

Stand der Markiertechnik für spritzbare Markierungsmaterialien

Present-day roadmarking technology for sprayable marking materials

Frank Hofmann

Seit den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts werden zur Markierung größerer Straßenstrecken selbstfahrende Markiermaschinen eingesetzt, mit denen flüssige Markierungsmaterialien – jahrzehntelang im wesentlichen Farbe – mit Hilfe von Spritzpistolen appliziert werden. Bei allen herkömmlichen Maschinen erfolgt die Markierungsmaterialzufuhr aus einfachen luftdruckbeaufschlagten Vorratsbehältern oder aus Markierungsmaterialkreisläufen, deren Druck von Pumpen aufrechterhalten wird, die den Markierungsmaterial aus drucklosen Behältern entnehmen.

Allen diesen immer noch am weitesten verbreiteten Systemen gemeinsam ist daher die Abhängigkeit der Markierungsmaterialschichtdicke von folgenden Einflußgrößen:

- Druck des Markierungsmaterials
- Viskosität (Temperatur)
- Zerstäuberluftdruck (bei zerstäuberluftbetriebenen Pistolen)
- Fahrgeschwindigkeit der Markiermaschine.

Infolge der Unmöglichkeit, alle diese Einflußgrößen während des Markierungsvorgangs gleichzeitig zu beobachten und konstant zu halten, ist die Schichtdicke fortlaufenden Änderungen unterworfen.

Das Problem der innerhalb der zulässigen Abweichungen nur schwer einzuhaltenden Schichtdicken wird dadurch verschärft, daß kein Verfahren bekannt ist, das nach der Applikation des Markierungsmaterials, insbesondere nach deren Trocknung bzw. Aushärtung, eine fortlaufende Schichtdickenmessung, etwa verbunden mit einem Abfahren der Markierung, erlaubt. Selbst eine stellenweise Schichtdickenmessung an einer vorhandenen bereits trockenen Markierung ist sehr aufwendig und problematisch.

Trotz jahrzehntelanger Bemühungen ist es erst in den achtziger Jahren gelungen, praxistaugliche Verfahren zu entwickeln, mit denen die oben genannten Einflüsse ausgeschaltet oder wenigstens mit Hilfe von maschinengebundenen Meßgeräten fortlaufend sichtbar gemacht werden kann.

Bei den ersten Verfahren wird mit Hilfe einer proportional zur Fahrgeschwindigkeit angetriebenen Dosierpumpe die zu fördernde Markierungsmaterialmenge direkt mit der Fahrgeschwindigkeit gekoppelt. Die eingangs genannten schichtdickenändernden Einflüsse sind damit ausgeschaltet, d.h. die Markierungsmaterialmenge pro Wegeinheit bleibt automatisch konstant.

1. Markierungsmaterialkontrolle mit Hilfe von Durchflußmessern

Bilder 1 + 2

Bei den alternativ genannten Verfahren wird der Markierungsmaterial auf dem Weg zur Pistole über einen Durchflußmesser geleitet, der fortlaufend die Größe des Durchflusses erfaßt und entsprechende elektronische Signale liefert. Die Systeme umfassen weiterhin einen Geschwindigkeitsaufnehmer (Impulsgeber), der ebenfalls der Geschwindigkeit entsprechende elektronische Signale liefert. In einem Rechner werden die Werte für Markierungsmaterialdurchfluß, Geschwindigkeit und Strichbreite, die mit einem Vorwahlschalter vorgegeben wird, zum Markierungsmaterialauftrag in μm umgerechnet bzw. in g/m^2 , wenn auch noch das spez. Gewicht des Markierungsmaterials vorgegeben wird. Der Markierungsmaterialauftrag wird dann in einer Anzeige fortlaufend angezeigt. So wie ein Autofahrer versucht, durch Beobachtung des Tachometers und durch ent-

sprechendes Reagieren eine Geschwindigkeit konstant zu halten, kann der Markiermaschinenfahrer durch Beobachtung der Anzeige und entsprechendes Reagieren (Beschleunigen, Verzögern, Behälterdruck ändern) den Markierungsmaterialauftrag in vorgegebenen Grenzen einhalten. Mit einer automatischen Konstanthaltung wie sie bei wegabhängigen, mit Dosierpumpen ausgerüsteten Systemen vorliegt, hat dieses System allerdings nichts zu tun. Die Regelfunktion übernimmt nach wie vor der Bedienungsmann, der durch Beobachten und Reagieren versuchen muß, Ist und Soll möglichst zur Deckung zu bringen. Der Markierungsmaterialauftrag wird also immer um einen Sollwert herum variieren, denn eine Reaktion des Bedienungsmannes tritt mit zeitlicher Verzögerung erst dann ein, wenn eine Abweichung vom Sollwert bereits eingetreten ist und auch bemerkt wurde. Die Qualität der Konstanthaltung des Markierungsmaterialauftrages ist also bei diesem System, das lediglich eine Istwertanzeige liefert, nach wie vor auch abhängig von der Qualität des Bedienungsmannes. Nachteilig ist zudem dessen zusätzliche Belastung. Statt sich ausschließlich auf die exakte Lageeinhaltung der aufzubringenden Markierung konzentrieren zu können, wie das bei wegabhängigen Systemen der Fall ist, muß er seine Aufmerksamkeit auch der Beobachtung der Istwert-Anzeige widmen und den entsprechenden Reaktionen.

Wenn man den Einfluß der Viskosität auf das Meßergebnis vermeiden und häufigem Eichen aus dem Wege gehen will, kommen nur volumetrische d.h. mit Hilfe von in ihrem Volumen veränderlichen Kammern arbeitende Durchflußmesser in Frage.

Derartige Durchflußmesser lagen bisher nur als feinwerktechnische Geräte mit aufeinander gleitenden Bauelementen vor und eignen sich nur für Markierungsmaterial ohne abrasive Beimengungen und auch das nur bedingt, da auch "saubere" Markierungsmaterial bereits verschleißend wirken und die Geräte schnell ungenauer werden lassen. Jetzt stehen jedoch volumetrische Durchflußmesser zur Verfügung, die auch bei Markierungsmaterial mit eingemischtem Glasperlen und Griffigkeitsmitteln keinen Verschleiß zeigen und sich sogar bei Temperaturen bis 250°C , also für spritzbare Thermoplastiken, einsetzen lassen.

2. Wegabhängig dosierende Systeme kombiniert mit drucklosen Behältern

Bild 3

Zweifelloos sind die sich immer mehr durchsetzenden wegabhängigen, mit Dosierpumpen arbeitenden Markiersysteme überlegen. Nach der Einstellung der gewünschten Markierungsmaterialmenge pro Wegeinheit kann der Bedienungsmann seine gesamte Aufmerksamkeit der Maschinenführung und der Einhaltung der Lage der Markierung widmen. Besonders zur Geltung kommen die Vorteile auf kurvigen, unübersichtlichen Strecken in bergigem Terrain. In Kurven muß die Geschwindigkeit wegen der schwierigeren Richtungshaltung meistens stark reduziert werden; auf der geraden Strecke dagegen kann die Geschwindigkeit bis zur Leistungsgrenze der Maschine erhöht werden. Der Markierungsmaterialauftrag bleibt dabei konstant. Seit 1981 bewährt hat sich bei diesen Systemen die Doppel-Stahlbalg-Dosierpumpe mit einer bei Dosierpumpen unübertroffenen Dosiergenauigkeit. Die Pumpe zeigt auch bei Markierungsmaterial mit Glasperlen usw. keinen fortschreitenden Verschleiß, der die Dosiergenauigkeit verringern könnte und ist gegenüber sämtlichen Lösungsmitteln beständig. Die Pumpe liegt als Langsamläufer vor mit sehr wenigen Ventilspielen, was die Betriebssicherheit erhöht. Die für den

Markierungsvorgang wichtige Pulsationsfreiheit und hohe Dosiergenauigkeit werden durch ein neuartiges Funktionsprinzip erreicht: Zwei überlappende gleichmäßige Förderströme werden nahtlos abwechselnd auf die Spritzpistole geschaltet.

Auch für die Applikation von glasperlenfreien Farben mit dem AIRLESS-Verfahren steht dieses wegabhängige Pumpensystem neuerdings zur Verfügung. Mit dem AIRLESS-Verfahren erzielt man bekanntlich die besten Randbegrenzungen. Außerdem ergibt sich infolge des Wegfalls der Drucklufterzeugung für die Farbzerstäubung und infolge des Wegfalls des Pistolenluftgeräusches ein wesentlich niedrigerer Geräuschpegel.

Der Vorteil der streng wegabhängigen Dosierung kann allerdings nur in einem Geschwindigkeitsbereich genutzt werden, der im Vergleich zum Zerstäuberluftverfahren kleiner ist. Er hängt ab von dem kleinsten Druck (Geschwindigkeit), bei dem sich noch die gewünschte Farbfächerausbildung ergibt und vom höchsten verträglichen Druck.

3. Wegabhängig dosierende Systeme kombiniert mit Druckbehältern

Bilder 4 + 5

Zusätzlich zu dem im Voranstehenden beschriebenen Pumpensystem, das den Markierungsstoff problemlos und pulsationsfrei aus drucklosen Vorratsbehältern verarbeitet, haben seit 1987 auch konventionelle pulsierende Pumpen Eingang in die wegabhängige Markierungstechnik gefunden, denen zwecks Reduzierung der störenden Pulsationen der Markierungsstoff in der Regel unter Druck aus Druckbehältern zugeführt wird.

Pro Umdrehung weisen diese Pumpen drei durch das Funktionsprinzip bedingte Pulsationen auf. Bei der gewählten Pumpengröße treten die Pulsationen – also Dünn- und Dickstellen – je nach der von Spritzbreite und Schichtdicke abhängigen Fördermenge pro Wegeinheit im Abstand zwischen 3 und 25 cm auf. Bei großer Spritzbreite und insbesondere bei großer Schichtdicke ist der Abstand so gering, daß Pulsationen im Spritzbild kaum feststellbar sind. Dafür treten die Pulsationen um so deutlicher in Erscheinung je geringer Spritzbreite und Schichtdicke sind, d.h. je weniger Umdrehungen die Pumpe pro Wegeinheit ausführt. Durch sog. Pulsationsdämpfer (gas- oder druckluftbeaufschlagte Polster in der Leitung zwischen Pumpe und Pistole) können Pulsationen stark geglättet werden. Nachteilig jedoch ist die Abhängigkeit der Wirksamkeit derartiger Dämpfer von Markierungsstoffdruck und Pumpendrehzahl. Um eine gute Glättung der Pulsationen zu erzielen, muß der Dämpfer jeweils auf die gerade herrschenden Verhältnisse (Markierungsgeschwindigkeit und Druck) justiert werden, was manuell erfolgen muß. Ändern sich Markiergeschwindigkeit und/oder Markierungsstoffdruck, wird eine manuelle Neujustierung des Dämpfers notwendig. Für dynamisches Markieren mit häufig stark variierender Fahrgeschwindigkeit sind Systeme mit diesen schnelldrehenden Dreifach-Verdrängerpumpen demnach weniger geeignet.

Dennoch haben diese Pumpensysteme auch Vorteile. Durch ihre geringe Baugröße lassen sie sich leicht an konventionellen Druckbehältermaschinen installieren. Als weiterer Vorteil wird von den Benutzern angesehen, daß eine mit einer derartigen Pumpe ausgerüstete Druckbehältermaschine nach wie vor in konventioneller Weise eingesetzt werden kann, d.h. es kann in altbekannter Weise der Markierungsstoff der Pistole durch den Behälterdruck zugeführt werden. Ansaug- und Druckventile der Pumpen liegen als Rückschlagventile vor, die in Strömungsrichtung bei einem Behälterdruck größer als 1-2 bar einfach durchdrückt werden, so daß die Pumpe vom Markierungsstoff nahezu widerstandslos durchströmt wird, unabhängig davon, ob die Pumpe angetrieben wird oder stillsteht, ob sie funktionsfähig ist oder defekt. Bei der Kombination Druckbehälter/Pumpe ist es demnach auch möglich, bei Bedarf innerhalb von Sekunden vom konventionellen Druckbehältermarkierverfahren durch pneumatisches Absenken bzw. Anheben des Pumpentriebsrades auf wegabhängiges Markieren überzugehen bzw. umgekehrt.

4. Wegabhängig dosierende Systeme für Nachstreumittel

Bild 6

Zur wegabhängigen Dosierung von Nachstreumitteln wird durchweg das Prinzip der sog. Zellenradschleuse angewandt. Die Taschen eines wegabhängig angetriebenen Zellenrades füllen sich in ihrer oberen Stellung mit dem Streugut und entleeren sich nach dem Passieren von Dichtungen nach unten. Als sog. Walzenperlstreuer sind diese Geräte seit Jahrzehnten bekannt und in Gebrauch. Das Streugut gelangt bei diesen Streuern im freien Fall, d.h. ohne zusätzliche Beschleunigung auf die Markierung. Wegen der durch die geringe Fallgeschwindigkeit bedingten Seitenwindempfindlichkeit und wegen der Notwendigkeit, für jede Linienbreite ein Gerät mit der entsprechenden Breite vorhalten zu müssen, wurden die Walzenperlstreuer in den vergangenen 10-15 Jahren fast völlig von den sog. Perlpistolen verdrängt. Bei diesen ist die Durchsatzmenge abhängig von den Fließeigenschaften des Nachstreumittels und von dem eingestellten Luftdruck. Bezüglich der Streumenge pro Wegeinheit liegen demnach ähnliche Verhältnisse vor wie bei den eingangs erwähnten herkömmlichen Verfahren für flüssige Markierungsstoffe. In den seit einigen Jahren zum Einsatz kommenden sog. Dosier-Perlpistolen wurden die Vorteile der herkömmlichen Perlpistolen, nämlich hohe Streugutgeschwindigkeit und verstellbare Streubreite, mit dem Vorteil der Dosierfähigkeit der Walzenperlstreuer kombiniert.

Bei Dosier-Perlpistolen erfolgt die Mengendosierung allein durch ein Zellenrad, das pro Umdrehung eine durch das Volumen der Zellenradtaschen bestimmte Streumittelmenge direkt in ein Düsensystem hineinfördert. Dort wird das Streumittel durch einen Luftstrom beschleunigt und gelangt über einen Verteiler auf die Markierung. Dosierung und Beschleunigung des Streumittels erfolgen also getrennt voneinander und ohne gegenseitigen Einfluß. Die Menge wird bestimmt durch die Drehung des Zellenrades, die Auftreffgeschwindigkeit durch den Druck der Beschleunigerluft. Es handelt sich hier um sehr einfache und daher wenig störanfällige Geräte mit nur **einem** beweglichen Bauteil. Durch das Konstruktionsprinzip konnten feuchtigkeitsanziehende und verschleißende Umfangsabdichtungen für das Zellenrad vermieden werden.

Neben den Dosier-Perlpistolen sind Geräte eingeführt, die aus einer Kombination eines wegabhängigen dosierenden Walzenperlstreuers mit einer mechanischen Beschleunigungsvorrichtung bestehen. Diese liegt in Gestalt einer unterhalb der Dosierwalze angeordneten, flügelbestückten Schleuderwalze vor, die das aus der Dosierwalze herausfallende Streugut erfaßt und mit hoher Geschwindigkeit auf die Markierung schleudert. Angetrieben wird die Schleuderwalze durch einen in seiner Drehzahl verstellbaren Luftmotor. Diese Geräte sind in unterschiedlichen Breiten lieferbar, um unterschiedliche Streubreiten erzielen zu können.

5. Kontrollsensor für die Funktion der Nachstreumittel-Applikation

Bild 7

Ungewolltes Ausbleiben der Applikation der Nachstreumittel zieht kostspielige Nachbesserungen einer neuen Markierung nach sich. Ungewolltes Ausbleiben kann diverse Ursachen haben: Verbrauchter Vorrat, Zulaufschwierigkeiten zur Streuvorrichtung, nicht eingeschaltete Streuvorrichtung, Störungen im Antrieb der Streuvorrichtung usw. Anders als die ungewollte Unterbrechung der Applikation eines flüssigen Markierungsstoffes wird eine Störung der Applikation der Nachstreumittel oft nicht sofort bemerkt, da kein gut wahrnehmbarer Geräuschunterschied auftritt. Oft werden deshalb Störungen erst im Nachhinein bei Kontrollfahrten bei Dunkelheit festgestellt.

Zur frühzeitigen Erkennung von Störungen steht jetzt eine Kontrolleinrichtung zur Verfügung, die beim Ausbleiben des Nachstreumittels ein akustisches Signal abgibt. Die visuelle Aufmerksamkeit des Bedienungsmannes wird nicht beansprucht. Das Signal erfolgt nur dann, wenn tatsächlich keine Nachstreumittel aus der Streuvorrichtung austreten. Der Kontrollsensor ist mit der Strich-Längen-Steuerung gekoppelt und wird je-

weils mit der Einschaltung der Pistolen für den flüssigen Markierungsstoff aktiviert.

6. Optimierte Vorratsbehälter für Nachstreumittel

Bild 8

Insbesondere bei größeren Markiermaschinen haben sich infolge diverser konstruktiver Zwänge in der Vergangenheit Behälterformen ausgebildet, die zwar ein genügend großes Volumen haben, aber je nach Lage des benutzten Auslaufstutzens nur eine Entleerung zwischen 30 und 50 % gestatten.

Die liegende Anordnung niedriger, langer Behälter ist die Ursache für diesen ungünstigen Entleerungsgrad. Optimal wären siloförmige Behälter mit spitzkegeligem Boden. Derartige Behälter mit einem Entleerungsgrad von 100 % lassen sich an Markiermaschinen jedoch nicht realisieren. Als realisierbar hat sich ein schmaler, hoher und sich über die Maschinenbreite erstreckender Behälter erwiesen, der je nach benutztem Auslaufstutzen eine Entleerung von 70 bis 90 % garantiert. Diese Behälterform und -anordnung wird sich in Zukunft durchsetzen.

7. Rationalisierung bei der Erzielung exakter Linienlängen

Bild 9

Zur exakten Einhaltung der Linienlängen und deren fortlaufender Kontrolle sind enorme Fortschritte zu verzeichnen. Es ist bekannt, daß die tatsächlichen Linienlängen (Ist-Längen) abweichen von den im Streugerät vorgegebenen Soll-Längen. Die Abweichungen, die bis zu 80 cm betragen können, sind abhängig von folgenden Einflüssen:

- Markiergeschwindigkeit
- Steuerluftdruck
- Zylindergröße von weiteren gleichzeitig zu betätigenden Aggregaten (Perlpistole, Markeurhubzylinder)
- Nadelreibung der Pistole (Pressung der Nadeldichtung)
- Kraft der Pistolenkolbenfeder
- Entlüftungsverhältnisse (z.B. Schnellentlüfter, Schlauchlänge und -querschnitte)

- Trägheit und Verschmutzungsgrad von E-Magnetventilen

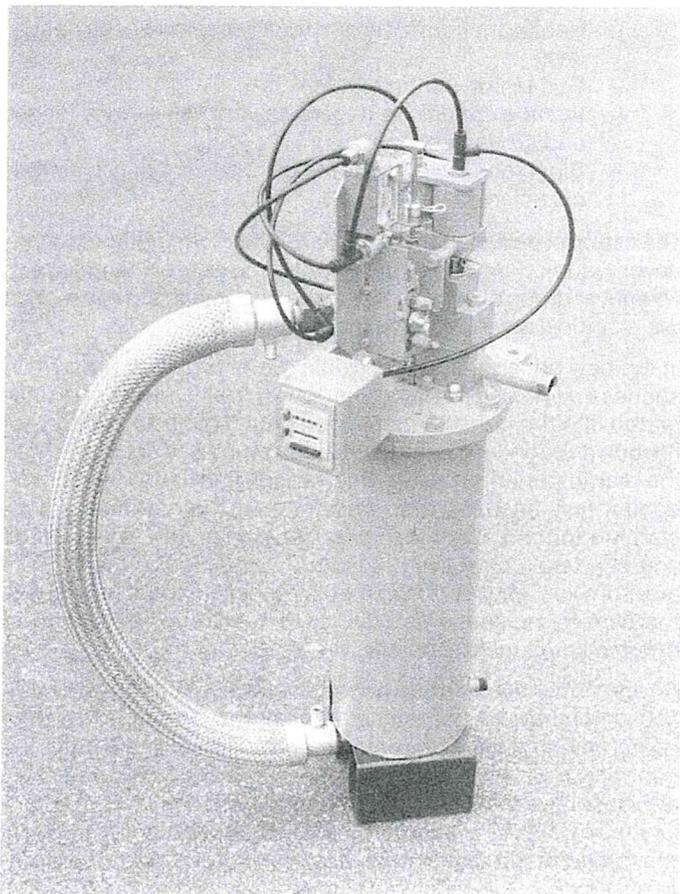
Die Größe der Abweichungen kann sich also ständig ändern, z.B. wenn sich Markiergeschwindigkeit oder Steuerluftdruck ändern oder wenn Kondensattröpfchen im Luftsystem das E-Magnetventil träger machen.

Bei elektronischen Steuerungssystemen der neuen Generation, die sich seit Jahren im Einsatz bewähren, wird mit Hilfe eines in die Pistole eingesetzten Sensors der tatsächliche Öffnungs- und Schließvorgang der Pistole zum Steuergerät zurückgemeldet und daraus die tatsächliche Ist-Länge ermittelt. Diese wird Strich für Strich neu im Steuergerät zur Anzeige gebracht, so daß sich der Bedienungsmann während der Fahrt ständig über die tatsächlichen Längenverhältnisse auf der Fahrbahn informieren und Korrekturen vornehmen kann.

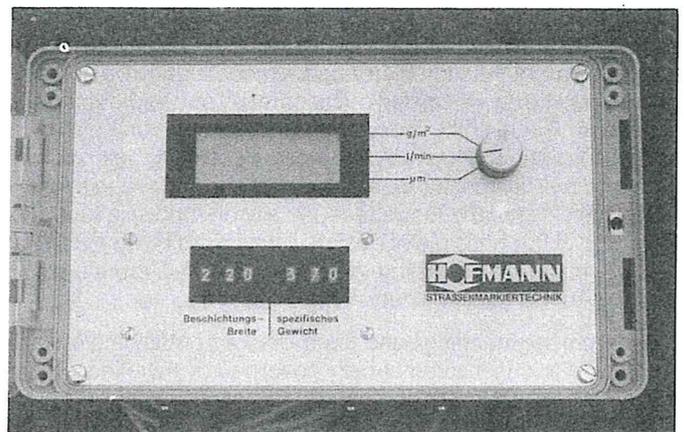
Anhalten der Maschine und Ausmessen der Linienlängen auf der Fahrbahn (Unfallrisiko!) entfallen somit. Benutzer dieses Systems bestätigen einen großen Rationalisierungseffekt.

Ein weiteres Merkmal fortschrittlicher Steuerungssysteme ist der vereinfachte Vorgang für die Längenkorrektur. Bei der früheren Technik mußte nach einer Korrektur der Linienlänge eine entgegengesetzte Korrektur der Lückenlänge vorgenommen werden, was eine Belastung des Bedienungsmannes darstellte und leicht zu Falscheinstellungen führte. Heute sind nur noch Korrekturen der Linienlänge erforderlich; die Länge der Lücke ändert sich automatisch in entgegengesetztem Sinn.

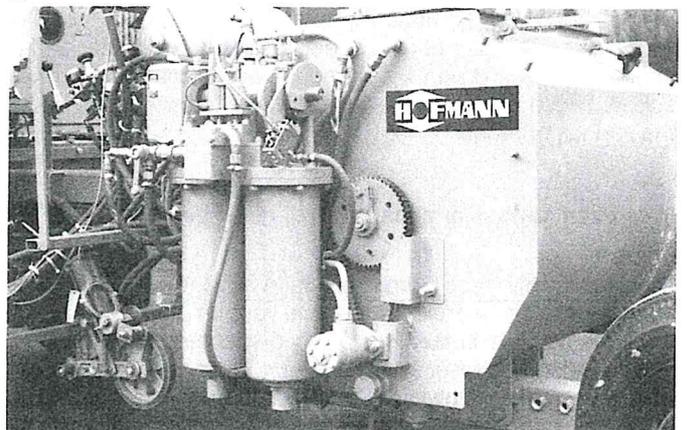
Selbstverständlich geworden ist mittlerweile auch die sog. Vorwärts-Rückwärts-Erkennung, die es gestattet, mit der Maschine bei einem Stop in der Strichlücke beliebig vorwärts und rückwärts zu rangieren, ohne daß der programmgemäße Anfang der nächsten Linien verlorengeht. Das Steuergerät verrechnet Rückwärtsimpulse mit den Vorwärtsimpulsen, so daß beim Weitermarkieren die nachfolgende Linie genau an der Soll-Stelle beginnt. Auch die bei stillstehender Maschine bei laufendem Motor in ungünstiger Impulsgeber-Stellung erzeugten Vorwärts- und Rückwärtsimpulse neutralisieren sich, so daß das Gerät stets eingeschaltet bleiben darf ohne Gefahr eines vorzeitigen unerwarteten Spritzbeginns der Pistole.



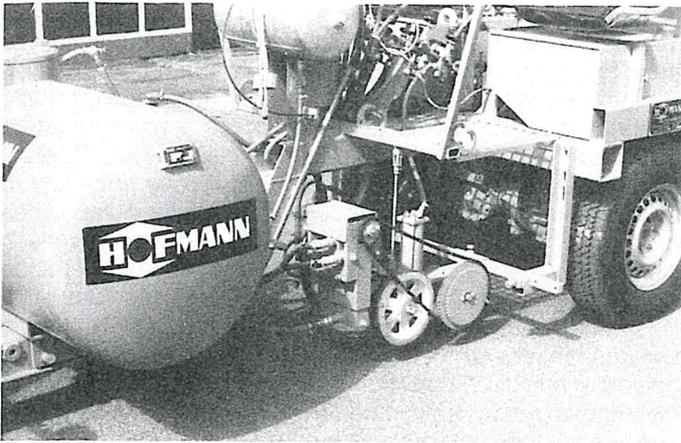
1



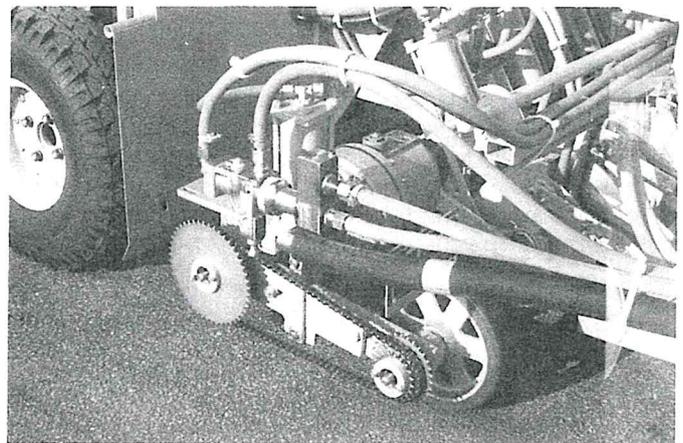
2



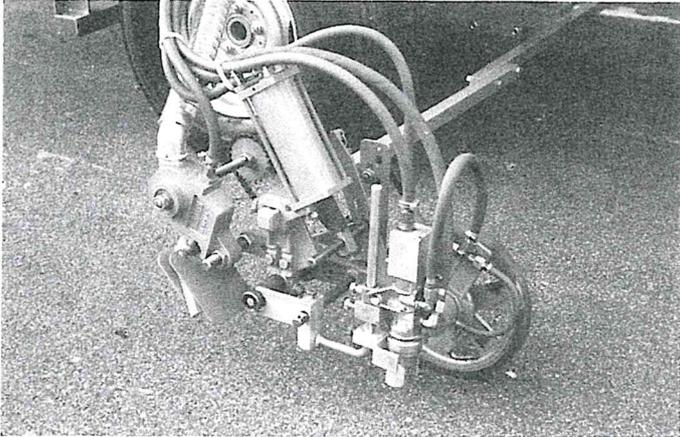
3



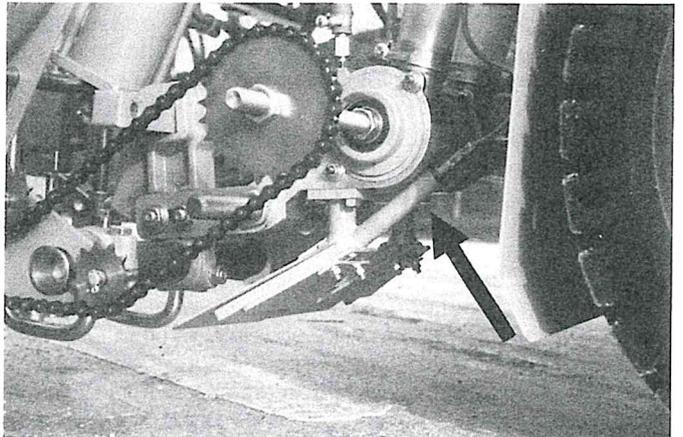
4



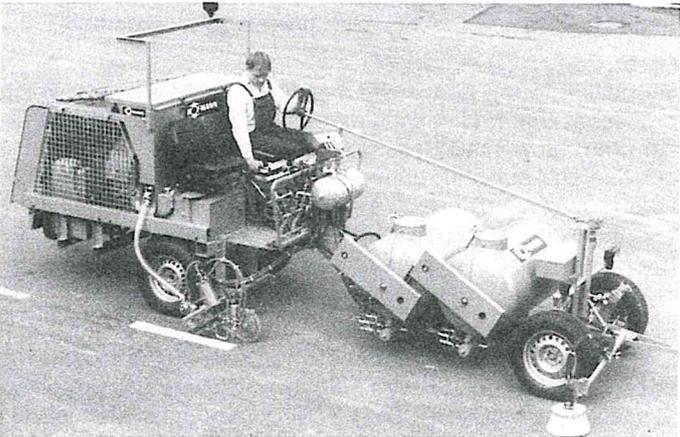
5



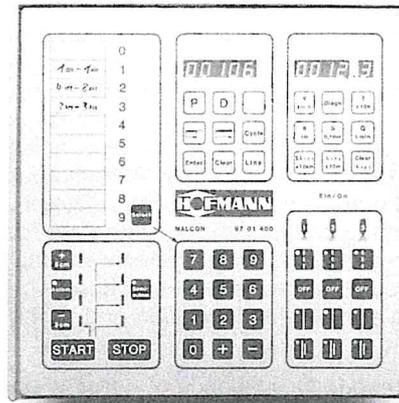
6



7



8



9

Present-day roadmarking technology for sprayable marking materials

Frank Hofmann

Since the twenties self-propelled roadmarking machines have been used to mark large sections of roadway, applying with the aid of sprayguns liquid roadmarking materials – for decades mainly paint. On all traditional machines, the roadmarking material is fed from pressurized storage containers, or from other systems, maintained under pressure by pumps which draw off the roadmarking material from pressureless containers.

The feature common to all these systems, which are still most widespread, therefore, is the subjection to influence on the sprayfilm thickness exerted by the following factors:

- Pressure of roadmarking material
- Viscosity (temperature)
- Atomizing air pressure (on guns with atomizing air)
- Travelling speed of the roadmarking machine.

Since it is not possible during the roadmarking process to keep all these factors simultaneously under observation and maintain them at a constant level, the film thickness is subject to continuous fluctuations.

The difficult problem of maintaining film thicknesses within permissible fluctuation limits is intensified by the fact that there is no known method of continuously measuring the film thickness – for example, in combination with travelling along the roadmarking – after the roadmarking material has been applied, particularly after it has dried resp. hardened. Even measuring film thickness at random points of an already dry roadmarking is very expensive and problematic.

Despite decades of effort, a technique suitable for everyday use and capable of eliminating the aforementioned factors, or at

least enabling them to be continuously observed with the aid of instruments attached to the machine, was not successfully developed until the eighties. For the former techniques, a metering pump operating in proportion to the travelling speed directly links the delivery quantity of roadmarking material to the travelling speed. The factors influencing the film thickness, mentioned at the beginning, are thereby eliminated, i.e. the quantity of roadmarking material per unit of travelled distance remains automatically constant.

1. Roadmarking material control with the aid of flow meters

Photos 1, 2

The systems indicated as alternatives convey the roadmarking material en route to the gun through a flow meter, which continuously registers the flow volume and provides corresponding electronic signals. The systems include furthermore a speed pick-up (impulse generator), which also provides speed-governed electronic signals. A computer converts the values for roadmarking material flow volume, speed and line width (this is set on a selector switch) into μm , or in g/m^2 if the specific gravity of the roadmarking material is also entered. The sprayfilm thickness is then continuously indicated on a display. Just as a car driver tries to maintain a certain speed by observing the speedometer and reacting correspondingly, so can the driver of a roadmarking machine, by observing the display and reacting accordingly (accelerating, slowing down, altering the container pressure), maintain the sprayfilm thickness within specified limits. However, this system bears no relationship to automatically constantly maintained delivery rates, such as those provided by systems governed by travelled distance and equipped with metering pumps. The control function is assumed, as before, by the operator, who, by observing and reacting, must try to equate the actual state as closely as possible to the required value. The sprayfilm thickness will, therefore, always hover around a required value, for a delayed reaction from the operator is not effected until a deviation from the required value has already occurred and been observed. Therefore, the quality of the constantly maintained sprayfilm thickness using this systems, which only provides an actual value indication, still depends on the quality of the operator. A further disadvantage is the additional burden placed upon him. Instead of being allowed to concentrate solely on the position of the roadmarking to be applied, as is the case under systems automatically governed by travelled distance, he must also devote his attention to observing the actual value indication and to the appropriate reactions.

If you wish to evade the influence of viscosity on the result of measurement and dispense with frequent calibration, only volumetric flow meters, i.e. flow meters which operate with chambers that vary in volume, can be considered.

Such flow meters were, until now, only available as precision instruments with gliding components and are only suitable for roadmarking materials without abrasive additives. Even then, this applies only to a limited extent, since also "clean" roadmarking materials have a certain wear effect and the instruments quickly lose their accuracy. Now, however, volumetric flow meters are available that show no wear when used with roadmarking materials containing intermixed glass beads and traction additives and that are also suitable for use at temperatures of up to 250°C , thus for sprayable thermoplastics.

2. Metering systems automatically governed by travelled distance in combination with pressureless containers

Photo 3

Without a doubt, the increasingly prevailing roadmarking systems automatically governed by travelled distance and equipped with metering pumps are superior. After setting the required delivery quantity of marking material per unit of distance travelled, the operator can devote his undivided attention to operating the machine and maintaining course and roadmarking position. These advantages are particularly important on win-

ding sections of roadway with blind spots in mountainous terrain. On bends, usually speed must be greatly reduced due to the difficulty in maintaining direction; on the other hand, on straight stretches speed can be increased up to the machine's performance limit. The sprayfilm thickness remains constant throughout. Since 1981, the double steel-bellows reciprocating metering pump, with its unsurpassed metering accuracy in comparison with other reciprocating metering pumps, has been successful in these systems. The pump reveals, even when using roadmarking materials with glass beads, etc., no continuous wear that could reduce the metering accuracy and is resistant to all solvents. The pump is available as slow-moving version with very low valve cycle rate, a facility which improves operating reliability. Pulsation-free operation and high level of metering accuracy, both important for roadmarking, are obtained by a new principle of operation: Two overlapping, even delivery flows are switched continuously and alternatively to the spraygun.

This pump system, automatically governed by travelled distance, has recently also become available for AIRLESS-application of paints without glass beads. It is a known fact that the AIRLESS-technique provides the best results at the edges. Apart from this, dispensing with both the compressed air supply for atomizing the paint and also with the noise made by a spraygun provides a markedly low sound level.

One can, however, only take advantage of the benefit of metering strictly according to travelled distance within a speed range narrower than that available in the atomizing technique. It depends on the minimum pressure (speed) necessary for the required paint spread and on the maximum permissible pressure.

3. Metering systems governed automatically by travelled distance in combination with pressurized containers

Photo 4, 5

In addition to the previously described pump system, which processes the roadmarking material both trouble- and pulsation-free from pressureless storage containers, since 1987 also conventional pulsating pumps, into which the roadmarking material is usually fed under pressure from pressurized containers to reduce disruptive pulsations, have been introduced into the roadmarking technique automatically governed by travelled distance.

Each revolution of these pumps causes three pulsations that are attributable to the principle of operation. On the selected size of pump the pulsations – i.e. light and heavy patches – occur at intervals of between 3 and 25 cm, depending on the delivery quantity per unit of travelled distance, which, in turn, is subject to spray width and film thickness. The interval is so negligible on wide widths and, especially on heavy film thicknesses, that pulsations are hardly discernible in the spray pattern. On the other hand, the pulsations are the more noticeable, the narrower the spray width and the lighter the film thickness, i.e. the less revolutions the pump makes per unit of travelled distance. By fitting so-called pulsation dampers (cushion of gas or compressed air in the line between pump and gun), pulsations can be suppressed to a great extent. However, such dampers are disadvantageous insofar as their effectiveness is dependent on the pressure of the roadmarking material and the pump speed. In order to effectively suppress the pulsations, the damper must be adjusted to suit current conditions (roadmarking speed and pressure), which must be carried out manually. If roadmarking speed and/or roadmarking material pressure change, it is necessary to re-adjust the damper manually. Systems with such high-speed triplex displacement pumps are, accordingly, less suitable for dynamic roadmarking at frequently extremely fluctuating travelling speed.

Nevertheless, such pump systems have their advantages. Their compact size facilitates installation in conventional machines with pressurized containers. A further point considered as advantage by users is that a machine with pressurized container equipped with such a pump could still be used in the con-

ventional manner, i.e. it can deliver the roadmarking material to the gun in the traditional way, by means of the container pressure. The pumps' intake and delivery valves are provided in the form of check valves, which are simply pressed open in flow direction by a container pressure of more than 1-2 bar. This ensures that the flow through the pump is almost without resistance, irrespective of whether the pump is being driven or is stationary, whether in good working order or defective. By combining pressurized container and pump, it is accordingly feasible, if required, to switch over from conventional pressurized container roadmarking to roadmarking automatically governed by travelled distance or vice versa, by pneumatically lowering or lifting the pump's drive wheel.

4. Metering systems automatically governed by travelled distance for glass beads

Photo 6

For metering glass beads on the basis of the travelled distance, the so-called bucket wheel principle is used throughout. The chambers on a bucket wheel driven according to travelled distance are filled with glass beads in their upper position and emptied downward after passing seals. As so-called roller bead dispensers, these devices have been known and used for decades. The glass beads are scattered onto the roadmarking in free fall, i.e. without additional acceleration. Due to their susceptibility to side winds caused by the low falling speed and the necessity of keeping a correspondingly sized dispenser in stock for every line width, the bead dispensers have been almost completely replaced in the last 10-15 years by the so-called bead guns. On these the throughput rate depends on the flow characteristics of the glass beads and on the air pressure setting. In respect of the dispensing rate per unit of distance travelled, conditions are correspondingly similar to those for traditional liquid material roadmarking methods mentioned at the beginning. In the so-called metering bead guns, which have now been in use for some years, the advantages of traditional bead guns – high dispensing speed and adjustable spread – were combined with the roller bead dispenser's metering capability. On metering bead guns the metering rate is solely determined by a bucket wheel, which discharges on each revolution an amount of glass beads determined by the volume of the bucket wheel chambers into a nozzle system. There the glass beads are accelerated by an air stream and scattered onto the roadmarking via a distributor. Metering and acceleration of the glass beads are, therefore, carried out separately and without mutual influence. The quantity is determined by the turn of the bucket wheel, the impact velocity by the pressure of the accelerator air. The devices, with only **one** moving component, are extremely simple and, therefore, less susceptible to disruptive influences. By virtue of the principle of design, it was possible to avoid the use of moisture-absorbing and wear-prone circumferential sealing on the bucket wheel.

Apart from the metering bead guns, devices consisting of a roller bead dispenser automatically governed by travelled distance combined with a mechanical accelerator have been introduced. The accelerator is provided in form of a paddle-wheel fitted with vanes and located below the metering roller. The glass beads drop from the metering roller onto the paddle-wheel, which catapults them at high speed onto the roadmarking. The paddle-wheel is driven by a pneumatic motor with variable speed. These devices are available in various widths to cover the various spreads.

5. Monitor sensor for application of glass beads

Photo 7

Failure to apply glass beads results in expensive touchups to fresh roadmarking. Failure can have various causes: Used up stock, difficulties in feeding to the dispenser, dispenser not switched on, dispenser drive faulty, etc. Contrary to unintentional interruption in applying a liquid roadmarking material, a fault in the application of glass beads is not always immediately noti-

ced, since no distinctly discernible difference in sound can be heard. For this reason, faults are often not discovered until later, when a control run is made in the dark. A monitoring device is now available as early warning for faults; it emits an audible signal in case of dispenser failure. It makes no demands on the operator's visual attention. The signal is only sounded when no glass beads are actually released from the dispenser. The monitor sensor is linked to the line length control system and is activated whenever the guns are switched on for applying liquid roadmarking material.

6. Improved storage container for glass beads

Photo 8

In the past, especially on larger roadmarking machines, various aspects of design made it compulsory to construct container shapes which, although of sufficiently large volume, depending on the location of the outlet connection, only permitted them to empty at a rate of 30 to 50 %.

The horizontal arrangement of low, long containers is the cause of this unfavourable rate of discharge. The ideal thing would be silo-shaped containers with conical bases tapered to a point. Such containers with a rate of discharge of 100 % are, however, impracticable for roadmarking machines. A practicable solution has proven to be a tall, narrow container which takes up the entire width of the machine and, according to the outlet connection used, ensures a rate of discharge of 70 to 90 %. This container shape and arrangement will prevail in the future.

7. Rationalization in obtaining exact line lengths

Photo 9

In maintaining exact line lengths and keeping a constant check on them, enormous progress has been made. It is a known fact that the actual line lengths deviate from the required lengths entered in the control unit. Deviations, which can reach as much as 80 cm, are subject to the following influences:

- Marking speed
- Pressure of control air
- Cylinder size on further simultaneously operated units (bead gun, marker unit lifting cylinder)
- Needle friction in the gun (compression on the needle seal)
- Gun piston spring tension
- Venting conditions (e.g. rapid vent valve, hose length and cross-sections)
- Sluggishness and degree of contamination in electrical solenoid valves

The extent of deviation can, therefore, alter constantly, e.g. whenever roadmarking speed or control air pressure change or e.g. whenever drops of condensate in the pneumatic system makes the electrical solenoid valve more sluggish.

In the new generation of electronic systems, which have been successfully in use for some years, with the aid of a sensor integrated into the gun, the actual opening and closing actions of the gun are signalled back to the control unit and converted into the real actual length value. This is displayed line for line on the control unit, ensuring that, while driving, the operator is constantly informed about the actual lengths on the road surface and can take corrective measures. Stopping the machine to measure line lengths on the road surface (accident hazard!) is, therefore, superfluous. Operators using this system confirm its enormous rationalization effect.

An additional feature of advanced control systems is the simplified procedure for correcting line lengths. The older method demanded that, subsequent to a correction of line length, the gap length be adjusted in inverse proportion. This meant an additional burden for the operator and often resulted in maladjustments. Nowadays, only the line length requires correction; the length of the gap adjusts automatically in inverse proportion.