dieses Modell, auf das System Plating-Messvorrichtung übertragen würde nun bedeuten, dass die Reduzierung der Rautiefe des Messplättchens den Wert für die kritische Wandschubspannung erhöht (herrschende Wandschubspannung < kritische Wandschubspannung) und damit Wandgleitvorgänge begünstigt. Das reale Messergebnis sowie Aussagen von Kautschukverarbeitern decken sich qualitativ mit dieser Annahme.

Die beobachtete verminderte Belagbildung bei erhöhter Extruderkopftemperatur könnte nach diesem Modell ebenfalls erklärt werden. Da nach dem Modell bei Plating-Erscheinungen eine Scher-/Dehnströmung vorliegt, wirkt sich eine Temperaturerhöhung in einer Viskositätserniedrigung der Mischung aus. Die resultierenden Schubspannungen bei gegebener Extrusionsgeschwindigkeit (= Schergeschwindigkeit) nehmen ab und es kommt zu einer Annäherung an die kritische Wandschubspannung bzw. deren Unterschreitung. Die niedrigere Extrusionsgeschwindigkeit bei gegebener Temperatur führt zum gleichen Resultat der Schubspannungs-reduzierung.

Die festgestellten positiven Effekte der Rezepturvariationen ließen sich dadurch erklären, dass es bei gegebenen Bedingungen durch andere Kautschuktypen oder bestimmte Additive, die den Bereich des Wandgleitens zu höheren kritischen Wandschubspannungen verschieben, zu einer Unterschreitung der kritischen Wandschubspannung kommt.

Literatur:

- [1] K. Geiger IKT Stuttgart, „Rheologische Charakterisierung von EPDM-Kautschukmischun-gen mittels Kapillarrheometer-Systemen.“ Sonderdruck aus Kautschuk Gummi Kunststoffe **42** (1989), 273.

Unsere anwendungstechnische Beratung und die Informationen in diesem Bericht beruhen auf Erfahrung und erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, gelten jedoch nur als unverbindlicher Hinweis ohne jede Garantie. Außerhalb unseres Einflusses liegende Arbeits- und Einsatzbedingungen schließen einen Anspruch aus der Anwendung unserer Daten und Empfehlungen aus. Außerdem können wir keinerlei Verantwortung für Patentverletzungen übernehmen, die möglicherweise aus der Anwendung unserer Angaben resultieren.