

Entwicklung von Prüfmethoden zur Separation von Reflexkörpern und Griffigkeitsmitteln in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme sowie Analyse und Identifikation der Beschichtung (Coating/Treatment) von Reflexkörpern

FA 3.441

Forschungsstelle: Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin

Bearbeiter: Proske, M./ Koch, M./ Recknagel, C./ Eichler, A./ Huth, C.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2012

1 Aufgabenstellung

Nachstreumittelgemische von Fahrbahnmarkierungen und die dazu verwendeten Ausgangsmaterialien Reflexpartikelgemenge und Griffigkeitsmittelgemenge sind sicherheitsrelevante Bestandteile der Straßenausstattung, deren anforderungsgerechte Qualität ein wesentliches Güte Merkmal der Verkehrsfläche darstellt. Zur Sicherstellung ausreichender Funktionalität und Dauerhaftigkeit bestehen im Technischen Regelwerk Anforderungen an die Partikelgrößenverteilung sowie die Form-, Transparenz- und Oberflächeneigenschaften dieser Beistoffe.

Derzeit erfolgt deren Kennzeichnung mittels aufwendiger sieb-analytischer und mikroskopischer Verfahren zur Ansprache granulometrischer Eigenschaften und zur Erfassung des Reflexionsverhaltens. Zur Ansprache der Beschichtungsqualität muss nach wie vor auf empirische Tests mit eingeschränkter analytischer Aussage zurückgegriffen werden. Allen derzeitigen Verfahren ist darüber hinaus gemeinsam, dass die Aussagefähigkeit aufgrund aufwandbedingt geringer Messproben eingeschränkt ist.

Ein Ziel dieser Forschungsarbeit war es deshalb, neue Ansätze für eine qualitativ und quantitativ verbesserte messtechnische Aussage zu granulometrischen Eigenschaften der eingesetzten Ausgangsmaterialien sowie des fertigen Nachstreumittelgemischs durch die Adaption eines neuartigen digital-optischen Messverfahrens (Camsizer-Verfahren) zur Partikel- und Haufwerksanalyse zu erarbeiten.

Ein weiteres Forschungsziel bestand darin, chemisch-analytische Verfahren mit Potenzial zur Analyse bzw. Identifikation von Beschichtungen auf derartigen Partikeln zu entwickeln bzw. bewährte analytische Verfahren, Methoden oder Methodenkopplungen an diese Problematik zu adaptieren.

2 Untersuchungsmethodik

Aufgrund der breit gespannten Aufgabenstellung wurden Lösungskonzepte und Methodenvorschläge für die aufgeworfenen umfangreichen Fragestellungen in insgesamt drei Bearbeitungsphasen mit mehreren untergliederten Teilzielstellungen entwickelt. Grundlage zur Erarbeitung von Methoden und Validierung der gefundenen Lösungen stellten jeweils 3 handelsübliche Nachstreumittelgemische und deren Ausgangsmaterialien wie Reflexpartikel- und Griffigkeitsmittelgemenge sowie Coatingmaterialien für Fahrbahnmarkierungen des Typs 1 sowie in entsprechender Weise für Fahrbahnmarkierungen des Typs 2 dar. Die entsprechenden Produkte wurden nach Maßgabe größtmöglicher Repräsentativität für die derzeit im Bundesfernstraßenbereich eingesetzten Systeme gemeinsam im Betreuungsgremium ausgewählt und festgelegt (siehe Tabelle 1).

Als weitere Voraussetzung zur Problemlösung war es wesentlich, das neuartige digital-optische Untersuchungsverfahren durch

- Entwicklung einer Probenvorbereitungsroutine
- Entwicklung von Mess- und Untersuchungs- sowie Auswerteroutinen

sowohl an die spezifischen stofflichen Erfordernisse als auch unter Berücksichtigung der bereits fixierten und eingeführten produktbezogenen technischen Regelungen und Bewertungskriterien zu adaptieren.

Tabelle 1: Grundgesamtheit des Untersuchungsmaterials zur Aufgabenbearbeitung

Hersteller	Nachstreumittelgemenge	Reflexkörper	Griffigkeitsmittel	Coating		
I	H1T1N	H1T1R	H1T1G	H1C1	H1C2	H1C3
	H1T2N	H1T2R	H1T2G			
II	H2T1N	H2T1R	H2T1G	H2C1	H2C2	
	H2T2N	H2T2R	H2T2G			
III	H3T1N	H3T1R	H3T1G	H3C1		
	H3T2N	H3T2R	H3T2G			

3 Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für die Praxis

Im Ergebnis der granulometrischen Partikelanalyse konnte gezeigt werden, dass das neuartige digital-optische Messverfahren großes Potenzial zur schnellen und aufwandsreduzierten granulometrischen Kennzeichnung der hier zur Verfügung stehenden Proben aufweist. Aufgrund der deutlich größeren Messvolumina ist darüber hinaus die messtechnische Aussage besser fundiert. Zur Analyse der Partikelgrößenverteilung erweist sich das Verfahren als schnell und präzise, es bietet erweiterte Auswertemöglichkeiten in hoher Auflösung. Zusammenfassend lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt feststellen, dass die Korngrößenverteilung $Q_3(x)$ und insbesondere die Kornklassenbelegung $p_3(x_1;x_2)$ sowie auch die Auswertung der Messdaten bezüglich der Verteilungsdichte $q_3(x)$ signifikante qualitative aber auch quantitative Bewertungskenngrößen und Aussagen liefern. Die vorgestellten Ergebnisse und Auswertungen zeigen, dass die verschiedenen Typen, Produkte und Hersteller der Nachstreumittelgemenge bzw. deren Ausgangsmaterialien eigene typische Verläufe und Kennwerte zeigen und dadurch mit dieser Methodik grundsätzlich besser differenzierbar erscheinen. Die Rückführbarkeit bzw. Übertragbarkeit der Ergebnisse an eine Korngrößenverteilung mittels Siebverfahren (Bezug zum Schiedsverfahren) ist herstellbar. Deutlich kommt der Einfluss der Gewinnung und Vorbereitung der Messproben zum Ausdruck. Hier ist zu empfehlen, vollständige Liefergebilde komplett (d. h., mindestens in der erforderlichen Messprobenanzahl) bis zum gewählten Messprobenvolumen (Einwaage) einzuengen und aufzubereiten, um somit eventuellen verfälschenden Einflüssen (z. B. Entmischungs- bzw. Separationstendenzen) möglichst weitgehend vorzubeugen. Aus jedem Liefergebilde sollten im Zuge der Probengewinnung mindestens 3 Messproben gewonnen werden. Wie die durchgeführten Untersuchungen unter weitestgehender Integration auch weiterer werkseigener bzw. Applikationslabore zeigten, erscheint im Vergleich zum Siebverfahren hohe Präzision möglich. An dieser Stelle muss jedoch auf das aufgabenbedingt begrenzte statistische Aussagepotenzial entsprechend ausgewerteter Untersuchungsergebnisse für eine Abschätzung der Präzision unter Wiederhol- und Vergleichsbedingungen hingewiesen werden. Statistisch belastbare Kennwerte zur erreichbaren Wiederhol- und Vergleichspräzision müssen weiteren Untersuchungen mit Ringversuchscharakter vorbehalten sein. Deshalb wird zum jetzigen Stand der Erkenntnisse empfohlen, jede der Messproben mittels Doppelbestimmung zu kennzeichnen.

Mittels separater quantifizierbarer Form- und Transparenzparameter bietet die Camsizer-Methodik neuartige und weiterführende Optionen zur form- und transparenzbezogenen Gütekennzeichnung von Nachstreumittelprodukten des Typs I und II und deren Ausgangsmaterialien in Anlehnung an die Kriterien der DIN EN 1423. Dazu wurden zuerst in aufwendiger Weise aus der konventionellen mikroskopischen Analyse der repräsentativen Probegesamtheit die geometrischen und reflektori-schen Güte-kategorien entsprechend EN 1423 quantifiziert und unter Berücksichtigung der Verbindlichkeit der o. a. Norm bezüglich der form- und transparenzbezogenen Anforderungskriterien als Soll- bzw. Zielwerte der Validierung des Leistungspotenzials der Camsizer-Methodik und deren Auswerteverfahren zugrunde gelegt.

Unter Ausnutzung der methodisch verfügbaren Form- und Transparenzparameter war es im Ergebnis möglich, für jedes untersuchte Nachstreumittelgemenge der Typen I und II bzw. die entsprechenden Ausgangsmaterialien individuelle Gütekriterien zur eindeutigen Identifikation (qualitativer Fingerprint) festzulegen. Erfolgt dies im Rahmen der Eignungsprüfungen, ist darüber hinaus auch eine genaue Zuordnung von Gebrauchsverhalten und optischer bzw. granulometrischer Partikelqualität möglich. Es ist festzustellen, dass aus den gefundenen Ergebnissen zusätzliche aufwandsreduzierte und reproduzierbarere Messoptionen für gebrauchorientierte "Fingerprints" abzuleiten sind, die im Zuge der Weiterentwicklung des entsprechenden Technischen Regelwerks die Gütesicherheit erhöhen können.

Daneben wurden Schwellenwert-Kombinationen von Form- und/oder Transparenzparametern abgeleitet, die eine Reproduktion des Anteils fehlerbehafteter Partikel, die jeweils in konservativer Untersuchungsmethodik gefunden wurden, unter Berücksichtigung quantifizierter Abweichungen reproduzierten. Auf diese Weise wurde versucht, einen direkten Bezug der optischen Auswertemethoden des Camsizer-Verfahrens zur Methodik der EN 1423 herzustellen. Unter Ausnutzung der derzeit bereits verfügbaren Auswertemethoden des Camsizer-Verfahrens konnten in Entsprechung zu den Kriterien der DIN EN 1423 sowohl Form- als auch Reflexionsfehler im Reflexpartikelgemenge und darüber hinaus sogar im Nachstreumittelgemenge detektiert werden, welche die jeweils konservativ gefundenen Anteile fehlerbehafteter Partikel unter Berücksichtigung quantifizierter Abweichungen reproduzierten. Dabei lassen die gefundenen Ergebnisse den Schluss zu, dass es möglich erscheint, neben individuellen Kennzeichnungskriterien auch produktunabhängige typbezogene Parameterkombinationen zu finden. Jedoch muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass für eine endgültige Festlegung typabhängiger allgemeiner Parameterkombinationen weitere Untersuchungen aus der Vielzahl der insgesamt verfügbaren Produkte erforderlich sind, um die Festlegung durch eine entsprechend statistisch abgesicherte Datenbasis abzusichern. Hierzu werden weiterführende Forschungsarbeiten angeregt.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen zur Differenzierung von Nachstreumittelgemischen bezüglich deren Zusammensetzung aus Reflexpartikel und Griffigkeitsmittelgemengen ist es mithilfe der derzeit zur Verfügung stehenden Form- und Transparenzparameter möglich, für jedes Nachstreumittelgemisch einen Gemisch identifizierenden qualitativen "Fingerprint" zu ermitteln. Eine entsprechende Ergänzung des Programms der Eignungsprüfungen macht damit zusätzlich eine direkte Zuordnung zum zugehörigen Gebrauchsverhalten möglich. Mit dieser Methodik steht ein qualitatives Kriterium zur Bewertung der Gleichmäßigkeit von Nachstreumittelgemischen zur Verfügung. Die Untersuchungen an den gelieferten handelsüblichen Nachstreumittelgemengen zeigen unter Berücksichtigung von vorhergehenden Untersuchungen an sogenannten "definiert" zusammengesetzten Reflexpartikeln und Griffigkeitsmittelgemischen darüber hinaus das Potenzial, Nachstreumittelgemenge bezüglich der Zusammensetzung (insbesondere bzgl. des Anteils an Reflexpartikeln zu Griffigkeitsmitteln) "virtuell" zu separieren. Durch die einzelne vergleichende Auswertung der Verläufe sowohl der formbezogenen sowie der transparenzbezogenen Kennwerte zeigte sich anhand der hier untersuchten

Proben, dass zum einen offensichtlich nicht von "einheitlichen" sondern von jeweils herstellerbezogenen unterschiedlichen Ausgangsmaterialien und auch Mischungskompositionen der fertigen Nachstreumittelgemische auszugehen ist. Zum anderen wurde deutlich, dass von den derzeit verfügbaren Auswerteparametern lediglich der Transparenz kennzeichnende Parameter α für eine Differenzierung herangezogen werden kann. Damit steht prinzipiell auch die Möglichkeit zur Verfügung, vorliegende Nachstreumittelgemische auf ihre Mischungszusammensetzung hin quantitativ differenzierend zu untersuchen. Auf der Grundlage der Kennzeichnung von α lassen sich Veränderungen des Mischungsverhältnisses zwischen Anteilen an Reflexpartikel und Griffigkeitspartikel sicher nachweisen. Liegen die Verläufe von α auch für die Ausgangskomponenten des Nachstreumittelgemisches vor, so scheint auch eine hinreichend genaue Quantifizierung des gegebenen Mischungsverhältnisses als Güteparameter möglich (derzeit zu akzeptierende Schwankungsbreite des Mischungsverhältnisses $\pm 0,5$). Die Erkenntnisse sprechen zusätzlich für eine fixierende Kennzeichnung der Qualität der Ausgangsmaterialien eines Nachstreumittelprodukts im Verlauf der Eignungsprüfungen.

Den hier zusammenfassend aufgeführten Aussagen – auch zur Abschätzung möglicher typenunabhängiger Parameterkriterien – liegen im Wesentlichen Ergebnisse zugrunde, die durch Relativvergleich zwischen den Ergebnissen der Einzeluntersuchung aller beteiligten Materialphasen (Ausgangsmaterial: Reflexpartikelgemenge und Griffigkeitsmittelgemenge) und dem fertigen Produkt (Nachstreumittelgemenge) abgeleitet wurden. Mit dem derzeitigen Wissensstand wird deshalb empfohlen, bei integrierten Untersuchungen mit dem Camsizer-Verfahren sowohl die Ausgangsmaterialien (Reflexpartikelgemenge und Griffigkeitsmittelgemenge) als auch das entsprechende Nachstreumittelprodukt einzeln unter Erfassung aller Form- und Transparenzparameter zu kennzeichnen. Dies dient nicht zuletzt auch dem Aufbau eines quantifizierten entsprechenden Erfahrungshintergrunds, der dann Grundlage für eine mögliche Ableitung von hersteller- bzw. typenunabhängigen Parameterkombinationen und/oder Schwellenwerte mit allgemeingültigerer Aussagekraft sein kann.

Insgesamt haben die ermittelten Untersuchungsergebnisse ihr Potenzial zur Weiterentwicklung des derzeitigen Qualitätssicherungsinstrumentariums hin zu objektiveren Beurteilungskriterien mit verbesserter Repräsentativität und direkter Rückführbarkeit zu Gebrauchseigenschaften nachgewiesen. Vor dem Hintergrund der aufwandsreduzierten und gleichzeitig präziseren Untersuchungsmethodik sowie unter besonderer Berücksichtigung der praktisch festzustellenden Spannweite der hier untersuchten Qualitäten dieser Ausgangsmaterialien, wird eine Erweiterung der Gütesicherungsmaßnahmen um die analytische Kennzeichnung der Ausgangsmaterialien Reflexpartikelgemenge und Griffigkeitsmittelgemenge als ein wirksames methodisches Instrument bei der Weiterentwicklung des Qualitätssicherungsinstrumentariums eingeschätzt.

Die adaptierten Untersuchungsverfahren und -methoden auf der Grundlage der Camsizer-Methodik haben aber auch gezeigt, dass das Verfahren durchaus noch weiterführendes Potenzial aufweist. So sollte es durch entsprechende technische Weiterentwicklung der Software möglich sein, unter besonderer

Berücksichtigung der Qualitätsfragestellungen für Nachstreumittelgemenge und deren Ausgangsmaterialien die Detektion insbesondere von Transparenzfehlerbehafteten Partikeln (hier insbesondere von Lufteinschlüssen) zu verbessern und eindeutiger zu gestalten. Darüber hinaus bietet die Auswertoutine des Verfahrens Optimierungspotenzial. So lässt z. B. die Erweiterung möglicher Parameter- und Schwellenwertkombinationen im Rahmen der softwaregestützten logischen Auswertung (UND- bzw. ODER-Kombination) von bisher drei verknüpfbaren Größen auf eine höhere Anzahl Kombinationsmöglichkeiten eine verbesserte Produktkennzeichnung sowie aber insbesondere eine weitere signifikante Präzisionsoptimierung zu erwarten. Entsprechende Rückmeldung der Forschungsnehmer an den Gerätehersteller konnten gegeben werden. Weiterhin ist anzuregen, eigene weiterführende Untersuchungen anzustellen, um das Potenzial des Verfahrens zur Kennzeichnung der Glasqualität (z. B. bezüglich des Brechungsindex) aufzuklären. Hier erscheint eine gezielte Parameterstudie zum Verhältnis unterschiedlicher Glassorten und Brechungsindizes zu den Transparenz kennwerten der Camsizer-Methodik als sinnvoll. Ebenso ergab sich im Zuge der Bearbeitung die Frage nach der Untersuchung des Einflusses einer Beschichtung bzw. der Beschichtungsqualität auf die Transparenz kennwerte. Auch die gezielte Untersuchung der Spannweite der Form- und Transparenzparameter und deren Zuordnung zu kategorisierten Eigenschaften und Qualitäten konnte hier nur ansatzweise – insbesondere auch aufgrund des Fehlens geeigneten Probenmaterials definierter Eigenschaften – durchgeführt werden. Hier kann vorhandenes gerätetechnisches Potenzial mit entsprechender Unterstützung durch weiterführende Forschungsarbeit zusammen mit der herstellenden Industrie für erweiterte gütesichernde Kennzeichnung aktiviert und erschlossen werden.

Im Ergebnis der bisherigen Untersuchungen an den exemplarisch zur Verfügung stehenden Reflexpartikelgemengen, Griffigkeitsmittelgemengen und daraus hergestellter Nachstreumittelgemischen hat sich zusammenfassend für die hier verarbeitete granulometrische Untersuchungsmethodik gezeigt, dass:

- die Camsizer-Methodik Form- und Transparenz kennwerte liefert, die in einer Weise verknüpft werden können, dass mit den dadurch rechnerisch erhaltenen Auswertungen von Camsizer-Messungen ein Bezug zu den Qualitätskriterien der EN 1423, getrennt nach Form- und Reflexionsfehlern, hergestellt werden kann (Zielstellung Ia und Ib),
- die Camsizer-Methodik Form- und Transparenz kennwerte liefert, die in einer Weise verknüpft werden können, dass mit den dadurch rechnerisch erhaltenen Auswertungen von Camsizer-Messungen von Reflexpartikelgemengen des Typs 1 ein Bezug zu den Qualitätskriterien der EN 1423 in Form eines integralen Fehlers aus Form- und Reflexionsfehlern hergestellt werden kann (Zielstellung II),
- die Camsizer-Methodik Form- und Transparenz kennwerte liefert, die in einer Weise verknüpft werden können, dass es mit den erhaltenen Auswertungen von Camsizer-Messungen an Nachstreumittelgemischen möglich erscheint, fehlerhafte Partikel entsprechend

der Qualitätskriterien der EN 1423 integral zu erfassen (Zielstellung III),

- die Camsizer-Methodik Transparenzkennwerte liefert, die einen qualitativen Bewertungshintergrund für Nachstreumittelgemische darstellen. Weiterhin weisen die Ergebnisse darauf hin, dass mithilfe des Trans a-Parameters vorliegende Nachstreumittelgemische in einer Weise ausgewertet werden können, die Rückschlüsse auf das quantitative Mischungsverhältnis Reflexpartikel zu Griffigkeitspartikel im Nachstreumittelgemisch ermöglicht. Voraussetzung ist die Einzelanalyse der entsprechenden Ausgangsmaterialien R und G (Zielstellung IV),
- die derzeit verfügbaren Informationen zur Abschätzung von erreichbaren Präzisionen unter Wiederholbedingungen Anlass für eine hohe erreichbare Genauigkeit geben.

bzw. -beschichtung von Reflexpartikeln wurde ein ambitionierter umfassender Analyseansatz umgesetzt.

In dessen Ergebnis wurden insbesondere thermoanalytische, spektroskopische, spektrometrische und chromatographische Verfahren erarbeitet, um Coatingmaterialien im Ausgangszustand zu identifizieren und zu kennzeichnen.

Aus der Bandbreite der Untersuchungsansätze zeigte sich, dass das spektrometrische Verfahren der Flugzeit-Sekundärlionen-Massenspektrometrie (TOF-SIMS) qualitative Bewertungskriterien zur Detektion einer Oberflächenbeschichtung von Nachstreumittelpartikeln liefern kann. Aus der Analyse der Molekülfragmente erscheint eine Zuordnung zum eingesetzten Coatingmaterial möglich. Damit konnte ein eindeutiges Analyseverfahren validiert werden. Darüber hinaus kann die Methodik auch Informationen zur Beschichtungsqualität bzw. zur Beschichtungsstärke liefern.

	Typ I	Typ II
Zielstellung I (Fehler im Reflexpartikelgemenge) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ia: Formfehler von Reflexpartikeln ▪ Ib: Reflexionsfehler von Reflexpartikeln 	Individuale Kriterium b/l; SPHT, SYMM Unabhängiges Kriterium b/l > 0,8; SPHT > 0,85; SYMM > 0,85	Individuale Kriterium b/l; SPHT, SYMM Unabhängiges Kriterium b/l > 0,77; SPHT > 0,80; SYMM > 0,80
Zielstellung II (Gesamtfehler im Reflexpartikelgemenge)	Individuale Kriterium b/l; SPHT; Trans a Unabhängiges Kriterium b/l > 0,85; SPHT > 0,85 Trans a > 0,15	Individuale Kriterium b/l; SPHT; Trans a Unabhängiges Kriterium -
Zielstellung III (Anforderungsgerechte Reflexperlen im Nachstreumittelgemisch)	Individuale Kriterium b/l; SPHT; Trans bzw. Trans a Unabhängiges Kriterium b/l > 0,85; SPHT > 0,85 Trans a > 0,15	Individuale Kriterium Trans; Trans a, Trans b oder b/l; SPHT; Trans a Unabhängiges Kriterium b/l > 0,80; Trans > 0,20 Trans a > 0,03
Zielstellung IV (MV des Nachstreumittelgemisches) (Anteil Griffigkeitspartikel im Nachstreumittelgemisch)	Unabhängiges Kriterium Trans a > 0	Unabhängiges Kriterium Trans a > 0

Bild 1: Aufklärungspotenzial der Untersuchungsmethodik

Die erarbeiteten Erkenntnisse bezüglich des derzeit gegebenen Beurteilungs- und Differenzierungspotenzials der angewendeten Untersuchungsmethodik unter Ausnutzung der damit verbundenen höheren Objektivität und Präzision für die Qualitätsbewertung sind Anregung für eine entsprechende Berücksichtigung im Gütesicherungsinstrumentarium des zugehörigen Technischen Regelwerks.

Auf der Grundlage der bisherigen Untersuchungen – hier insbesondere auf der Basis der Erfahrungen der BAST – zur chemisch-analytischen Kennzeichnung der Oberflächenqualität

Daneben konnten mittels einer Headspace-GC/MS basierten Messmethode sowie insbesondere unter Hochtemperatur-Desorptionsaktivierung HTD-GC/MS weitere Verfahren des chromatographischen Analyseansatzes zur Detektion von Oberflächenbeschichtungen im Sinne der Aufgabenstellung entwickelt werden.

Keiner der Analysenansätze für die vorliegenden Proben zeigt ein jeweils auf alle hier verwendeten Coatings zutreffendes, also universelles Signal. Dementsprechend sind die erarbeiteten Analyseansätze Relativverfahren, das heißt, es werden für

eine Zuordnung vorab Referenzproben von beschichtetem und nicht beschichtetem Nachstreumittel (GC/MS-Verfahren) respektive eine Referenz des Coatings (TOF-SIMS) benötigt. Alle der genannten Verfahren setzen auf die Analyse des funktionellen Rests des Coating-Materials, nutzen dabei jedoch verschiedene Methoden zur Abspaltung:

- Säure-/Base-Auflösung (Headspace-GC/MS),
- Thermische Aktivierung (HTD-GC/MS),
- Energetische Aktivierung, hier Ionenbeschuss (TOF-SIMS).

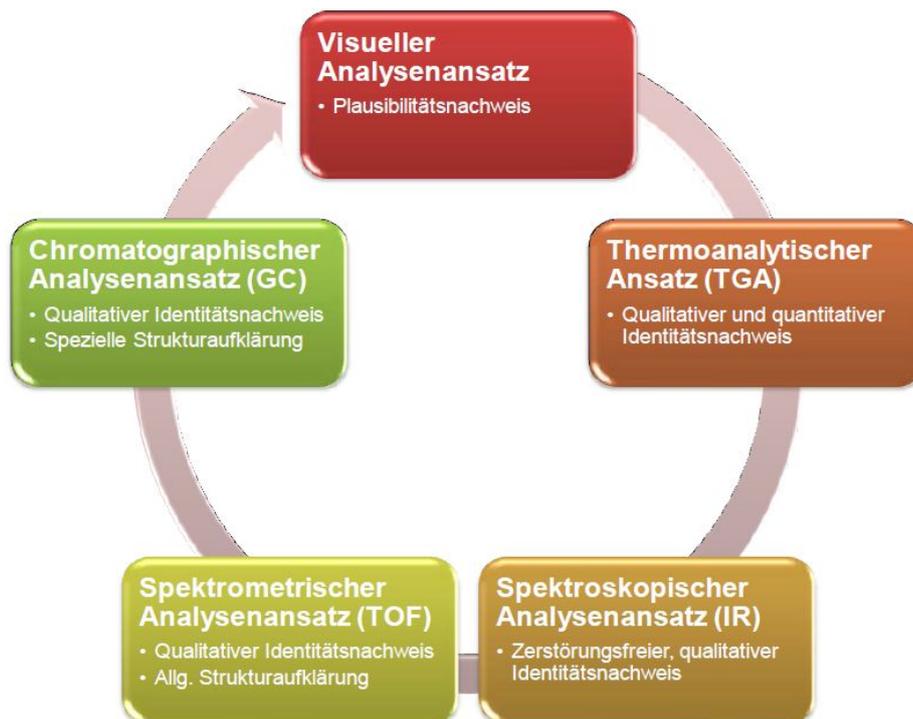


Bild 2: Schematische Darstellung des auf seine Eignung hin validierten chemisch-analytischen Untersuchungsansatzes zur Kennzeichnung der Beschichtung

Zusätzlich erfolgten umfangreiche Voruntersuchungen zur Kennzeichnung des oberflächenenergetischen Zustands derartiger Partikel, welche im Ergebnis die grundsätzliche Eignung eines elektrokinetischen Analyseansatzes zur Ermittlung des ZETA-Potenzials nachgewiesen haben. Aus Sicht der Bearbeiter ist von dieser vorteilhaften Analyseoption – sowohl vom Handling als auch bezüglich der analytischen Aussage und des damit verbundenen Einsatzspektrums (Identifikation; Quantifizierung von oberflächenenergetischem Verhalten; Gütesicherung) sowie unter Berücksichtigung des direkten Bezugs zum Gebrauchsverhalten – ein derartiges qualitätsunterstützendes Potenzial zu erwarten, dass weiterführende Untersuchungen mit dem Ziel der Erarbeitung eines entsprechenden Untersuchungs- und Auswerteverfahrens unbedingt empfohlen werden.

Es wird angeregt, die vorliegenden Ergebnisse entsprechend der spezifischen Erfordernisse der Zulassungsbehörde und den Straßenbauverwaltungen kritisch zu bewerten und bei einer anfallenden Überarbeitung des Technischen Regelwerks als mögliche Methodenergänzung für eine verbesserte Gütesicherheit dieser Produkte für Fahrbahnmarkierungen zu berücksichtigen. Für die Durchführung und Auswertung der wesentlichen erarbeiteten Untersuchungsverfahren und -methoden wurden Arbeitsanweisungen als Durchführungsvorschläge erarbeitet.