- Prüftechnische Ansprache von Asphaltmastix
- Kompakt Asphalt S36-Monitoring
- Road Monitoring – „Wer nichts weiß, muss alles glauben“
- Umsetzung des Energieeffizienzgesetztes an Gesteinsaufbereitungsanlagen
- Kursleiter und Trainer in der GESTRATA

GESTRATA

JOURNAL

Das Asphalt-Magazin

Juli 2017, Folge 150

Asphalt verbindet Menschen und Welten

INHALT

Prüftechnische Ansprache von Asphaltmastix ..... 04 – 13

“Kompakt Asphalt“ S36-Monitoring ..... 14 – 18

Road Monitoring – „Wer nichts weiß, muss alles glauben“ ..... 20 – 26

Umsetzung des Energieeffizienzgesetztes
an Gesteinsaufbereitungsanlagen ..... 28 – 34

Kursleiter und Trainer in der GESTRATA ..... 36 – 37

Veranstaltungen der GESTRATA 38

Dipl.-Ing. Markus Hospodka
Dipl.-Ing. Pia Mandahus

Prüftechnische Ansprache von Asphaltmastix

Problemstellung & Grundlagen

Frühzeitige Schäden, wie Korn- und Schollenausbrüche bei bituminösen Deckschichten, die weder einer außerordentlichen klimatischen noch verkehrlichen Belastung zugeordnet werden können, können als mögliche Schadensursache ein mangelndes Gebrauchsverhalten der Asphaltmastix aufweisen. Asphaltmastix ist eine Mischung aus Bitumen und mineralischen Feinanteilen (hier mit <125 µm definiert). Sie umhüllt den groben Gesteinsanteil und wirkt dabei als Klebstoff. Die Abbildung 1 zeigt Füller und Feinanteile unterschiedlichen Ursprungs und Mineralienbestands. Das jeweilige Ausgangsgestein ist dabei ausschlaggebend für die Farbgebung.

Ein ungünstiges Gebrauchsverhalten kann an mangelnder Qualität einer der beiden Komponenten, Bitumen und Feinanteile bzw. der daraus schlechten Haftung am Gestein oder Festigkeit liegen. Stichwort: Zu hoher Anteil von nicht qualitätsgesicherten Feinanteilen der feinen und groben Gesteinskörnung (alte Bezeichnung „Eigenfüller") anstatt von Fremd- oder Mischfüller. Aktuell fehlt ein geeignetes Prüfkriterium, welches gezielt die Qualität der Mastixkomponente hinsichtlich der Dauerhaftigkeit beschreibt. Mit den derzeit verfügbaren Prüfmethoden für Füller und Feinanteile (siehe Tabelle 1) ist eine gebrauchsverhaltensorientierte Ansprache kaum möglich.

Im Zuge eines Forschungsprojekts am Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien, konnte eine Prüfmethode zur Bewertung der Mastixqualität entwickelt werden. Die entwickelte Prüfmethodik spricht dabei die Mastixkomponente hinsichtlich Materialermüdung an. Die EN 12697-24 [2] definiert Materialermüdung als „...die Verringerung der Festigkeit eines Materials bei wiederholter Belastung im Vergleich mit der Festigkeit unter Einzellast." Materialermüdung beschreibt damit „...eine statisch unkritische Belastung, die zu einer Funktionsuntüchtigkeit oder auch zum Totalausfall eines Bauteils führen kann, wenn sie oft genug auf das Bauteil einwirkt."

Der Effekt der Materialermüdung tritt auch im Asphaltstraßenbau auf und betrifft prinzipiell alle Asphaltschichten der Straßenkonstruktion. Bei wiederholter Beanspruchung einer Straßenkonstruktion durch Schwerverkehr kommt es zur Entstehung von Mikrorissen in einer Größenordnung von Bruchteilen eines Millimeters. In der Regel beginnt diese Rissbildung an der Unterseite der Tragschichte, an der bei Überrollung durch ein Fahrzeug Zugsbeanspruchung und damit Dehnungen auftreten. Bei wiederholter Überrollung pflanzen sich diese Risse nach oben hin fort und verbinden sich zu sichtbaren Makrorissen, die mit freiem Auge sichtbar sind. Schlagen diese Risse bis zur Deckschicht durch, kommt es zu Netzrissen an der Oberfläche. Eine weitere Form der Ermüdung betrifft die Asphaltoberfläche. Unter wiederholter Beanspruchung führt mangelnde Verbundwirkung der Asphaltmastix zu Kornausbrüchen an der Oberfläche. Beide Schadensformen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 1: Farbgebung von Füller und Feinanteilen

Tabelle 1: Anforderungen gemäß ÖNORM B 3130 [1]

Korngrößenverteilung	ÖNORM EN 933-10
Schädliche Feinanteile (Methylenblau)	ÖNORM EN 933-9
Rohdichte	ÖNORM EN 1097-7
Trockenhohlraumgehalt (Rigden)	ÖNORM EN 1097-4
Delta-Ring und Kugel	ÖNORM EN 13179-1
Wasserlöslichkeit	ÖNORM EN 1744-4
Wasserempfindlichkeit	ÖNORM EN 1744-1
Calcium-Carbonatgehalt von Carbonatfüllern	ÖNORM EN 196-21
Calciumhydroxidgehalt von Mischfüllern	ÖNORM EN 459-1
Bitumenzahl	ÖNORM EN 13179-2

Abbildung 2: Netzrisse, Kornausbruch

Während für Asphaltmischgut bereits eine entwickelte und normierte Prüfmethode zur Ansprache des Ermüdungsverhaltens verfügbar ist, gibt es für die Prüfung von Asphaltmastix noch kein Prüfverfahren. In Österreich wird der labormäßige Ermüdungsversuch an Asphaltmischgut mittels Vierpunktbiegebalken (4PBB-Versuch) nach ÖNORM EN 12697-24 [2] durchgeführt. Beim 4PBB-Versuch wird ein prismatischer Probekörper an zwei Lasteinleitungspunkten dynamisch belastet, das heißt nach oben gezogen bzw. nach unten gedrückt, bis jeweils eine definierte Dehnung in der Mitte des Probekörpers erreicht wird. Der Prüfaufbau und das Funktionsprinzip sind in Abbildung 3 dargestellt. Zur Beschreibung des Ermüdungsverhaltens eines Mischguts sind mindestens 18 Prüfungen notwendig. Dies ist sowohl zeit- als auch materialaufwändig. Der Zeitaufwand inklusive der Herstellung und Vorbereitung der Probekörper beträgt etwa 3 Wochen.

Zur labormäßigen Prüfung von Asphaltmastix ist der 4PBB-Versuch aufgrund der Größe der verwendeten Asphaltprismen nicht geeignet. Gesucht war daher ein Verfahren, mit welchem eine hohe Anzahl an Lastwechsel auf einen kleinen Probekörper aufgebracht werden können. Beim 4PBB-Versuch werden die Asphaltprismen mit einer Frequenz von 30 Hz belastet. Eine hohe Frequenz ist dabei zwingend erforderlich, um die Prüfdauer in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen zu halten. Zur Prüfung von Asphaltmastix bieten sich daher Dynamische Scherrheometer (DSR) an. DSR sind bereits häufig in kommerziellen Straßenbaulabors verfügbar, da sie zur Bindemitteluntersuchung eingesetzt werden. DSR können neben statischen Belastungen (Zug, Druck, Rotation) auch oszillierende Scherbeanspruchungen bei hoher Frequenz unter Verwendung sehr geringer Probenmengen aufbringen. Zu beachten ist dabei jedoch, dass nicht jedes DSR für die Prüfung geeignet ist. Dies ist einerseits vom verfügbaren Drehmoment als auch von der Art der Temperierung abhängig. Das verwendete Rheometer ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die Ermüdungsprüfung mittels DSR hat dabei einen Vorteil gegenüber dem 4PBB-Versuch: Neben der dehnungs-/deformationsgesteuerten Prüfung, wie sie beim 4PBB-Versuch angewandt wird, ist beim DSR auch eine spannungsgesteuerte Prüfung möglich. Dies ist beim 4PBB-Versuch aufgrund der großen schwingenden Masse und dem trägen Prüfsystem nicht möglich, da es sonst zu Schäden an der Prüfmaschine selbst kommen kann. Während beim 4PBB-Versuch die Reduzierung der Anfangssteifigkeit auf 50% als Prüfkriterium herangezogen werden muss, kann beim DSR bis zum Materialversagen geprüft werden. Die Abbildung 5 zeigt den Verlauf einer Ermüdungskurve einer spannungsgesteuerten Prüfung bis zum Bruch des Probekörpers. Die Einschwingphase und Bildung der Mikrorisse finden auch beim 4PBB-Versuch statt, die Bildung der Makrorisse bis hin zum Materialversagen ist nur bei einer Ermüdungsprüfung mittels DSR vorhanden. Die Einschwingphase am Beginn der Ermüdungsprüfung ist dabei dominiert von Thixotropie [3]. Thixotropie

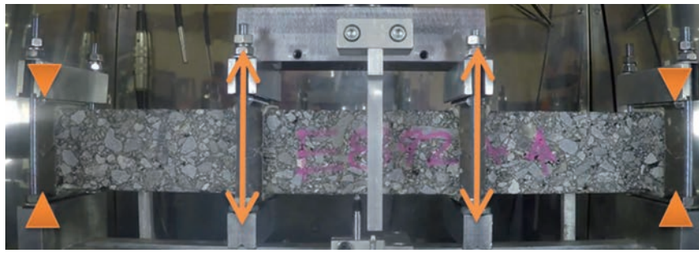


Abbildung 3: 4PBB-Versuch gemäß ÖNORM EN 12697-24

Abbildung 4: Anton Paar MCR 302

bezeichnet in der Rheologie eine Zeitabhängigkeit der Fließeigenschaften, bei der die Viskosität infolge andauernder mechanischer Beanspruchung abnimmt und erst nach beendeter Beanspruchung wieder zunimmt. Es handelt sich damit also um einen reversiblen Effekt. Nach der sehr kurzen Einschwingphase erfolgt die Bildung der Mikrorisse durch wiederholte Beanspruchung. Diese Mikrorisse verbinden sich in der dritten Phase zusehends zu Makrorissen, die sich selbst wiederrum zu einer durchgehenden Bruchlinie verbinden. Der Probekörper ist damit ermüdet und kann keine Kräfte mehr übertragen. Das wiederspiegelt sich sowohl in der Steifigkeit (komplexer Schubmodul) als auch im Phasenwinkel, welcher im Moment des Bruchs abrupt abfällt.

Dipl.-Ing. Markus Hospodka
Dipl.-Ing. Pia Mandahus

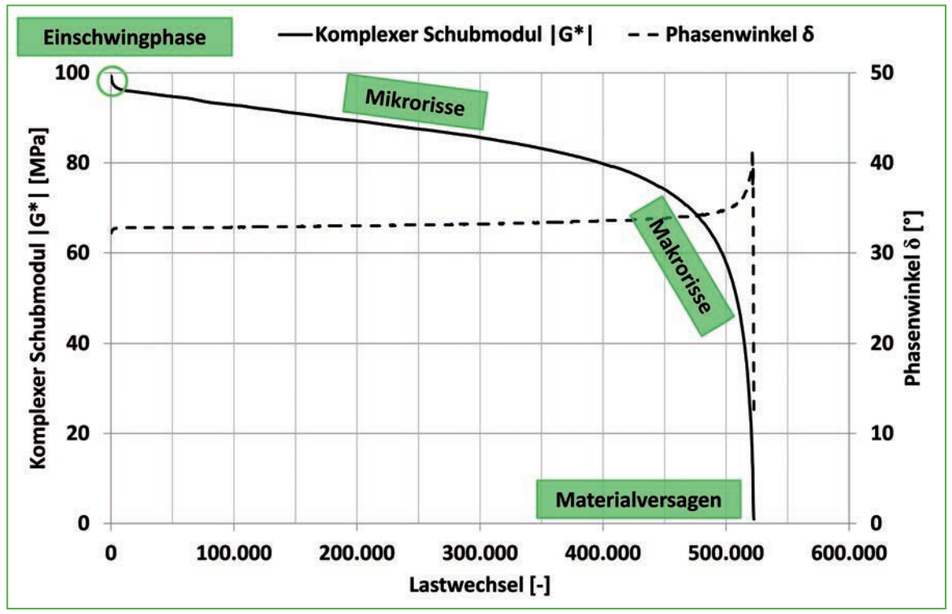


Abbildung 5: Beispielhafte Ermüdungskurve

Exkurs Prüftechnik: Bestimmung des komplexen Schubmoduls und des Phasenwinkels mittels DSR

Da Bitumen neben einem thermo-viskosen (temperaturabhängigen) auch ein visko-elastisches Verhalten zeigt, bedarf es Schwingungsversuchen, auch Oszillationsversuche genannt. Abhängig vom variierten Parameter spricht man von Temperatur-, Amplituden- oder Frequenz-Sweep. Oszillationsversuche sind daher sogenannte „Mehr-Punkt-Messungen". Zur Charakterisierung des visko-elastischen Verhaltens werden Dynamische Scherrheometer (DSR) eingesetzt.
Ein DSR besteht aus einem Rotor, einem Stator, einer Einrichtung zur Temperierung der Probe und verschiedenen Prüfgeometrien. Im Bereich der bituminösen Bindemittel kommt ein Platte-Platte Messsystem mit den beiden Prüfgeometrien „PP08" und „PP25" zum Einsatz. Die Zahl bezeichnet jeweils den Durchmesser der Platte in Millimeter. Während sich die obere Platte (Prüfgeometrie) oszillierend bewegt, steht die untere Platte still und das zwischen den beiden Platten kraftschlüssig „eingespannte" Bitumen wird deformiert. Das Schema eines Platte-Platte Messsystems und der zeitliche Ablauf eines sinusförmigen Oszillationsversuchs ist in Abbildung 6 dargestellt.

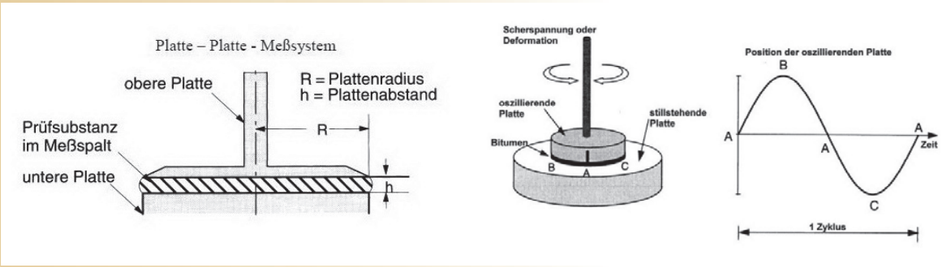


Abbildung 6: Platte-Platte Messsystem, Oszillationsversuch [4]

Die Prüfgeometrie PP25 wird standardmäßig mit einem Messspalt von 1 mm für ungealtertes und kurzzeitgealtertes Bitumen verwendet. Die Prüfgeometrie PP08 kommt mit einem Messspalt von 2 mm für langzeitgealterte Bitumen zum Einsatz. Eine Deformation von 100% bei PP25 bedeutet am Umfang eine Auslenkung von 1 mm. Die, für die Messung zu wählende Deformation ist material- und geräteabhängig. Einerseits darf der linear visko-elastische Bereich (LVE) des Bitumens nicht überschritten werden, da der Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung nicht mehr linear wäre und es zum Abreißen der Probe kommen kann, andererseits ist eine gewisse Mindestdeformation aufgrund der Messgenauigkeit (Winkelauflösung) des verwendeten Rheometers notwendig.
Bei Rheometern die dem heutigen Stand der Technik entsprechen, ist eine Deformation von 1% bereits ausreichend. Eine weitere Grenze stellt das mögliche elektrische Drehmoment des Antriebsmotors dar, weshalb auch zwei verschiedene Prüfgeometrien zur Anwendung kommen.

Eine durch die oszillierende Bewegung aufgebrachte Scherspannung verursacht eine Deformation der Probe, das Material „antwortet". Abhängig vom Verlauf der Scherspannung im Vergleich zum Verlauf der Deformation lassen sich zwei Extremsituationen unterschieden:
(1) Ideal elastisches Verhalten nach HOOKE
(2) Ideal viskoses Verhalten nach NEWTON

Während Scherspannung und Deformation bei ideal elastischem Verhalten in direktem Zusammenhang stehen, gibt es beim ideal viskosen Verhalten eine maximale Zeitverschiebung, Scherspannung und Deformation stehen in indirektem Zusammenhang. Diese Zeitverschiebung wird durch den sogenannten Phasenverschiebungswinkel δ (auch Phasenwinkel genannt) ausgedrückt. Ein Phasenverschiebungswinkel von 0° entspricht dabei ideal elastischem, ein Phasenverschiebungswinkel von 90° ideal viskosem Verhalten. Dazwischen befindet sich der für Bitumen gebrauchsrelevante visko-elastische Bereich. Die drei möglichen Szenarien sind in Abbildung 7 dargestellt.

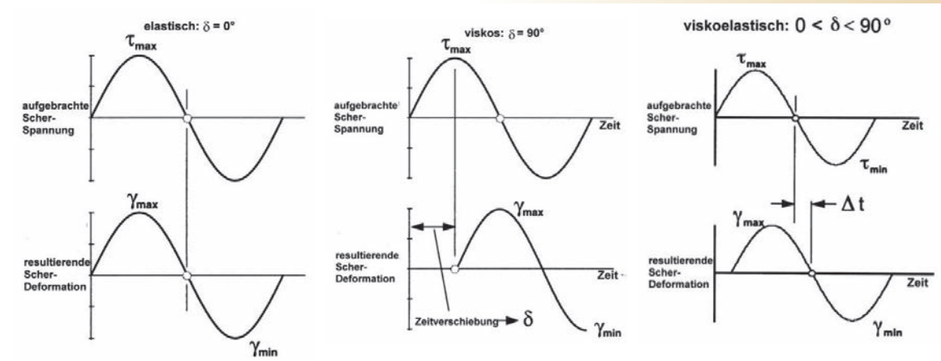


Abbildung 7: Visko-elastisches Materialverhalten [4]

Der Phasenverschiebungswinkel wird mit Formel 1 berechnet:

Formel 1: Berechnung des Phasenwinkels

$$\delta = \frac{\Delta t}{t} \cdot 360° \qquad mit \qquad t = \frac{1}{f}$$

Dabei ist
δ Phasenverschiebungswinkel [°]
Δt Zeitverschiebung zwischen τ_{max} und γ_{max} [s]
t Zeit für eine Schwingung [s]
f Frequenz [Hz]

Neben dem Phasenverschiebungswinkel δ wird der komplexe Schubmodul |G*| gemessen. Das ist jene Spannung die notwendig ist, um eine bestimmte Deformation zu erreichen oder die bei einer vorgegebenen Deformation auftritt. Entsprechend wird zwischen den beiden Messmodi Controlled Stress (Spannungsvorgabe und Deformationsmessung) und Controlled Deformation (Deformationsvorgabe und Spannungsmessung) unterschieden. Die Berechnung des komplexen Schubmoduls erfolgt nach Formel 2:

Formel 2: Berechnung des komplexen Schubmoduls

$$|G^*| = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}} \qquad mit \qquad \tau_{max} = \frac{2 \cdot M_{max}}{\pi \cdot r^3} \qquad und \qquad \gamma_{max} = \frac{\alpha_{max} \cdot r}{h}$$

Dabei ist
|G*| komplexer Schubmodul [Pa]
r Radius Messgeometrie [m]
τ_{max} Scherspannung [Pa]
α_{max} Verdrehwinkel [rad]
γ_{max} Deformation [-]
h Messspalt [m]
M_{max} maximales Drehmoment

Dipl.-Ing. Markus Hospodka
Dipl.-Ing. Pia Mandahus

Der komplexe Schubmodul |G*| lässt sich mit Hilfe des Phasenverschiebungswinkels δ in einen elastischen und in einen viskosen Anteil aufteilen. Der elastische Anteil G' wird auch als Speichermodul oder Realteil von |G*|, und der viskose Anteil G'' als Verlustmodul oder Imaginärteil von |G*| bezeichnet. Wie in Abbildung 8 zu sehen, können zwei unterschiedliche Materialien den gleich großen komplexen Schubmodul besitzen und dabei jeweils andere elastische bzw. viskose Eigenschaften haben. Die Berechnung der beiden Anteile erfolgt nach Formel 3.

Formel 3: Berechnung von Speicher- und Verlustmodul

$$G' = |G^*| \cdot \cos(\delta)$$
$$G'' = |G^*| \cdot \sin(\delta)$$

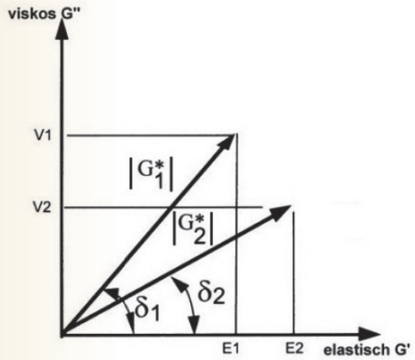


Abbildung 8: Speicher- und Verlustmodul [4]

Entwicklung der Versuchsrandbedingungen

Bituminös gebundene Schichten weisen je nach Mischgutansatz (AC, SMA, MA, PA) unterschiedliche Zusammensetzungen hinsichtlich Sieblinie, Hohlraumgehalt, Bindemittel- und Füllergehalt auf. Der Masseanteil an Füller bzw. Feinanteile in den Mastixmischungen wurde dabei so gewählt, um einer realitätsnahen Ermüdungsprüfung für AC Mischgüter zu entsprechen. Das Mischungsverhältnis wurde mit 1 Teil Bitumen zu 1,5 Teile Füller bzw. Feinanteile festgelegt. Die Mastixproben wurden jeweils mit demselben Bitumen 70/100 (PG 64-22) hergestellt, um einen Einfluss des Bindemittels zu vermeiden.

Zur Durchführung der Ermüdungsversuche wurde eine Prüftemperatur von 10 °C gewählt. Die Asphaltmastixprobe erreicht bei dieser Temperatur die notwendige Steifigkeit, die ein Kriechen des Probekörpers im Rheometer verhindert. Kriechen muss zwingend unterbunden werden, da der Probekörper sonst der Ermüdungsprüfung ausweicht. Eine Ermüdungsprüfung bedeutet das wiederholte Aufbringen einer Belastung bis zum Materialversagen. Um die Prüfdauer auf einem praxisgerechneten Niveau zu halten, wurde eine Prüffrequenz von 30 Hz gewählt. Damit können innerhalb einer Stunde 108.000 Lastwechsel aufgebracht werden. Es können grundsätzlich auch höhere Frequenzen verwendet werden, wenn das Rheometer über ausreichende Leistungsreserven verfügt. Eine höhere Frequenz bedeutet aber auch einen höheren Energieeintrag, was aufgrund der Temperatursensitivität zu Problemen bei der Vergleichbarkeit führen kann.

Als nächster Schritt galt die Wahl einer passenden Probekörpergeometrie. Standardmäßig wird zur Messung von Bindemitteln das Platte-Platte Messsystem mit 8 mm Durchmesser („PP08") und ein Prüfspalt von 2 mm verwendet. Das heißt, der Probekörper ist ein Zylinder mit 8 mm Durchmesser und 2 mm Höhe. Diese Form hat sich aufgrund des Bruchverhaltens als ungeeignet erweisen. Die Probekörper sind entweder am unteren (Stator/Mastixprobekörper) oder am oberen Interface (Mastixprobekörper/Prüfgeometrie) gebrochen bzw. abgerissen. Zum Teil innerhalb der Mastixprobe (Kohäsionsbruch) aber auch ein glattes Abreißen von der Stahloberfläche der Prüfgeometrie (Adhäsionsbruch) konnte beobachtet werden. Die Abbildung 9 veranschaulicht dieses Problem.

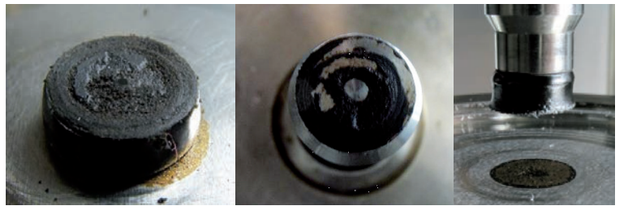


Abbildung 9: Abriss des Probekörpers im Rheometer

Im Zuge eines Ermüdungsversuchs soll jedoch ausschließlich das Material selbst und nicht der Verbund zum Gerät geprüft werden. Daher wurde eine Variation der Probekörpergeometrie notwendig. Die Lösung war das Vorsehen einer Einschnürung in der Mitte des Probekörpers. Die Probekörperhöhe wurde auf 3 mm erhöht, um ausreichend Platz für die Einschnürung bereitzustellen. Eine weitere Erhöhung des Probekörpers ist nicht sinnvoll, da dies die Grenze einer sinnvollen Temperierung darstellt. Durch die geringe Kontaktoberfläche zum Stator (50,3 mm²) und schlechten Wärmeleitfähigkeit von Bitumen (mit Füller/Feinanteile höher) können kühlschwache Rheometer keine konstante Temperatur von 10 °C am oberen Interface bzw. Sollbruchstelle bereitstellen. Vielmehr stellt sich ein Temperaturgradient vom Stator zur Prüfgeometrie ein. Es ist zu beachten, dass selbst aktive Kühlhauben nur als Unterstützung dienen und die primäre Kühlung durch das Peltier im Stator erfolgt. Die Einschnürung in der Mitte des Probekörpers ergibt die geometrische Form eines Hyperboloids. Wie in Abbildung 10 links zu erkennen ist, wurde am oberen und unteren Ende jeweils ein Plateau von 0,3 mm Höhe angeordnet, damit der kreisrunde Einschnitt nicht direkt am Stator bzw. Prüfgeometrie endet, was zu ungünstigen Spannungskonzentrationen führen würde.

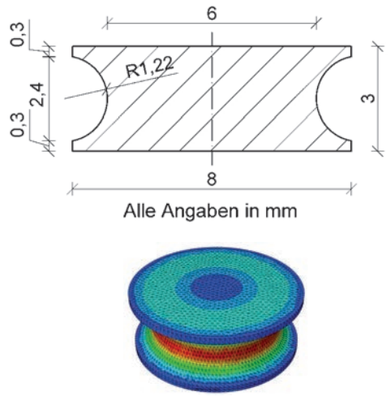


Abbildung 10: CAD Probekörpergeometrie Hyperboloid und FE-Modell

Um die Auswirkungen auf die Spannungsverteilung innerhalb des Probekörpers festzustellen, wurde die Geometrie einer FE-Simulation unterzogen. Das Ergebnis ist in Abbildung 10 veranschaulicht. Die Einschnürung hat eine Schubspannungsspitze (Farbe Rot) zur Folge und der Probekörper bricht exakt in der Mitte, ein reiner Kohäsions- oder Ermüdungsbruch. Die Einschnürung auf 6 mm hat weiters den Vorteil, dass die Ränder gering belastet sind (Farbe Blau) und Imperfektionen an den Rändern geringeren Einfluss auf die Ermüdungsprüfung haben.

Mit Hilfe von Edelstahl-Positivformen und gießbarem 2-Komponenten-Silikon konnten Silikonformen hergestellt werden. Diese sind notwendig, da der Probekörper nicht durch einfaches Trimmen hergestellt werden kann. Die Abbildung 11 zeigt sowohl die hergestellte Edelstahl-Positivform, als auch den gießbereiten Aufbau im Rheometer und die fertig nachbearbeitete Silikonform.

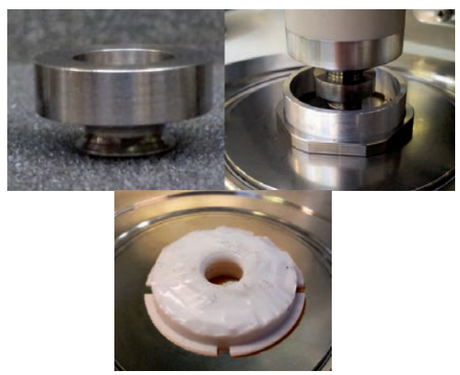


Abbildung 11: Herstellung der Silikonform

Die Silikonform ist kurzfristig bis 180 °C belastbar, wodurch die Mastixprobe schmelzflüssig eingebracht werden kann. Sobald die Probe in das Rheometer eingebracht wurde und auf 10 °C abgekühlt ist, kann der Überschuss entfernt werden. Der Überschuss ist im Gegensatz zu klassischen Bindemittelversuchen nicht weiter prüfungsrelevant, da er keinerlei Einfluss auf den Probekörper selbst und damit auf die Versuchsergebnisse hat. Die Abbildung 12 zeigt die einzelnen Schritte für den Probekörpereinbau.

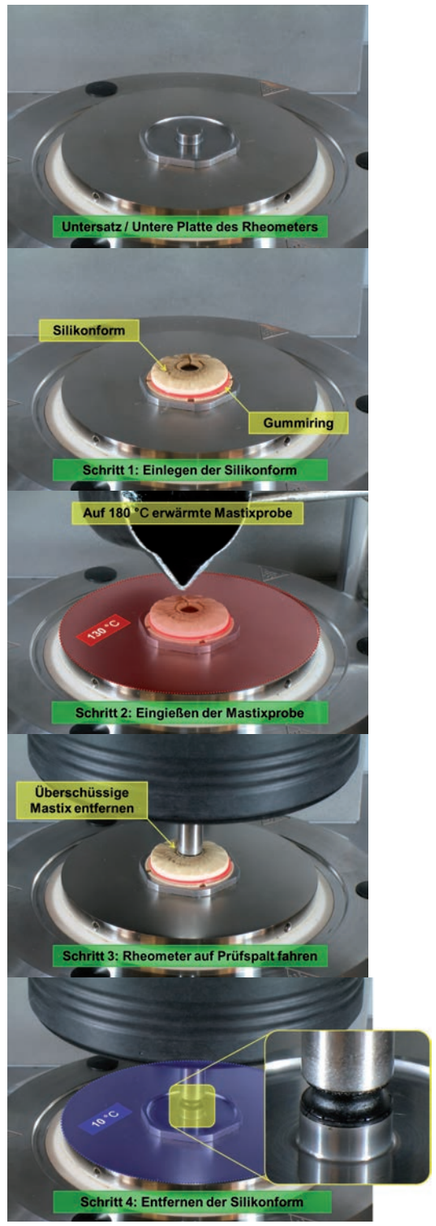


Abbildung 12: Schrittweiser Probekörpereinbau

Dipl.-Ing. Markus Hospodka
Dipl.-Ing. Pia Mandahus

Bevor mit einem Ermüdungsversuch begonnen werden kann, muss noch eine passende Schubspannung gewählt werden. Die Schubspannung sollte einerseits nicht zu gering gewählt werden, um eine praxisgerechte Prüfdauer zu erhalten und andererseits nicht zu hoch gewählt werden, da die Ermüdungsprüfung sonst nicht mehr im linear visko-elastischen Bereich durchgeführt wird. Dies ist jedoch erforderlich, da die Prüfung sonst nicht mehr dem gebrauchsverhaltensorientierten Ansatz entspricht und unkontrollierbare, nicht lineare Effekte auftreten können. Zur Ermittlung der Linearitätsgrenze werden sogenannte Amplituden-Sweeps durchgeführt. Dabei wird der Probekörper mit zunehmender Schubspannung geprüft und der Verlauf des komplexen Schubmoduls |G*| aufgezeichnet. Der Schubmodul verläuft dabei solange nahezu konstant, bis die Linearitätsgrenze erreicht ist. In der Literatur sehr weit verbreitet ist dabei das 95% Kriterium. Jene Schubspannung, wo der Schub- oder Speichermodul nur noch 95 % des Anfangswertes erreicht, definiert sich als die Linearitätsgrenze. Dies hat sich als praktikabel erwiesen und wurde daher angewandt. Die Abbildung 13 zeigt beispielhaft eine 3-fach-Bestimmung an einer Mastixprobe. Dargestellt sind neben dem Schubmodul auch der Phasenwinkel, der Speicher- und Verlustmodul. Der Speichermodul ist als Kriterium dabei dem Schubmodul vorzuziehen, da hier ebenfalls der Phasenwinkel berücksichtigt wird und die Beanspruchung vollständig im elastischen Anteil erfolgt.

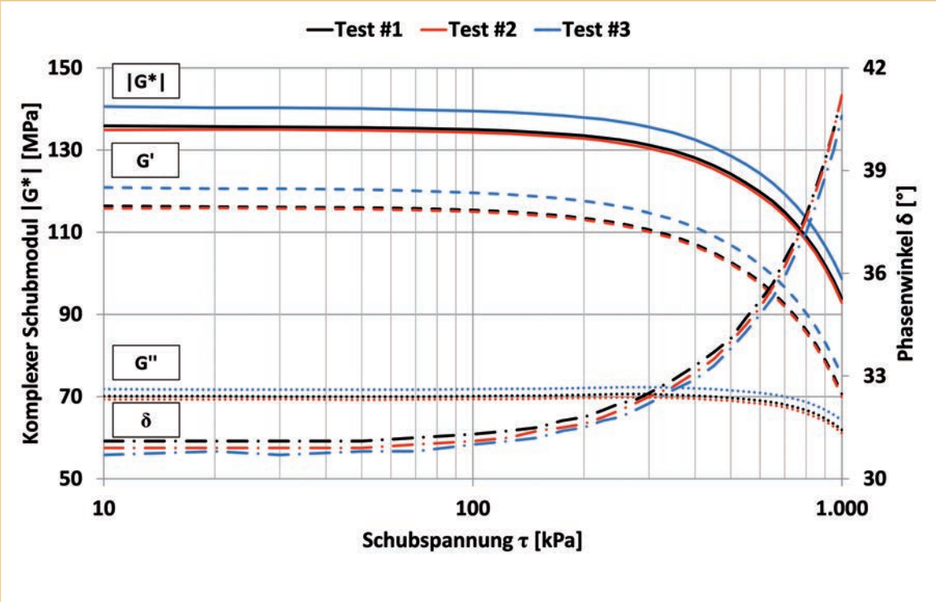


Abbildung 13: Ermittlung der Linearitätsgrenze einer Mastixprobe

Zur Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit und dem Vergleich unterschiedlicher Mastixproben werden anschließend mehrere Schubspannungen gewählt, um eine Wöhlerkurve berechnen zu können. Es ist zu beachten, dass aufgrund der Probekörpereinschnürung die gewählten und dem Rheometer vorgegebenen Schubspannungen nicht den Spannungen im Probekörper entsprechen. Die verwendete Prüfgeometrie (PP08) wird vom Rheometer automatisch erkannt und das elektrische Drehmoment wird entsprechend der vorgegebenen Schubspannung und dem Prüfgeometriedurchmesser angefahren. Die tatsächlich in der Einschnürung resultierende Schubspannung τ, Deformation γ und Schubmodul |G*| können theoretisch berechnet werden. Praktisch hat sich jedoch gezeigt, dass eine lineare Rück- bzw. Hochrechnung nicht angewendet werden kann. Der wirksame Querschnitt ist aufgrund der kreisrunden Einschnürung größer als die engste Stelle von 6 mm. Zur exakten Ermittlung eines Korrekturfaktors ist die Durchführung weiterer, vergleichender Versuche zwischen Vollzylinder und Hyperboloid erforderlich. Die Abbildung 14 zeigt einen Probekörper nach erfolgter Durchführung des Ermüdungsversuchs. Der Probekörper hat an der Sollbruchstelle versagt, ein optimaler Kohäsionsbruch wurde erzielt.

Abbildung 14: Probekörper nach Ermüdungsprüfung

Die Abbildung 15 zeigt den komplexen Schubmodul |G*| am Beginn des jeweiligen Ermüdungsversuchs und die Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch des Probekörpers. Weiters enthalten sind die Vergleichspräzision für den komplexen Schubmodul gemäß ÖNORM EN 14770 [5] und das berechnete 95% Konfidenzintervall des Standardfehlers der Lastwechsel. Es ist zu beachten, dass die ÖNORM EN 14770 [5] lediglich die Vergleichspräzision bei zylindrischen Probekörpern aus reinem Bitumen angibt. Obwohl der Ermüdungsversuch mit Mastix und einer hyperboloiden Probekörperform durchgeführt wird, liegen die 10 Messwerte innerhalb der Vergleichspräzision.

Daher kann davon ausgegangen werden, dass der Probekörper sehr maßhaltig hergestellt werden kann und die Verteilung des Füllers bzw. Feinanteils sehr homogen ist. Es ist weiters zu beachten, dass das Konfidenzintervall, auch Vertrauensbereich genannt, nicht die Qualität der Versuchsdaten beurteilt. Das 95% Konfidenzintervall ist jener Bereich, der zu 95% die wahre Lage des betrachteten Parameters (Lastwechsel bis zum Versagen) einschließt. Aus den 10 Versuchen errechnet sich bei der betrachteten Probe und bei einer Spannung von 400 kPa ein Mittelwert von 199.950 Lastwechseln mit einem Variationskoeffizienten von 10 % bezogen auf den Mittelwert.

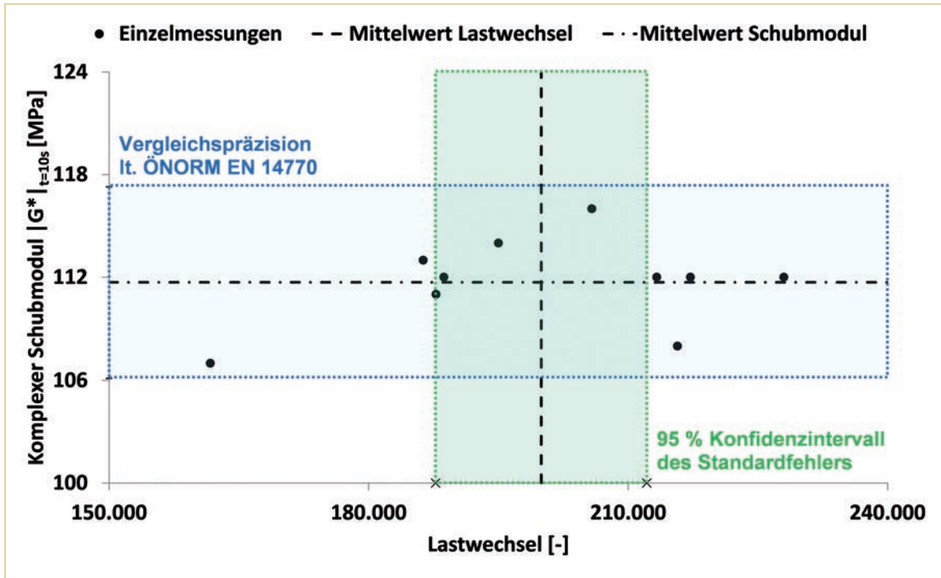


Abbildung 15: Wiederholpräzision des Ermüdungsversuchs bei 400 kPa

Mit dem entwickelten Versuchsaufbau und den festgelegten Prüfbedingungen ist es möglich, Asphaltmastix auf Ermüdungsfestigkeit zu prüfen. Wie auch beim 4PBB-Versuch kann aus den Ermüdungsprüfungen bei mehreren Spannungsniveaus eine sogenannte Wöhlerkurve erstellt werden. Zur Erstellung der Wöhlerkurve werden die Schubspannung und Anzahl der Lastwechsel bis zum Versagen in einem Diagramm gegenüber gestellt. Während beim 4PBB mindestens 6 Probekörper je Spannungsniveau geprüft werden müssen, sind 3 Probekörper für die Prüfung von Mastix ausreichend. Die Wöhlerkurve selbst kann mit einer logarithmischen bzw. potenziellen Trendlinie mathematisch sehr gut beschrieben werden. Wie in Abbildung 16 zu erkennen ist, können damit zwei unterschiedliche Mastixproben sehr einfach miteinander verglichen werden. Die Mastixprobe A benötigt bei einer Schubspannung von beispielsweise 300 kPa 275.000 Lastwechsel bis zum Bruch, während Mastixprobe B bei der gleichen Spannung 767.000 Lastwechsel erträgt. Weiters ist mit den dargestellten Einzelversuchen in Abbildung 16 die gute Wiederholbarkeit der Ermüdungsprüfung erkennbar. Ebenso zeigt sich, dass bereits geringe Erhöhungen der Schubspannung (Verkehrslast) einen starken Abfall der Lebensdauer verursachen.

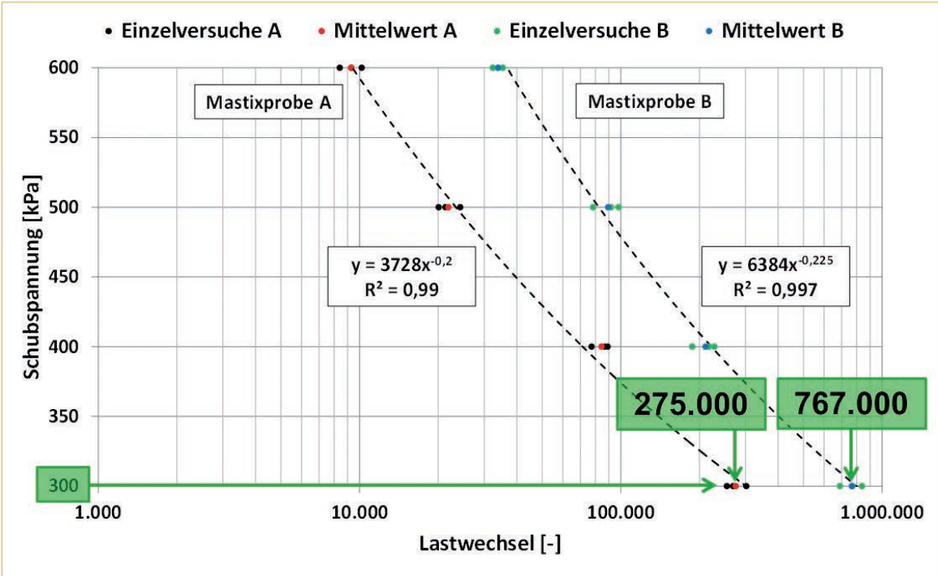


Abbildung 16: Wöhlerkurven zweier unterschiedlicher Mastixproben A und B

Zusammenfassung & Ausblick

Die Prüfmethodik konnte an einer bereits vorhandenen und weitestgehend in den kommerziellen Straßenbaulabors verfügbaren Prüfmaschine, dem Dynamischen Scherrheometer, realisiert werden. Zu beachten ist dabei jedoch, dass nicht jedes Rheometer für die Prüfung geeignet ist. Dies ist einerseits vom verfügbaren elektrischen Drehmoment des Rheometers als auch von der Art der Temperierung abhängig.

Die Ermüdungsprüfungen an den Mastixproben zeigen, dass die Daten in einer Wöhlerkurve, bei der die Schubspannungsamplitude den Lastwechseln bis zur Ermüdung gegenübergestellt werden, mit ausgezeichneter Korrelation dargestellt werden können. Der Ermüdungslastwechsel ist dabei anders als bei dehnungsgesteuerten Versuchen nicht aus dem 50 %-Kriterium abgeleitet (4PBB-Versuch), sondern ist der Lastwechsel, bei dem der Probekörper durch Ermüdung einen Makroriss und damit vollständiges Versagen erleidet. Im Gegensatz zur Prüfung an Mischgut mittels 4PBB-Versuch ist jedoch der zeitliche als auch materielle Einsatz deutlich geringer. Die entwickelte Prüfmethodik soll dabei als eine Ergänzung zur Optimierung von Mischgut gesehen werden.

Sämtliche Ermüdungsversuche wurden im Zuge des Projekts ohne den Einfluss von Wasser durchgeführt. Tatsächlich ist Asphalt und Mastix von Niederschlag betroffen und wie auch Festgesteine unterschiedliche Wasserempfindlichkeit aufweisen, kann davon ebenfalls der Füller bzw. die Feinanteile und in weiterer Folge die Mastixkomponente betroffen sein. Weitere Untersuchungen mit einer Wasserlagerung sind daher notwendig. Vorversuche, als auch die Literatur [6-10] zeigen einen erheblichen Einfluss auf das gebrauchsverhalten von Asphaltmastix.

Literaturverzeichnis

1. ÖNORM B 3130: Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen. 2016, ASI: Wien.

2. EN 12697-24: Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt – Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung. 2012, CEN: Brüssel.

3. Shan, L.Y., et al., Separation of Thixotropy from Fatigue Process of Asphalt Binder. Transportation Research Record, 2011(2207): p. 89-98.

4. Litzka, J., et al., Gebrauchsverhaltensorientierte Bitumenprüfung. Strassenforschung, 1999(479).

5. EN 14770: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR). 2012, CEN: Brüssel.

6. Chaturabong, P. and H.U. Bahia, Effect of moisture on the cohesion of asphalt mastics and bonding with surface of aggregates. Road Materials and Pavement Design, 2016: p. 1-13.

7. Apeagyei, A.K., J.R.A. Grenfell, and G.D. Airey, Influence of aggregate absorption and diffusion properties on moisture damage in asphalt mixtures. Road Materials and Pavement Design, 2015. 16(sup1): p. 404-422.

8. Apeagyei, A.K., J.R.A. Grenfell, and G.D. Airey, Moisture-induced strength degradation of aggregate-asphalt mastic bonds. Road Materials and Pavement Design, 2014. 15: p. 239-262.

9. Zhang, J., et al., Moisture damage evaluation of aggregate–bitumen bonds with the respect of moisture absorption, tensile strength and failure surface. Road Materials and Pavement Design, 2017: p. 1-16.

10. Airey, G.D., et al., The influence of aggregate, filler and bitumen on asphalt mixture moisture damage. Construction and Building Materials, 2008. 22(9): p. 2015-2024.

Dipl.-Ing. Markus Hospodka
Institut für Verkehrswissenschaften –
Forschungsbereich für Straßenwesen
Technische Universität Wien
1040 Wien, Gußhausstraße 28/230-3
Tel. +43 1 58801 – 23355
E-Mail: markus.hospodka@tuwien.ac.at
www.ivws.tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Pia Mandahus
Institut für Verkehrswissenschaften –
Forschungsbereich für Straßenwesen
Technische Universität Wien
1040 Wien, Gußhausstraße 28/230-3
Tel. +43 1 58801 – 23363
E-Mail: pia.mandahus@tuwien.ac.at
www.ivws.tuwien.ac.at

Mag. Dr. Alexander Vasiljevic
Ing. Werner Strommer

“Kompakt Asphalt“ S 36 – Monitoring

Einleitung

Ziel des Projektes war und ist es, den Einbau einer „neuen Bauweise“ der Kompaktasphalt –Bauweise zu dokumentieren und das Langzeitverhalten zu beurteilen.
Die erhaltenen Kenndaten sollen in weiterer Folge die Basis für die Erstellung einer Richtlinie bilden, um die Bauweise in Österreich qualitativ beurteilen zu können.

Die Rahmenbedingungen für einen direkten Vergleich, nämlich zwischen einem konventioneller Asphalt Einbau und einer Kompaktasphalt –Bauweise waren auf der S 36 (Bereich Zeltweg) nahezu ideal, da die beiden Versuchsstrecken dieselben topografischen Verhältnisse aufwiesen und die Ausgangsmaterialien für das Asphaltmischgut sowie die Einbaufirma ident waren.

Kompaktasphalt

Bei diesem Einbauverfahren werden die beiden oberen Asphaltschichten mit einem Kompaktmodulfertiger in einem Arbeitsgang direkt übereinander „heiß auf heiß“ eingebaut.
Dabei erfolgt die Verdichtung beider Schichten in einem Arbeitsgang.

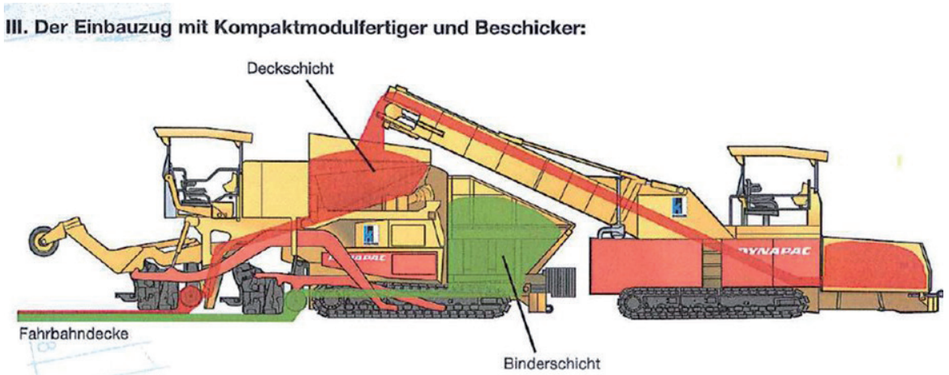


Abb. 1: schematische Darstellung des Kompaktmodulfertiger und des Beschicker

Im Detail sind für den Einbau ein sogenannter „Beschicker“ und ein „Kompaktmodulfertiger“ notwendig. Das mittels LKW angelieferte AC 22 binder Mischgut wird in den Beschicker aufgegeben und über ein Förderband in den Kompaktmodulfertiger eingebracht, wo das Asphaltmischgut separat deponiert werden kann.
Im Anschluss gelangt das für die Asphalt Deckschichte vorgesehene Mischgut, im gegenständlichen Projekt ein SMA 11 über den Beschicker ebenfalls in den Fertiger und wird separat deponiert.
Der Kompaktmodul-Fertiger ist nun in der Lage, beide Asphaltschichten in einem Arbeitsvorgang, heiß auf heiß, einzubauen.
Die finale Verdichtungsarbeit wird wie beim konventionellen Einbau über Walzen erbracht.

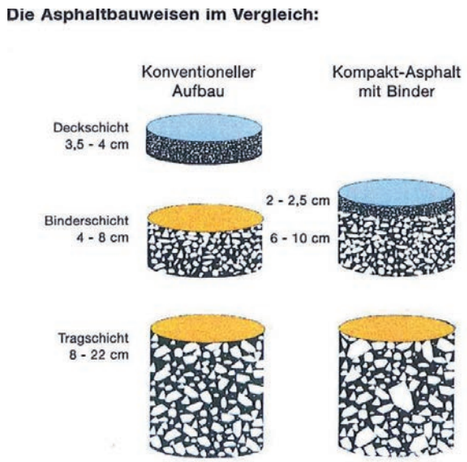


Abb. 2: Unterschied zwischen einem konventionelle Aufbau und einem Kompakt Asphalt

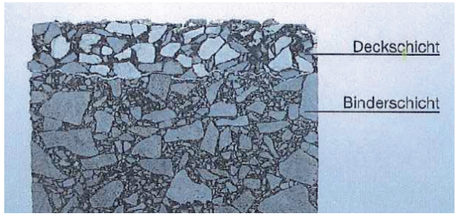


Abb. 3: Bohrkern von einem Kompakt Asphalt

Die grundsätzlichen Voraussetzungen für den Einbau sind primär in den erweiterten Dimensionierungen des Kompaktmodul Fertiger zu sehen, denn der Umbau der Einbaubohlen des Fertiger ist mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden.
Bedingt durch die großen Mischgutmengen muss eine konstante Asphalt-Mischgut Zulieferung gewährleistet werden.

Die prognostizierten Vorteile der Kompakteinbauweise sollen in der optimalen Verzahnung der beiden Asphaltschichten liegen, wodurch sich eine geringere Verformung in Querrichtung (Spurrinnen) ergibt.
Durch einen Einbau über die gesamte Fahrbahnbreite reduziert sich die Bauzeit, wobei die Deckschichte geringer Dimensioniert (2,0cm bis 2,5cm) werden kann, wodurch im Vergleich mit dem konventionellen Einbau eine Verstärkung der Binderschicht möglich ist. Dadurch wird die gesamte Tragfähigkeit der Asphaltkonstruktion erhöht.
Durch den Einbau „heiß auf heiß“ ist die Applizierung einer Haftbrücke (Vorspritzen mit Bitumenemulsion) zwischen der Deck- und Binderschichte nicht vorgesehen bzw. notwendig.
Unter der Voraussetzung einer konstanten Asphalt Mischgut Zulieferung kann der Modulfertiger über den Beschicker gleichmäßig gefüllt werden und der Einbau erfolgt mit gleichbleibender Geschwindigkeit.

Ein Anstoßen der Transportfahrzeuge an das Einbaugerät ist ebenfalls nicht mehr möglich, wodurch sich eventuelle Abrücke der Einbaubohle verhindern lassen.

Anforderungen an Kompaktasphalt

Das in der Kompaktbauweise zur Anwendung kommende Asphaltmischgut muss die Anforderungen der EN 13108-ff „Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen“ erfüllen, dies beinhaltet eine aufrechte CE Zertifizierung und eine ordnungsgemäße Deklaration in Form einer Leistungserklärung. Zusätzlich gelten die nationalen Anforderungen der ÖNORM B 358-ff an das Produkt Asphalt.

Anforderungen an konventionell hergestellte Asphaltschichten, Bestimmungen über deren Einbau, die Verdichtungsleistung sowie die Verkehrsfreigabe sind national in der RVS 08.16.01 „Technische Vertragsbedingungen, Bituminöse Trag- und Deckschichten, Anforderungen an Asphaltschichten“ definiert. Detaillierte Anforderungen an die Kompaktbauweise gibt es in Österreich keine, lediglich in Deutschland existiert ein Merkblatt der Forschungsgesellschaft mit der Bezeichnung „Bau kompakter Asphaltbefestigungen R2“.

Dabei sind wesentliche qualitative Unterschiede zu unseren nationalen Anforderungen zu bemerken, die sich beispielsweise in den Kennwerten Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad manifestieren.
So wird in Österreich ein Verdichtungsgrad der fertig eingebauten Asphaltschichten von 98% gefordert, im Merkblatt zum Bau kompakter Asphaltbefestigungen mindestens 99%.
Um diese Anforderung zu erfüllen muss die Verdichtungsleistung (Arbeit des Fertigers und der Walzen) erhöht werden.

Einbau auf der S36

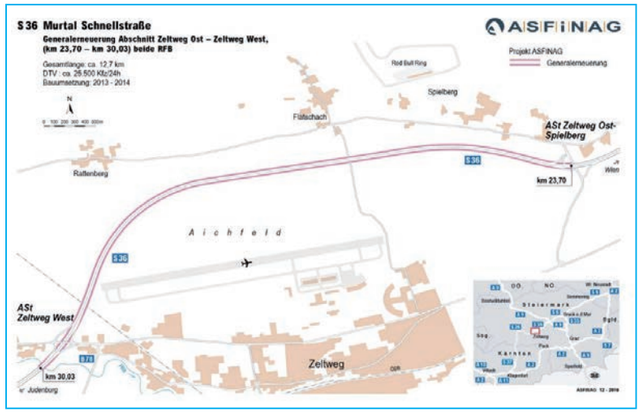


Abb. 4: Monitoring auf der S 36

Mag. Dr. Alexander Vasiljevic
Ing. Werner Strommer

Die Asfinag hatte den Auftrag in den Jahren 2013 und 2014 den Abschnitt zwischen den Anschlussstellen Zeltweg Ost und Zeltweg West auf der S36 Murtal Schnellstraße zu sanieren. Zur näheren geographischen Erklärung, das Aichfeld liegt im unmittelbaren Nahebereich des Red Bull Rings und des Militärflughafens Zeltweg.
Auf einer Streckenlänge von knapp 6km wurde bereits ein Jahr zuvor in der gegenüberliegenden Fahrtrichtung eine Generalsanierung im herkömmlichen Sinn, ein konventioneller Einbau mit 2 Binder Schichten in 8cm Dicke und einer Deckschichte der Type SMA 11 in 3,5 cm eingebaut.
Bei gleichbleibender Gesamtschichtstärke wurde ein Jahr später die Generalsanierung mittels Kompaktbauweise von der Asfinag ausgewählt und von der Fa. Strabag umgesetzt.
Der Gesamtaufbau der beiden Varianten entspricht im Übrigen der Lastklasse LK42.

Vergleich	2013 RFB St. Michael Konventioneller Einbau	2014 RFB Scheifling Kompaktasphalteinbau
Baustellenlänge	6,3 km	6,3 km
Aufbau	SMA 11 3,5 cm AC 22 binder 8 cm AC 22 binder 8 cm	SMA 11 2,5 cm AC 22 binder 8 cm AC 32 binder 9 cm

Abb. 5: Vergleich Konventioneller Einbau vs Kompakt Asphalt

Beim konventionellen Einbau wurden pro Binderschicht 6 Einbautage benötigt und für die Deckschichte 4 Einbautage. Beim Kompaktasphalteinbau, wurden für die erste Binderschicht 5 Einbautage benötig und für die „Kompaktschichte" weitere fünf Einbautage, wodurch sich eine Verkürzung von sechs Einbautagen ergeben hatte.
Die Ursache liegt unter anderem in der Tatsache, dass mit dem Kompaktfertiger über die gesamte Breite asphaltiert und der Fertiger schneller über den Beschicker mit Mischgut beladen werden konnte.

Das Monitoring

Das Projektteam, bestehend aus Vertretern der Asfinag, der Fa. Strabag und der Prüfbau haben sich zum Ziel gesetzt, das Langzeitverhalten wissenschaftlich zu dokumentieren, um gegebenenfalls aus den erhaltenen Kenndaten Anforderungen und Bewertungskriterien schaffen zu können. Die Erkenntnisse könnten in weiterer Folge dazu dienen, die Kompakt Bauweise für die in Österreich geltenden topografischen und klimatischen Verhältnisse qualitativ zu beschreiben.

Es wurde ein 6 jähriger Monitoring Plan entworfen, wobei charakteristische Oberflächen- und Schichteigenschaften über die Jahre hinweg kontinuierlich geprüft und miteinander verglichen werden.

Forschungsvorhaben: Langzeitverhalten von Kompaktasphalt in Relation zu Standardbauweise

Die Begutachtung findet jeweils im Frühjahr und Herbst des Jahres statt und wird an jeweils 10 bzw. 5 Messstellen durchgeführt.

Kennwert	Regelwerk	Standardbauweise (RFB St. Michael)						Kompaktasphalt (RFB Judenburg)						∑ der Prüfungen
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Bestimmung der Makrotextur	EN 13036-1	☒	☒					☒	☒					
Bestimmung der Ausflusszeit	EN 13036-3	☒	☒					☒	☒					
Bestimmung der Querebenheit	EN 13036-7	☒	☒					☒	☒					
Bestimmung der Risse	RVS 13.01.11	☒	☒					☒	☒					
Schichtverbund	ÖNORM B 3639	☒	☒					☒	☒					

Abb. 6: Monitoring Plan

Die Makrotextur der Straßenoberfläche gemäß EN 13036-1 ist die mittlere Oberflächentexturtiefe gemessen in Millimeter. Hierbei wird ein definiertes Volumen Quarzsand auf die Asphaltoberfläche geschüttet und mit wenig Druck gleichmäßig kreisförmig verteilt bis die Vertiefungen aufgefüllt sind. Durch eine Veränderung des Durchmessers des Kreises kann eine Veränderung der mittleren Rautiefe (Griffigkeit) errechnet werden.

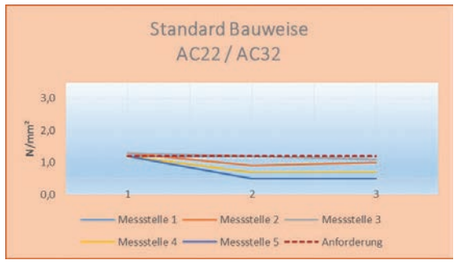
Das Drainverhalten geprüft nach EN 13036-3 liefert einen Anhaltswert zur Entwässerung (Aquaplaning) im Kontaktbereich zwischen Fahrbahn und Reifen. Es wird die Fahrbahnoberfläche mit einer gewissen Flüssigkeitsmenge beaufschlagt und die Zeit des Abflusses gemessen.

Ein weiteres Qualitätskriterium für den Verkehrsteilnehmer stellt die Ebenheit in Querrichtung, die sogenannten Spurrinnen dar.
Die Ermittlung der Querebenheit erfolgt gemäß EN 13036-7 indem eine Richtlatte senkrecht zur Straßenachse zu stellen ist und der Abstand zwischen Fahrbahn und Richtlatte (Spurrinne) aufgenommen wird.

Da die drei genannten Prüfungen zerstörungsfrei durchgeführt werden ergibt sich der Vorteil, dass über die Jahre die Kontrollen immer wieder an derselben Stelle durchgeführt werden können.

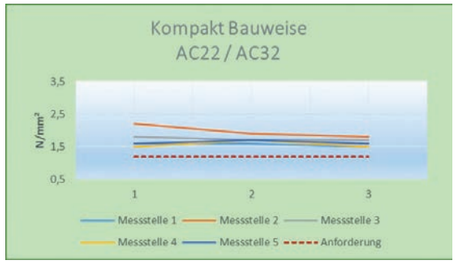
Die Bedeutung des vollflächigen Schichtverbundes ist allgemein bekannt, denn ein unzureichender Schichtverbund führt zu frühzeitigen Verformungen, einem übermäßigen Durchbiegen der Schichten und schlussendlich zu einem Totalversagen in Form von Rissen.
Ein guter Schichtverbund hingegen verhindert diese Verformung der Schichten und trägt somit zu einem idealen Lastabtrag in den Untergrund bei.

Demzufolge wird in der Asphalttechnologie und in unserem Projekt insofern Rechnung getragen, als dass der Schichtverbund ein wesentliches qualitatives Merkmal darstellt.
Zur Feststellung der Verbundwirkung zwischen den einzelnen Asphaltschichten werden Bohrkerne entnommen und mittels Abscherversuch wird an den Schichtgrenzen die Schubfestigkeit gemäß ÖNORM B 3639 überprüft.



Grafik 1: Ergebnisse der Schubfestigkeit- Standard Bauweise

Erste Ergebnisse betreffend Schichtverbund wurden bereits ausgewertet und stehen nun zur Verfügung. Im Baulos mit der Bezeichnung „Kompaktasphalt" wurden 5 Messstellen definiert. An diesen 5 Messstellen wurden bisher in 3 Perioden, also im Herbst 2015, im Frühjahr und im Herbst 2016 Bohrkerne entnommen und die Schubfestigkeit ermittelt.
Analog dazu wurde im Baulos „konventionelle Bauweise" vorgegangen. Die Ergebnisse sind den beiden Grafiken zu entnehmen.



Grafik 2: Ergebnisse der Schubfestigkeit- Kompakt Bauweise

Anhand der Grafiken ist nun ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Verfahren erkennbar. Der Schichtverbund zwischen den beiden Binder Schichten liegt bei der Standard Bauweise nach einer Liegedauer von über 3 Jahren bereits unter dem Abnahme Kriterium von 1,2 N/mm², bemerkenswert dabei ist, dass ein Abfall der Festigkeiten nach einer Liegedauer von über 2 Jahren generell zu erkennen ist.

Vorläufiges Resümee

Aus wirtschaftlicher Sicht ist eine Kostenreduzierung durch zeitlich geringeren Personal- und Geräteeinsatz erkennbar. Durch eine konstante Befüllung des Kompaktmodul Fertiger mit Asphaltmischgut über ein Beschickungsgerät kann die Einbauzeit zusätzlich verkürzt werden.
Ein Einbau über die komplette Fahrbahnbreite in allen Lagen erspart zusätzliche Arbeitsgänge für Haftbrücken.
Aus qualitativer Sicht ergibt die optimale Verzahnung der Asphaltschichten einen verbesserten/erhöhten Schubverbund, der wiederum für eine längere Lebensdauer verantwortlich ist. Durch Reduktion der Schichtdicke in der Deckschichte wurde die Asphalt Binder Schichte verstärkt, wodurch die gesamte Tragfähigkeit der Asphaltkonstruktion erhöht wurde. Dadurch kam es zu einer erkennbaren Verringerung der Verformungen in Querrichtung (Spurrinnenbildung).

Durch den Einbau „heiß auf heiß" ist das Vorspritzen mit Bitumenemulsion zwischen der Deck- und Binderschichte nicht notwendig, Warte- bzw. Stehzeiten bedingt durch den Brechvorgang der Emulsion oder eventuelle Verschmutzungen der vorgespritzten Fläche werden dadurch vermieden.

Zu den Risiken zählen in jedem Fall, dass die Asphaltmischanlagen in kurzer Zeit große Mengen an Asphalt produzieren müssen, dass durch den erhöhten Geräteeinsatz auch die Ausfallanfälligkeit steigt und dass es eine geringere Flexibilität bei Witterungsänderungen gibt.

Bei der Kompaktbauweise handelt es sich um ein in Österreich noch unbekanntes Bauverfahren, das jedoch technisch und wirtschaftlich richtig eingesetzt viel Potential verspricht. Im Jahr 2020 wird das Monitoring auf der S 36 beendet sein und anhand der noch fehlenden Kenngrößen wird der Einsatz, das Anforderungsprofil und eine fundierte Bewertungsgrundlage der Bauweise „Kompakt Asphalt" möglich gemacht werden.

Mag. Dr. Alexander Vasiljevic
Ing. Werner Strommer

Literaturverzeichnis

BMWA, Straßenforschung Heft 455:
Qualitätssicherung im Asphaltstraßenbau

BMWA, Straßenforschung Heft 469:
Bemessung von Haftbrücken

EN 13036-1:
Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren
Teil 1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens

EN 13036-3:
Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren
Teil 3: Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten

EN 13036-7:
Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren
Teil 7: Messung von Einzelunebenheiten von Verkehrsflächen: Messung mit der Richtlatte

ÖNORM B 3639-1:
Technische Asphalte für den Straßenbau und verwandte Gebiete – Prüfung
Teil 1: Schubverbund von Asphaltschichten

RVS 08.97.05:
Anforderungen an Asphaltmischgut

RVS 08.16.01:
Anforderungen an Asphaltschichten

Mag. Dr. Alexander Vasiljevic
(Geschäftsführender Gesellschafter)
PRÜFBAU
Straßenbautechnologische Prüfanstalt Ges.m.b.H.
8501 Lieboch, Doblerstraße 14
Tel.: +43 664 5221076
E-Mail: alexander.vasiljevic@pruefbau.at
www.pruefbau.at

Ing. Werner Strommer
ASFINAG Bau Management GmbH
8600 Bruck/Mur, Brandstetterstraße 52
Tel.: +43 (0) 50108 - 14231
E-Mail: werner.strommer@asfinag.at
www.asfinag.at
www.ivws.tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin Buchta
Prokurist Manfred Lang

Road Monitoring – „Wer nichts weiß, muss alles glauben“

Grundlagen und Systematik der Zustandserfassung

Die Erfassung des Straßenzustandes stellt eine wesentliche Grundlage für alle Entscheidungen im Zusammenhang mit der Erhaltung von Infrastruktureinrichtungen dar. Ohne Kenntnis des Straßenzustands ist eine zielgerichtete Erhaltungs- und Instandsetzungsstrategie nicht möglich.

Durch geeignete Prozesse können auf technischer und politischer Ebene Hilfestellung gegeben werden, um dem Leitmotiv folgend „Wer nichts weiß, muss alles glauben“ die zielgerichtete Erhaltung und Instandsetzung planen und budgetieren zu können.

Ohne ausreichende Informationen über den Zustand unserer Straßen und Wege und ohne Zustandsprognosen ist es nicht möglich den Zustand jeweils „tagesaktuell“ zu bewerten und zu beurteilen, ob die zur Verfügung stehenden budgetären Mittel ausreichend sind. Eine aussagekräftige Kenngröße dafür ist im Pavement Management der sogenannte Erhaltungsrückstand.

Um aus einem Pavement Management System (kurz PMS) signifikante Kennzahlen ableiten zu können, muss der Straßenzustand in regelmäßigen Abständen erfasst und zwischenzeitlich prognostiziert werden. In Abhängigkeit des Zustands und der Größe des Straßennetzes haben sich Erfassungsintervalle von 3, 5 oder 7 Jahren als praktikabel erwiesen.

Pavement Management Systeme liefern objektive Entscheidungsgrundlagen und können viele Fragen des Straßenerhalters beantworten, wie z.B.:
- In welchem Zustand sind meine Wege?
- Wie viel Geld benötige ich, um die Wege erhalten und instand setzen zu können?
- Wie und wo kann ich die zur Verfügung stehenden Mittel am effektivsten einsetzen?
- Wie hoch ist mein Erhaltungsrückstand?
- Kann der aktuelle Straßenzustand mit den zur Verfügung stehenden Mittel gehalten werden, oder leben wir auf Kosten der Nachfolgegenerationen?
- Wann bin ich haftbar, wenn durch eine nicht ordnungsgemäße Erhaltung der Wege ein (Personen-) Schaden entsteht?
- Und vor allem „Wo fange ich an“ um den größtmöglichen Nutzen für mein Wegenetz zu erzielen.

Die Grundlagen für die Zustandserhebung sind in Österreich in den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) verankert. Dieses technische Regelwerk beschreibt allgemein und spezifisch den Ablauf und die Vorgehensweise bei der Erfassung des Straßenzustandes.

In diesem Zusammenhang sind die folgenden Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau anzuführen:

- RVS 13.01.41, Grundlagen für Zustands- und Maßnahmenbeurteilung (Ausgabe Juli 2015)

- RVS 13.01.11, Zustandsbeschreibung und mögliche Schadensursachen von Asphalt- und Betonstraßen (Ausgabe August 2009)
- RVS 13.01.16, Bewertung von Oberflächenschäden und Rissen auf Asphalt- und Betondecken (Ausgabe Mai 2013)
- RVS 13.01.15, Beurteilungskriterien messtechnische Zustandserfassung (Ausgabe März 2006)

In den vor angeführten Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau sind die notwendigen Grundlagen und Verfahrensschritte für die vollständige Erfassung des Straßenzustandes von der grundlegenden Beschreibung, über die Bewertung bis hin zur Maßnahmenfestlegung enthalten.

Ein wichtiges Kriterium stellt dabei die notwendige Systematik der Zustandsbeschreibung für die Umsetzung in der Praxis dar. Dazu gehören:
- die Beschreibung des Schadens,
- das Erfassen des Schadensausmaßes,
- das Einstufen der Schadensschwere,
- die Bewertung des Schadens,
- die Gewichtung der unterschiedlichen Schäden,
- die Prognose der Schadensentwicklung
- und das Erkennen von möglichen Schadensursachen als Grundlage für die Maßnahmenfestlegung.

Um die Grundlagen für ein zielgerichtetes Erhaltungsmanagement schaffen zu können, ist somit immer in einem ersten Schritt die Beschreibung des Straßenzustandes erforderlich.
Die nachfolgende Aufzählung enthält einzelne Zustandsbilder und fasst diese in die Kategorien Oberflächenschäden, Ebenheitsschäden und Risse zusammen:

<u>Oberflächenschäden:</u>
- Unzureichende Griffigkeit
- Bindemittelaustritt (Schwitzen)
- Ausmagerung (Mörtelverlust)
- Kornausbrüche (Kornverlust)
- Ablösungen und Abplatzungen
- Schlaglöcher

Foto 1: Bindemittelaustritt auf der Fahrbahnoberfläche

<u>Ebenheitsschäden:</u>
- Unzureichende Längsebenheit
- Unzureichende Querebenheit (Spurrinnen)
- Lokale Hebungen und Setzungen

Foto 2: Spurrinnenausbildung

<u>Risse:</u>
- Netzrisse, Längsrisse, Querrisse, Nahtrisse
- Anschlussschäden, unregelmäßige Risse

Foto 3: Längs- und Querrisse

Wenn der Straßenzustand erfasst bzw. klassifiziert ist, müssen die Kenngrößen bewertet werden. Zu diesem Zweck können zum Beispiel alle Zustandsgrößen durch eine Zustandszahl zwischen 0 (gut) und 1 (schlecht) dargestellt werden.

0,00 - 0,05	0,05 - 0,20	0,20 - 0,40	0,40 - 0,70	0,70 - 1,00
sehr gut	gut	mittel	schlecht	sehr schlecht

Abbildung 1: Beispiel für eine mögliche Klasseneinteilung in Abhängigkeit der berechneten Zustandszahl

Eine andere Möglichkeit der Klassifizierung des Straßenzustands ist es, diesen bereits bei der visuellen Erfassung Klassen zuzuordnen (Quelle: PMS-Consult).

Klasse	Beschreibung	Bildinformation
1	keine Schäden erkennbar	
2	Vereinzelt kleine Schäden erkennbar (z.B. kleine Risse); keine Beeinträchtigung der Nutzung	
3	Schäden unterschiedlicher Art erkennbar (Ausbrüche, Ablösungen, Risse), jedoch keine Beeinträchtigung der Nutzung und/oder geringe strukturelle Beeinträchtigung	
4	Umfangreiche Schäden erkennbar (Ausbrüche, Schlaglöcher, offene Risse, Fugenschäden, etc.); Beeinträchtigung der Nutzung und/oder maßgebende strukturelle Beeinträchtigung (Tragfähigkeit)	
5	Großflächige Schäden erkennbar (Schlaglöcher, Abplatzungen, Netzrisse etc.); starke Beeinträchtigung der Nutzung und/oder starke strukturelle Beeinträchtigung (Tragfähigkeit)	

Abbildung 2: Beispiel für eine vereinfachte Klasseneinteilung

Werden die Zustandsgrößen einzeln erfasst und bewertet, empfiehlt es sich diese nach objektiven Grundsätzen zu gewichten und im Anschluss zu einer einzelnen Zustandskennzahl, entsprechend dem Zustand der Straße bzw. dem Straßenabschnitt, zusammenzufassen. Diese Kennzahl erlaubt eine objektive Reihung von Abschnitten im Erhaltungsnetz und liefert damit die erste Entscheidungsgrundlage für eine Priorisierung.

Sind Kennzahlen vorhanden können diese auch farblich dargestellt und zum Beispiel als Zustandsvektoren in einem GIS angezeigt werden.

Abbildung 3: Beispiel für die übersichtliche farbliche Darstellung des Straßenzustands

Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin Buchta
Prokurist Manfred Lang

Möglichkeiten der Zustandserfassung

Für die Erfassung des Straßenzustands stehen unterschiedliche Methoden und Ansätze zur Verfügung. Prinzipiell wird zwischen einer rein visuellen und einer messtechnisch unterstützten Zustandserfassung unterschieden. Die visuelle Zustandserfassung kann durch den Erhalter selbst oder durch ein dafür spezialisiertes Ingenieurbüro mit vergleichsweise geringem Aufwand durchgeführt werden. Bei einer messtechnisch unterstützten Zustandserfassung können zusätzliche Informationen gewonnen werden, die auch für die Maßnahmenfestlegung Verwendung finden.

Visuelle Zustandserfassung

Bei der „visuellen Zustandserfassung" werden die an der Oberfläche erkennbaren Eigenschaften im Rahmen einer Begehung erfasst. Wichtig für die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ist es, die Zustandskenngrößen nach einem einheitlichen Standard anzusprechen. Grundlage dafür ist ein im Vorfeld zu erstellender Schadenskatalog. Erfasst werden können prinzipiell alle Flächen des Straßenraums, also nicht nur die Straße selbst sondern auch z.B. Geh- und Radwege.

Das Ausmaß der Schäden kann in Klassen, z.B. Schadensschwere 1, 2 oder 3 aufgenommen werden oder exakt nach dem tatsächlichen Ausmaß, z.B. die summierte Risslänge in einem 25 m Bewertungsabschnitt beträgt 7 m. Das Ausmaß kann durch einen Fachmann auch abgeschätzt werden.

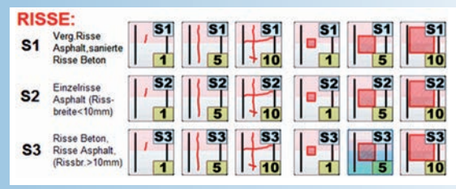


Abbildung 4: Beispiel für die Definition der Schadensschwere für unterschiedliche Rissarten (Quelle PMS-Consult)

In der Praxis hat es sich als Vorteilhaft erwiesen, das Straßennetz in ein Netzknotensystem zu transformieren. Wird das Netz durch Begehung erfasst, empfiehlt es sich weitere Teilbereiche bzw. Teilabschnitte, z.B. bei wechselndem Straßenzustand, zu bilden. Innerhalb dieser Teilbereiche können die erkennbaren Oberflächenschäden relativ genau abgeschätzt und wie beispielhaft gelistet dokumentiert werden:

- Linearrisse in Metern, möglicherweise unterteilt nach Rissbreiten
- Vergossene Risse in Metern
- Netzrisse in Quadratmetern
- Ausmagerungen durch Grundlagenfestlegung ja oder nein
- Randausbrüche in Metern
- Verformungen in Metern
- Rutschungen in Metern
- Anzahl von Schlaglöchern

Ist der Zustand der Verkehrsflächen erfasst, können diese Daten in einem PMS aufbereitet und analysiert werden.

Eine tiefgreifende Kenntnis über mögliche Schadensursachen bzw. das Wissen um den Substanzwert der Konstruktion, kann bei einer visuellen Zustandserfassung, auch bei Einbeziehung von erfahrenen Fachleuten, nur bedingt resultieren. Auch zur besseren Prognose der Schadensentwicklung, sollte zusätzlich zur Erfassung der Oberflächeneigenschaften immer auch der Straßenzustand messtechnisch erfasset werden (z.B. zerstörungsfreie Bestimmung der Tragfähigkeit mit einem Fallgewichtsdeflektometer).

Messtechnische Zustandserfassung

Diese zumeist automatisierten Verfahren können sowohl auf Netzebene (gesamtes Erhaltungsgebiet) als auch auf Projektebene (Abschnitt in einem Erhaltungsgebiet) eingesetzt werden. Durch die überwiegend automatisierte Erfassung ist es mit diesen Verfahren auch möglich in relativ kurzer Zeit größere Erhaltungsgebiete zu erfassen und in weiterer Folge zu bewerten.

Bei der „messtechnischen Straßenzustandserfassung" kann vergleichbar wie bei der „visuellen Straßenzustandserfassung" der Oberflächenzustand erfasst werden. Darüber hinaus können im gleichen Messvorgang zusätzliche Oberflächeneigenschaften, wie z.B. die Makrotexturtiefe (Rauheit der Fahrbahnoberfläche), die Spurrinnentiefe (Querebenheit) und die Griffigkeit mit physikalischen Kenngrößen hinterlegt werden. In Abhängig des eingesetzten Systems können auch die Anlagenverhältnisse durch Lasertechnologie erfasst werden (z.B. Höhe und Lage sowie Längs- und Quergefälle der Fahrbahnoberfläche). Aus dem Längs- und Quergefälle kann im Zusammenwirken mit der Spurrinnentiefe die kritische Wasserfilmtiefe, als wesentliches Kriterium für die Verkehrssicherheit, berechnet werden. All diese Messdaten können bereits als Grundlage für die Vorplanung einer zukünftigen Baumaßnahme dienen.

Zusätzlich zu der messtechnischen Erfassung der Oberflächeneigenschaften können auch zerstörungsfrei die Tragfähigkeit der Fahrbahn mit einem sogenannten dynamischen Fallgewichtsdeflektometer und die Dicke der gebundenen Schichten des Oberbaus mit einem Georadar erfasst werden.

Aus den Ergebnissen der Tragfähigkeitsmessungen auf Netzebene kann ein Tragfähigkeitsindex abgeleitet werden. Dieser geht in die Bewertung des Straßenzustands und in die Prognosefunktionen ein. Auf Projektebene liefern diese Messdaten erste Anhaltspunkte für die Schadensursache.

Eine weitere wichtige Kenngröße unserer Verkehrsflächen ist die Dicke der Konstruktionsschichten (Schichten des Oberbaus). Diese können vergleichsweise aufwändig durch Schürfe, durch Bohrkerne oder aber auch zerstörungsfrei mit dem Georadar ermittelt werden.

Automatische Erfassung der Oberflächeneigenschaften

Bei diesen Messsystemen kann der Zustand der Fahrbahnoberfläche sowie der Nebenanlagen kontinuierlich mit mehreren CCD-Kameras aufgezeichnet werden. Ein CCD (Charge Coupled Device) Sensor ist ein lichtempfindliches Bauteil, das proportional zur eingestrahlten Lichtmenge ein elektrisches Signal ausgibt. In professionellen Kameras wird das einfallende Licht mit einem Prisma in die drei Farben Rot, Blau und Grün zerlegt und auf drei CCD-Chips aufgeteilt (3 CCD Kameras). Diese Signale werden verstärkt und durch komplexe Schaltungen in ein digitales Videosignal umgesetzt. Systemabhängig sind auch Spezialkameras oder Videosysteme im Einsatz, die das Erkennen von Rissen ab 0,2 mm ermöglichen.

Foto 4: Spezialmessfahrzeug der Nievelt Ingenieur GmbH zur vollautomatischen Erfassung des Straßenzustands und der Umgebungsbedingungen

Die Fotos können in definierten Intervallen, z.B. alle 5 m, aufgezeichnet und in einer Fotodatenbank abgelegt werden. Vergleichbare Systeme werden auch zur Beweissicherung des Fahrbahnzustands eingesetzt.

Sämtliche Fotos werden im Post-Processing georeferenziert, das heißt, dem wiedergegeben Foto und jedem darauf enthaltenen Bildpunkt kann die exakte Position (Koordinaten, Stationierung bzw. Kilometrierung) zugeordnet werden. Dies wird durch eine exakte Positionierung des Fahrzeugs aus dem Luftfahrtbereich erreicht.

Bei dem Messfahrzeug der Nievelt Ingenieur GmbH sind zwei GPS Antennen, eine für die Position und eine für die Richtung, verbaut. Zusätzlich wird durch eine Gyro-Einheit die Bewegung des Fahrzeuges erfasst und die dadurch erforderlichen Korrekturen in der Messauswertung berücksichtigt. Die Positionsgenauigkeit beträgt in Echtzeit (während der Messfahrt) ca. 30 cm und im Nachbearbeitungsprozess, durch Einarbeitung von referenzierten Positionsdaten, 2 cm.

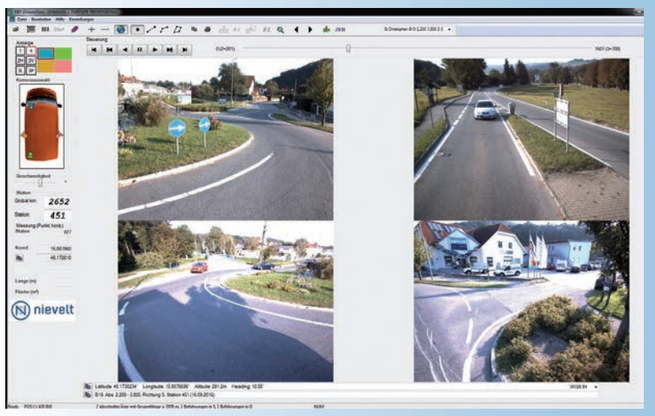


Abbildung 5: Beispiel für den aufgenommenen Straßenzustand, georeferenzierte Fotos, dadurch können direkt aus den Fotos Breiten und Flächen entnommen werden

Das Messfahrzeug der Nievelt Ingenieur GmbH besitzt darüber hinaus Speziallasermesseinrichtungen, mit welchen exakt die Fahrbahnoberfläche durch einen „Pavement Profile Scanner" (kurz PPS) und Makrotexturscanner sowie der Straßenraum durch einen Corridor Profile Scanner (kurz CPS) abgetastet werden können.

Foto 5: Anordnung der Lasermesseinrichtungen am Messfahrzeug

Das Messprinzip besteht, vereinfacht dargestellt, darin, dass ein Laserimpuls ausgesendet und das reflektierte Signal durch einen Empfänger aufgezeichnet wird. Die Zeit zwischen dem Aussenden und dem Eintreffen des Signals wird gemessen und mit der geeigneten Software ein Abbild einer Oberfläche dargestellt. Die Dämpfung des Laserimpulses steht im Zusammenhang mit den Oberflächeneigenschaften und kann die Signalstärke in Graustufen oder Farbschattierungen umgewandelt werden.

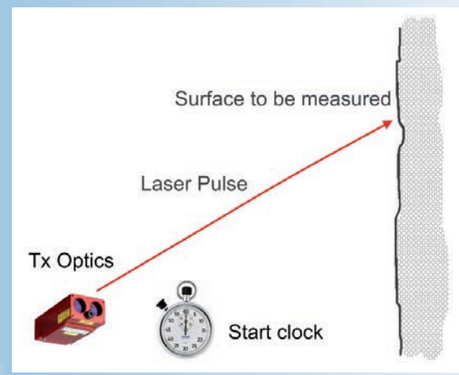


Abbildung 6: Prinzip der Lasermessung

Die 3 wesentlichen Lasermesssysteme des Messfahrzeuges der Nievelt Ingenieur GmbH sind durch folgende spezifische Leistungsmerkmale gekennzeichnet:

Pavement Profile Scanner (PPS):

Foto 6: Systembild der Fahrbahnabtastung mit Laserscan

Mit diesem Messsystem kann die Längs- und Querebenheit der Fahrbahnoberfläche erfasst werden. Die Messbreite beträgt vier Meter. Es ist eine Erfassungsgenauigkeit jedes abgetasteten Messpunkts von 0,3 mm, bei einer ausreichend hohen Punktdichte bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h, möglich. Bei dieser Fahrgeschwindigkeit können z.B. Querprofile in einem Abstand von 2,5 m berechnet und ausgegeben werden.

Aus den Lasermessdaten (Messpunkte) können georeferenzierte Intensitätsbilder berechnet werden, die ähnlich einem Foto den Oberflächenzustand darstellen.

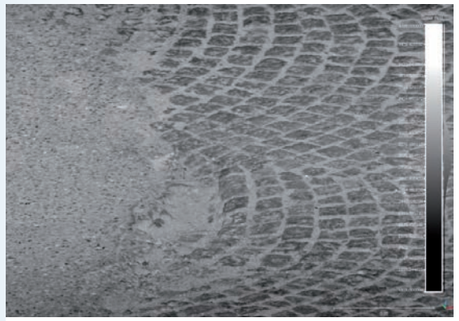


Abbildung 7: Georeferenziertes Intensitätsbild aus dem Pavement Profile Scanner

Dieses Messsystem bietet in Bezug auf die bei konventionellen Systemen notwendigen Verkehrsbeeinträchtigungen den Vorteil, dass diese Messungen ohne Verkehrssperren im Fließverkehr, sowohl bei Tag als auch bei Nacht, durchgeführt werden können.

Die Positionsgenauigkeit liegt wie bereits angeführt bei ca. 2 cm (Post-Processed).

Corridor Profile Scanner (CPS):

Mit dieser Messeinheit können auch die Nebenanlagen bis zu einer Breite von 30 m erfasst werden. Durch die Übernahme der Messdaten aus dem PPS ist ein Aufnahmeradius von 360 ° realisierbar.

Foto 7: Detailaufnahme des Umgebungsscanners

Die Erfassungsgenauigkeit beträgt zwischen 3 und 7 mm bei einer Fahrgeschwindigkeit von ca. 50 km/h. Auch bei dieser hohen Fahrgeschwindigkeit ist noch eine hohe Punktdichte im Rastermaß von 3 cm vorhanden. Auch diese Messungen können mit der gleichen Positionsgenauigkeit wie beim PPS Scanner bei Tag und bei Nacht ohne Verkehrsbehinderungen durchgeführt werden.

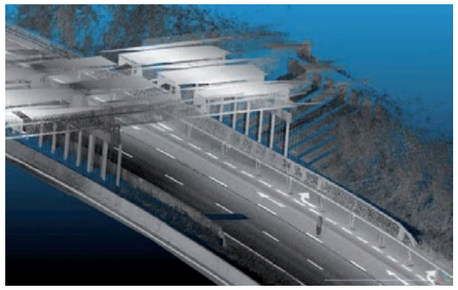


Abbildung 8: Beispiel für ein georeferenziertes Intensitätsbild aus dem Corridor Profile Scanner

Makrotexturscanner:

Mit den am hinteren Stoßfänger befestigten geteilten Lasermesseinheiten wird die Makrotextur in den Radspuren der Fahrstreifen erfasst. Die Grundlagen dafür sind in den jeweiligen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau enthalten.

Struktureigenschaften mit dem Fallgewichtsdeflektometer

Als weitere Grundlage, z.B. für die erweiterte Berechnung des Substanzwertes, kann die Tragfähigkeit einer Fahrbahnkonstruktion erfasst werden. Das Tragfähigkeitsniveau der Fahrbahn wird durch Simulation der Belastung durch einen Lkw mit dem dynamischen Fallgewichtsdeflektometer gemessen.

Bei diesem Messverfahren wird ein Lastimpuls (z.B. 50 kN, ca. 20 msek) auf die Fahrbahnoberfläche aufgebracht und die Verformung der Fahrbahnkonstruktion gemessen. Aus den Kenngrößen Lastimpuls, Verformung der Oberfläche, Schichtdicke der Konstruktion und Messtemperatur werden die Tragfähigkeit (Systemsteifigkeit) auf Netzebene bzw. die Schichtkennwerte (dynamische E-Module der einzelnen Schichten) auf Projektebene berechnet.

Es ist somit möglich auf Netzebene einen Strukturindex zu berechnen und auf Projektebene Eingangswerte für die Bemessung zu erhalten. Mit diesen Kennwerten lassen sich allenfalls erforderliche Verstärkungen berechnen, sowie vorhandene Fehlstellen, die tiefgreifende Maßnahmen erfordern, lokalisieren.

Für die Durchführung der Messungen stehen Fallgewichtsdeflektometer mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Höhe des Lastimpulses (bis 350 kN für Flugplatzbefestigungen) zur Verfügung.

Foto 8: Dynamisches Fallgewichtsdeflektometer

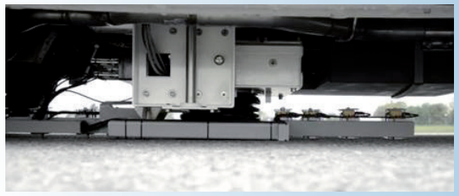


Foto 9: Abgesenkte Lastplatte auf der Fahrbahnoberfläche, Verformungsmesswertgeber

Schichtdickenmessung mit dem Georadar

Sehr wichtig für die Bewertung der Eigenschaften einer Fahrbahnkonstruktion auf Netz- und auf Projektebene ist die Dicke der Schichten der gebundenen Oberbaukonstruktion. Üblicherweise wird diese mit zerstörenden Verfahren (Bohrkerne) erhoben, die aber nur punktuell Konstruktionsdicken wiedergeben.

Für eine wesentlich bessere Erfassungsdichte steht ein zerstörungsfreies Verfahren zur Verfügung, welches auf ähnlichen Grundlagen wie die Reflexionsseismik und die Entfernungsmessung mit Sonar und Radar beruht. Das Ground Penetrating Radar (GPR) ist ein elektromagnetisches Impulsreflexionsverfahren (EMR). Dabei werden elektromagnetische Impulse ausgesendet und die an vorhandenen Schichtgrenzen reflektierten Signale über die gemessenen Laufzeiten Schichtdicken zugeordnet.

Foto 10: Beispiel für ein Georadarmessgerät, Antenne am Heck des Messfahrzeugs montiert

Auch bei diesem Messverfahren kann die Entnahme von Bohrkernen nicht gänzlich entfallen, es sind aber nur sehr wenige, so genannte Kalibrierungsbohrungen, zur Festlegung der tatsächlichen Laufgeschwindigkeiten der Impulse notwendig.

Dieses Messverfahren kann durch geeignete Systeme auch an Fahrzeugen angebracht werden und ermöglicht somit aufgrund der großen Messgeschwindigkeit die Erfassung des Schichtdickenverlaufs in einem relativ dichten Raster.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel für Georadarmessungen ist die Ortung von Einbauten in Fahrbahnen und Bauteilen. So ist es z.B. möglich in einer mit Asphalt überbauten Betondecke die Anzahl und Lage der Stahldübel, bzw. deren Schiefstellung, zu bestimmen.

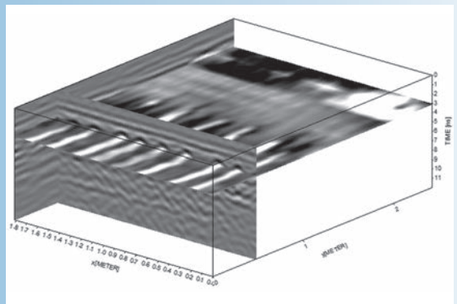


Abbildung 9: Erkundung der Lage und der Anzahl der Stahldübel in einer mit Asphalt überbauten Betondecke

Zusammenfassung

Die genaue Kenntnis des Straßenzustands ist der wesentlichste Bestandteil für die Planung und Budgetierung von Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen. Eine zielgerichtete Bewertung und die daraus folgende Maßnahmenabschätzung sind ohne ausreichende Zustandsbeschreibung nicht möglich. Die Methoden für die objektive Zustandsbeschreibung von Verkehrswegen sind vorhanden und approbiert. Sie stellen in Bezug auf die vorliegenden Regelwerke den Stand der Technik dar.

Der Zustand unserer Wege und Straßen kann mit einem relativ geringen Aufwand bereits rein visuell erfasst werden. Durch den Einsatz von Spezialfahrzeugen können nicht nur Oberflächenschäden, sondern auch weitere, für das Pavement Management sehr wichtige Oberflächen- und Struktureigenschaften erhoben werden. Durch die Anwendung dieser Verfahren können bereits bei den Erhebungen auf Netzebene die Grundlagen für die Maßnahmenfestlegung auf Projektebene geschaffen werden.

Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin Buchta
Nievelt Labor GmbH
2000 Stockerau, Wiener Straße 35
Tel. +43 (0)2266 – 64110
E-Mail: martin.buchta@nievelt.at
www.nievelt.at

Prokurist Manfred Lang
Nievelt Ingenieur GmbH
6060 Hall in Tirol, Lorettostraße 26
Tel. +43 (0)5223 – 42106
E-Mail: manfred.lang@nievelt.at
www.nievelt.at

Dipl.-Ing. Dragan Bill

Umsetzung des Energieeffizienzgesetztes an Gesteinsaufbereitungsanlagen

1. GRUNDLAGEN

1.1. „Europa 2020“

Um die Grundlagen für eine wettbewerbsfähigere Wirtschaft mit mehr Beschäftigungsmöglichkeiten zu entwickeln und aus der Finanzkrise gestärkt herauszukommen, hat die Europäische Kommission am 3. März 2010, ein auf zehn Jahre angelegtes Wirtschaftsprogramm der Europäischen Union offiziell vorgeschlagen und dieses wurde vom Europäischen Rat am 17. Juni 2010 angenommen. Damit wurde eine neue Strategie mit dem Ziel ein „intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum“ mit einer besseren Koordinierung der nationalen und europäischen Wirtschaft namens „Europa 2020“ und das Nachfolgeprogramm der Lissabon-Strategie, die von 2000 bis 2010 verfolgt wurde, festgelegt.

Im Zentrum von „Europa 2020“ stehen drei Schwerpunkte:

- Intelligentes Wachstum – Entwicklung einer auf Wissen und Innovation gestützten Wirtschaft
- Nachhaltiges Wachstum – Förderung einer ressourcenschonenden, umweltfreundlicheren und wettbewerbsfähigeren Wirtschaft
- Integratives Wachstum – Förderung einer Wirtschaft mit hoher Beschäftigung und wirtschaftlichem, sozialem und territorialem Zusammenhalt

Mit dem „Europa 2020“ wurden folgende fünf EU-Kernziele für das Jahr 2020 festgelegt [1]:

<u>1. Beschäftigung:</u>
> 75% der 20- bis 64-jährigen sollen in Arbeit stehen

<u>2. Forschung und Entwicklung:</u>
> 3% des BIP der EU sollen für Forschung und Entwicklung aufgewendet werden

<u>3. Klimawandel und nachhaltige Energiewirtschaft:</u>
> Verringerung der Treibhausgasemissionen um min.20% gegenüber 1990
> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 20%
> Steigerung der Energieeffizienz um 20%

<u>4. Bildung:</u>
> Verringerung der Quote vorzeitiger Schulabgänger auf unter 10%;
> Steigerung des Anteils der 30- bis 34-Jährigen mit abgeschlossener Hochschulbildung auf mindestens 40%

<u>5. Bekämpfung von Armut und sozialer Ausgrenzung:</u>
> Die Zahl der von Armut und sozialer Ausgrenzung betroffenen oder bedrohten Menschen soll um mindestens 20 Millionen gesenkt werden.

D.h. die EU hat sich als Ziel gesetzt bis 2020 20% ihres primären Energieverbrauchs einzusparen. Um das zu schaffen, wurde die EU Energieeffizienz – Richtlinie mit folgenden Punkten ausgearbeitet:

> Festlegung nationaler Energieeffizienzziele für 2020
> Sanierungsrate für Gebäude der Zentralregierung von 3% pro Jahr
> verpflichtende Energieeinsparung der Mitgliedsstaaten im Zeitraum 2014 bis 2020 von jährlich durchschnittlich 1,5%
> verpflichtende Durchführung regelmäßiger Energieaudits in großen Unternehmen
> Kraft-Wärme-Kopplung: verpflichtende Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse bei Neubau oder Modernisierung von Kraftwerken und Industrieanlagen.

1.2. Bundes-Energieeffizienzgesetz

Das österreichische Bundes-Energieeffizienzgesetz ist ab 1. Jänner 2015 in Kraft und soll gemäß dem Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft bis zum Jahr 2020:

> die Energieeffizienz in Österreich um 20% steigern
> die Versorgungssicherheit verbessern,
> den Anteil erneuerbarer Energien im Energiemix erhöhen,
> eine Reduktion von Treibhausgasemissionen erreichen,
> positive Impulse für die Wirtschaft setzten,
> 550 Millionen Euro höheres Bruttoinlandsprodukt und damit
> 6.400 neue Arbeitsplätze in der Zukunftsbranche Energieeffizienz schaffen [2]

Die Schwerpunkte des Bundes-Energieeffizienzgesetzes sind [3]:

> Verpflichtung der Energielieferanten zu Energieeinsparungen,
> Erfüllung der „Managementverpflichtung“ von Energieverbrauchern ab 250 Beschäftigten
> Einrichtung von Monitoringstellen
> Verpflichtung der Energieberater, Energiedienstleister, Energieauditoren - Entwicklung von Qualitätsstandards und to do’s

Vom Bundes-Energieeffizienzgesetz sind folgende Unternehmen betroffen:

- Energieverbrauchende Unternehmen:
  - Große Unternehmen > mehr als 249 Beschäftigten, mit einer Bilanzsumme von mehr als € 43 Millionen oder einer Umsatzsumme von mehr als € 50 Millionen
- Energielieferanten:
  - Einsparverpflichtung für jeden Energielieferanten
  - Ab 1.1.2015 sind jährliche Energieeffizienzmaßnahmen bei sich selbst, ihren eigenen Endkunden oder anderen Endenergieverbrauchern zu setzen
  - In Summe müssen sie von 0,6% des Energieabsatzes des Vorjahres an inländische Endkunden ausmachen. 40% der Maßnahmen sind im Haushaltsbereich zu setzen
- Ausländische Energielieferanten - sind erfasst, wenn sie österreichische Endkunden beliefern

Jährlich müssen alle betroffenen Firmen die Daten an die Monitoringstelle weiterleiten und zwar:

> Die Meldung des Energieabsatzes des Vorjahres muss immer bis zum 14. Februar des Folgejahres erfolgen
> Maßnahmen und Ausgleichsbeträge sind bis zum 14. Februar des Folgejahres zu setzen.
Die Meldung umfasst auch Daten des Endverbrauchers, der die Maßnahme umgesetzt hat.
Alternativ zur Maßnahmensetzung oder nach erfolgloser Ausschreibung kann auch eine Ausgleichszahlung in der Höhe von 20 Cent/kWh geleistet werden.

2. ENERGIEVERBRAUCH

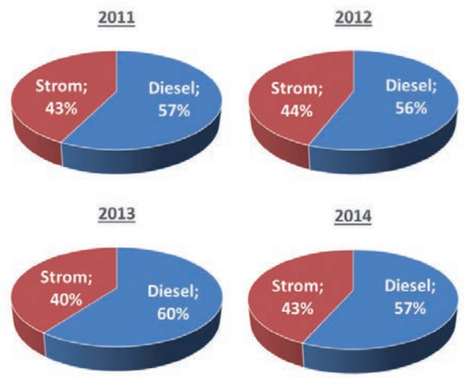
Um eine kostengünstige Produktion zu betreiben, ist es notwendig den Energiebedarf so gering wie möglich zu halten und energieeffizient zu arbeiten. Weniger Energieverbrauch senkt die Produktionskosten, nützt der Umwelt und bringt Vorteile im Wettbewerb.

Auf Grund des hohen Energieeinsatzes in der Gesteinsaufbereitungsindustrie sowie des neuen Energieeffizienzgesetzes ist das Thema Energieeffizienz immer mehr in den Vordergrund getreten. Die größten Energieverbraucher in den Kieswerken und Steinbrüchen sind Baumaschinen, Brecher und Pumpen. Bei den meisten Kieswerken und Steinbrüchen werden Strom, Diesel, Heizöl und Sprengstoff als Energiearten verwendet.

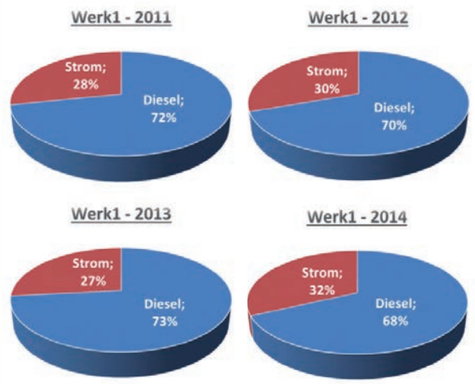
Die typische prozentuelle Verteilung des Diesel- und Stromverbrauches in den größeren Werken sind: 57% Diesel und 43% Strom. Von Jahr zu Jahr (siehe Diagramme unten) gibt es kleine Abweichungen, die meist von folgenden Faktoren abhängig sind:

- die Längen der Förderbandstraßen in den Werken. Z.B.: Längere Förderbandstraßen verursachen mehr Stromverbrauch und weniger Dieselverbrauch oder längere Distanzen zwischen den Abbauwänden und Aufgabetrichtern steigern Dieselverbrauch in der Gewinnung
- produzierte Menge der gebrochenen Körnungen. Die Motoren für die Brecher sind groß und verbrauchen sehr viel Strom. Wenn diese länger im Betrieb sind, steigern sie den durchschnittlichen Stromverbrauch

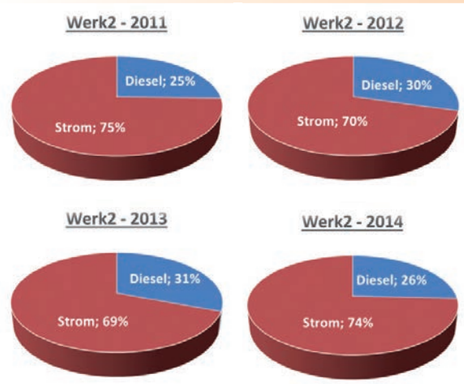
Von einem zu anderen Werk ist die prozentuelle Verteilung des Energieverbrauches meistens von der Anlagenkonfiguration sowie der Abbauart abhängig und dadurch sehr unterschiedlich.



Das führt dazu, dass in einem Werk, durch großen Einsatz von Baumaschinen, viel mehr Diesel als Strom verbraucht wird (siehe unten die Diagramme für Werk 1)



oder in gut optimierten Werken (siehe unten die Diagramme für Werk 2) mehr Strom als Diesel.



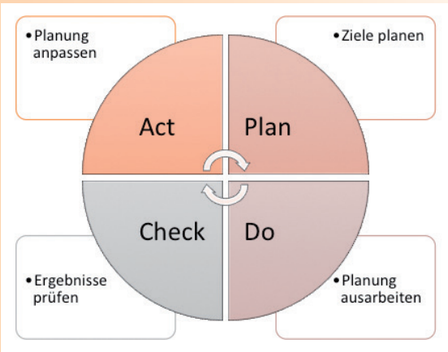
Alle Daten beinhalten den Strom- und Dieselverbrauch (umgerechnet in kWh) für die Gewinnung, den Transport, die Produktion und die Kundenverladung.

3. ENERGIEMANAGEMENT

Ein Energiemanagementsystem dient zur Überwachung und nachhaltigen Optimierung der energetischen Leistung (Effizienzsteigerung) des Unternehmens und legt die Vorgaben für das Handeln von Mitarbeitern einschließlich der Führungsebene betreffend Energie fest.
Energiemanagement ist die Summe aller Maßnahmen, die geplant und durchgeführt werden, um bei geforderter Leistung mittels eines minimalen Energieeinsatzes die Aufgaben sowie strategische und organisatorische Managementansätze zu erledigen. Es ist unbedingt notwendig, alle organisatorischen und technischen Abläufe sowie Verhaltensweisen zu optimieren um den betrieblichen Gesamtenergieverbrauch zu senken und kontinuierlich die Energieeffizienz im Unternehmen zu verbessern. [4]

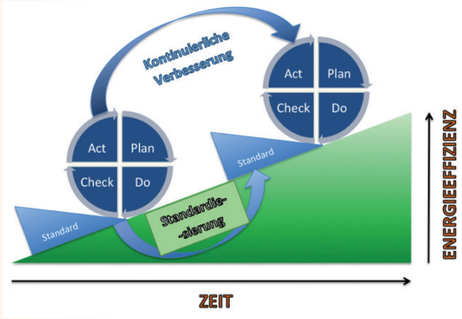
Mittels eines Energiemanagementsystems werden die Daten und die Energieströme systematisch erfasst und dienen als Basis um Entscheidungen für Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu treffen.

Um eine stetige Verbesserung der Prozesse und Abläufe zu gewährleisten, ist es unbedingt notwendig, den PDCA Zyklus (Demingkreis) in das System zu integrieren. Der PDCA-Zyklus beschreibt die Phasen im kontinuierlichen Verbesserungsprozess und ist die Grundlage aller Qualitätsmanagement-Systeme.



Damit wird im Unternehmen eine stetige Verbesserung der Prozesse und Abläufe verfolgt mit dem Ziel die Energieeffizienz des Unternehmens zu verbessern.

Nach jedem PDCA-Zyklus sind die Maßnahmen durch einen SDCA-Zyklus zu standardisieren. Nach jeder Einführung eines festgelegten Standards (Standardisierung), wird dieser Standard praktiziert (Do), das Verfahren auf Richtigkeit und Funktionstüchtigkeit überprüft (Check) und bei Notwendigkeit geändert (Action). Diese Action ist dann im Regelfall das Planen eines weiteren PDCA-Zyklus. [5]



Das Ziel des Energiemanagementsystems ist eine schrittweise kontinuierliche Verbesserung um die Verschwendung zu eliminieren. Dabei darf man nie die Standardisierung vergessen sonst fällt der Standard wieder zurück und die Verbesserungsschritte müssen wieder durchgeführt werden.

3.1. Einführung des Energiemanagementsystems

Wenn ein Energiemanagementsystem schon existiert, dann soll das neue Energiemanagementsystem alle Vorteile des schon bestehenden Systems beinhalten und dazu alles was notwendig ist um das Unternehmen für die ISO 5001 Zertifizierung vorzubereiten. Die Einführung des Systems soll in vier Schritten erfolgen:

1. Entwicklung, Planung
2. Implementierung, Durchführung
3. Überprüfung
4. Analyse und Korrekturmaßnahmen

3.1.1. Entwicklung, Planung

Die Position des Unternehmens betreffend Energiemanagement wird in einer vom Management unterzeichneten Energiepolitik definiert. So ein Dokument definiert den geeigneten Rahmen für ein Energiemanagement und regelt die Beziehung zwischen Energiemanagement und Alltagsbetrieb.

Ein Dokument zur Energiepolitik:

- sollte von der höchsten Managementebene unterzeichnet und mitgetragen werden
- sollte bekannt machen, dass das Unternehmen alle relevanten Gesetze, Regulierungen sowie andere unterzeichnete Anforderungen erfüllen wird
- sollte festlegen, dass sich das Unternehmen kontinuierlich um Verbesserungen bemühen und unnötigen Energieverbrauch vermeiden wird

Bei der Optimierung des bestehenden Energiemanagementsystems werden dann die Energiebeauftragten, die Verantwortlichen und die Ressourcen für die Umsetzung wie folgt festgelegt:

- Als Energieverantwortlicher wird der technische Leiter festgelegt
- Alle Werksleiter und Betriebsleiter werden als Energiebeauftragte bestellt und
- jeder Mitarbeiter des Unternehmens wird in das Energiemanagement einbezogen

Danach muss auch der Auditprozess geplant werden. Die Planungsschritte wären:

- Alle Audits rechtzeitig und langfristig planen
- Auditoren auswählen und einsetzen
- Dokumentation, Organisation und Prozesse studieren
- Auditprozess genau definieren
- Checklisten zu Auditprozess erstellen
- Themen festlegen
- Auditplan erstellen und ankündigen

3.1.2. Implementierung, Durchführung

Um das bestehende System zu verbessern und ein funktionierendes System aufzubauen, ist es unbedingt notwendig das Bewusstsein und die Kompetenzbildung aller Mitarbeiter zu steigern. Dafür muss folgendes umgesetzt werden:

- Alle Mitarbeiter müssen die notwendige Information über die Bedeutung der Energieeffizienz für das Unternehmen erhalten. Sehr wichtig ist auch die Sensibilisierung und Motivation der Mitarbeiter, um dies zu erreichen wird die interne Kommunikation auf allen Ebenen eine sehr große Rolle spielen.
- Die Verantwortung der Mitarbeiter und die Auswirkung ihrer Arbeitstätigkeiten auf die Energieeffizienz muss klar diskutiert und geklärt werden.
- Alle Mitarbeiter müssen Schulungen über Energieeffizienz erhalten
- Die Arbeitsanweisungen werden durch energierelevante Arbeitsschritte geregelt
- Die Mitarbeiter werden in die Verbesserungsprozesse einbezogen > Vorschläge

Für die Implementierung des Systems und die Erhebung des Ist-Zustandes in den Werken werden folgende Analysen gemacht:

- Analyse der Energiesituation
- Technische und organisatorische Aspekte
- Energierelevante Abläufe (Produktionsprozesse, Planung von Gebäuden und Anlagen, Beschaffung von Geräten…) werden überprüft, möglichst effizient gestaltet und entsprechende Vorgaben dokumentiert.

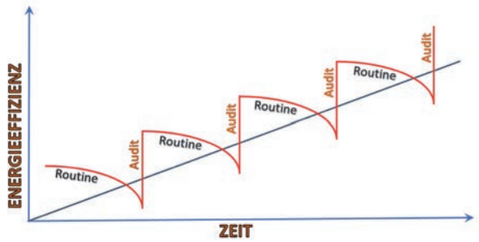
Nach der gründlichen Vorbereitung werden die Einsparpotenziale identifiziert, die konkreten Maßnahmen geplant und danach zur Verbesserung der Energieeffizienz durchgeführt.

3.1.3. Überprüfung

Für jedes Werk ist der zuständige Energiebeauftragte für die Überwachung von den durchgeführten Maßnahmen verantwortlich.

Um die Energieeffizienz ständig zu verbessern, werden folgende Schritte eingeführt:

- Interne Audits – zwei Mal pro Jahr
- Periodische (1x monatlich) Berechnung, Aufzeichnung und Analyse sowie Meldung der Energieindikatoren
- Regelmäßige Überprüfung und Dokumentation des Grades der Erreichung von Energiezielen und des korrekten Ablaufs der energierelevanten Prozesse
- Korrektur der Abweichungen, Aktualisierung und Weiterentwicklung der Zielsetzungen und des Energiemanagementprogrammes



3.1.4. Analyse und Korrekturmaßnahmen

Da die entscheidenden Leistungskenngrößen oder Key Performance Indicators KPI ständig überwacht und Daten durch Messungen und interne Audits gesammelt werden, können die diversen Analysen und Auswertungen durchgeführt werden. Es ist sehr wichtig folgende Schritte durchzuführen:

- Ergebnisse genau analysieren und auswerten,
- Ergebnisse beurteilen und bewerten,
- Abschlussbesprechungen durchführen,
- Auditberichte erstellen und verteilen,
- Audit sowie Auditoren bewerten.
- Neue strategische und operative Energieziele setzen.
- Management Review

Aus diversen Analysen kann man Trends und Informationen, mit denen weitere Entscheidungen erleichtert werden, herausfinden.

Als Ergebnis der Abschlussbesprechungen sollten, als Weiterentwicklungsmaßnahmen, die Korrekturmaßnahmen und die Folgeschritte beschlossen werden.

Danach fangen die neuen PDCA-Zyklen an.

4. PROBLEME UND DIE HERAUSFORDERUNGEN

Die Verbesserung des bestehenden Energiemanagementsystems sowie die Durchführung des Systems werden sicherlich viele Probleme sowie Herausforderungen ans Licht bringen.

Besonders kann man erwarten, dass die Probleme bzw. Herausforderungen bei folgenden Punkten eintreten:

- Mitarbeitermotivation – zusätzliche Aufgaben verlangen zusätzlichen Anstrengungen
- Schulungen – jeder einzelne Mitarbeiter muss regelmäßig geschult werden. Das verlangt viel Zeit für die Organisation und Koordination. Die freie Zeit muss erst geschaffen werden.
- Investitionen – gut überlegte Investitionen werden einen sehr guten ROI haben, allerdings verringern diese das Budget für andere Entwicklungen, die für das Unternehmen auch wichtig sind
- Regelmäßige Audits und die Organisation der Arbeitsanweisungen verlangen viel Zeit

5. ENERGIEEFFIZIENZ - VERBESSERUNGS-MASSNAHMEN

Auf Grund des hohen Energieeinsatzes in den Kieswerken und Steinbrüchen, gibt es auch sehr viele Verbesserungsmöglichkeiten um eine energieeffizientere Produktion zu schaffen.

Am wichtigsten ist es alle geplanten Maßnahmen konsequent und systematisch zu erledigen sowie die kontinuierlichen Verbesserungen nicht zu vergessen.

5.1. Verbesserungsmaßnahmen – Allgemein

5.1.1. Schulungen:
- Energieeffizienz – alle Mitarbeiter
- Energiemanagement – Energiebeauftragte
- Energiesparworkshops – alle Mitarbeiter
- Fahrertrainings – alle Fahrer

5.1.2. Beleuchtung:
- Umrüstung von konventionellen auf innovative Beleuchtungssysteme (LED, Dämmerungsschalter, usw.)
- Maßnahmen zur Verhaltensänderung bei Mitarbeitern sowie Dokumentation der erreichten Ziele durch bewusstseinsbildende Maßnahmen

5.1.3. Heizen/Kühlen:
- Energetische Sanierung von Mannschaftsräumen und Büros
- Überwachung von Klimaanlagen in den Werken
- Heizungsoptimierung

5.1.4. Produktionsanlagen:
- Energiemonitoring (Panoramic Power oder ähnliches)
- Förderbänder - Antriebsoptimierung
- Förderbandverlängerungen
- Minimierung von Leerläufen sowie Optimierung von Start- und Stoppzeiten der Anlagen
- Einbau von Frequenzumrichtern (Pumpen, …)
- Elektroantriebe:
  > Überprüfung: Effizienz, Leistung und Auslastung div. Antriebe
  > Bei Bedarf - Austausch alter Antriebe und Getriebe gegen neue effiziente (z.B.Pumpenantriebe, Große Elektromotoren, Schwimmgreifermotoren)

5.1.5. Mobile Maschinen:
- Reduzierung des Dieselverbrauches durch bessere und regelmäßige Schulungen
- Reduktion der Leerlaufzeiten senkt den absoluten Dieselverbrauch
- Reduzierung des Dieselverbrauchs durch optimierte Bewegungsabläufe (Wartezeiten, Hetzen, etc)
- Optimierung der Geschwindigkeit
- Erkennen von ineffektiven Arbeitsprozessen
- Verbesserung des Berichtswesens
- Bessere Überwachung der Maschinen
- Radlader – neue Generation
- Radlader und Mulden > Spritersparnis durch bessere Überwachung und Planung > z.B. Navman System
- Kraftstoffadditive – Zusätze > Ziel: Spritersparnis

5.1.6. Strategische Ziele:
Z.B. Aufgaben für Betriebsleiter: Umsetzung von mindestens drei Energieeffizienzmaßnahmen/-projekten pro Werk und regelmäßige Berichterstattung darüber (jährlicher Bericht über die Umsetzung und Zielerreichung)

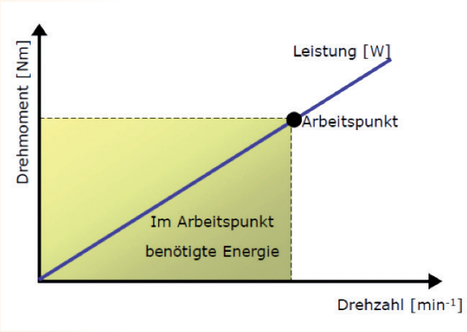
5.2. Diverse Beispiele

5.2.1. Steigerung der Energieeffizienz durch die Drehzahlregelungen

Die Drehzahlregelungen ermöglichen:

- Prozessoptimierung
- Energieeinsparung
- Günstige Übersetzungsverhältnisse
- Geringerer mechanischer Verschleiß

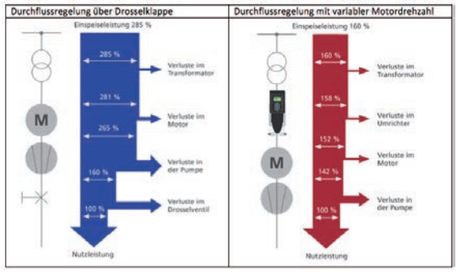
Viele Hauptantriebe (z.B. Förderbänder) haben einen konstanten Lastmomentbedarf (Pmech ~ M * n). Bei den konstanten Lastmomenten rechnet sich die Drehzahlreglung oft nur im System. [6]



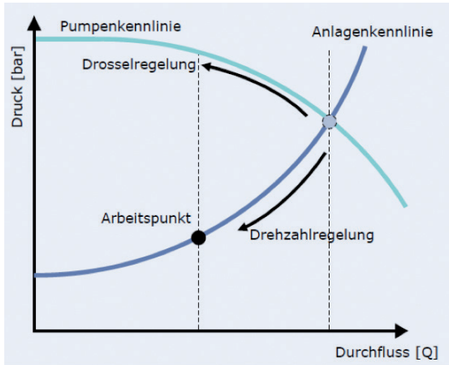
Bei Anwendungen mit quadratischem Lastmoment (z.B. Pumpen und Lüfter): [7]

- Leistungsaufnahme hängt kubisch von der Drehzahl ab
- Drehzahlregelung führt bei Anwendungen mit quadratischem Moment fast immer zu erheblichen Kosteneinsparungen
- Nebenwirkungen beachten:
  - Pumpen benötigen oft eine minimale Drehzahl
  - In seltenen Fällen ist das Medium nicht für die Drehzahlregelung geeignet

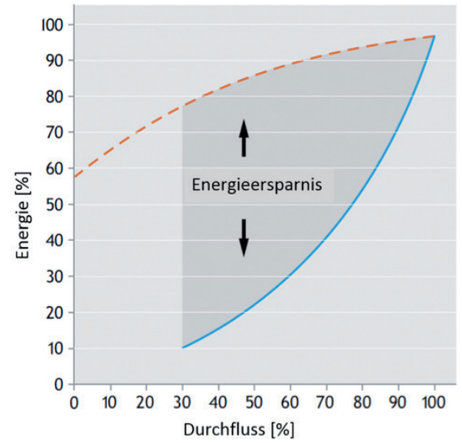
Auf den Energieflussdiagrammen unten, kann man den Vergleich des Wirkungsgrades bei der Durchflussregelung über eine Drosselklappe und über einen Frequenzumrichter (variable Motordrehzahl) sehen. Bei der gleichen Nutzleistung (100%) ist die Einspeiseleistung bei der Durchflussregelung über die Drosselklappe viel höher (285%) als bei der Durchflussregelung und über einen Frequenzumrichter (160%).



Im P-Q Diagramm würde es wie auf folgendem Diagramm aussehen:



Das Verhältnis zwischen dem Durchfluss und dem Energieverbrauch sowie mögliche Energieersparnis ist im Diagramm unten ersichtlich.



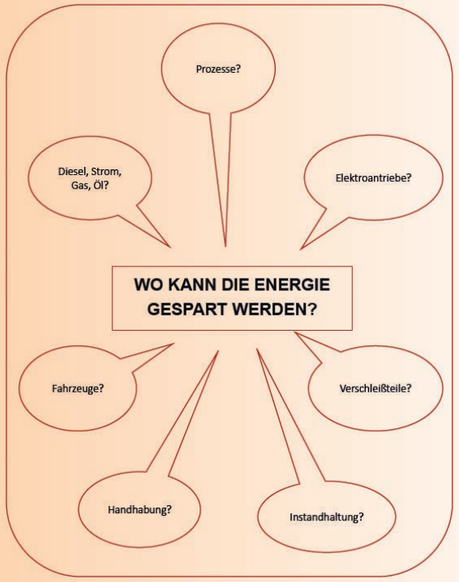
5.2.2. Energieersparnis durch Heizungsoptimierung

In der Werkstatt wurden die Heizkanonen gegen eine Infrarotheizung ausgetauscht und damit eine Reduzierung des Energieverbrauches um ca. 20.000 kWh/Jahr erreicht.

Verbesserung: Die Heizkanonen wurden gegen Infrarotheizung ausgetauscht

Ziel: Reduzierung des Energieverbrauches
Situation vor Umbau: Heizkanonen haben 40 bis 50 l Diesel/Tag verbraucht
Investition: ca. 3.000 €

	Verbrauch Heizkanonen l	Verbrauch Infrarotheizung kWh/Tag	Verbrauch Heizkanonen kWh/Tag	Tage pro Jahr	Energie kWh	Energie-ersparnis kWh
Vor Optimierung	40		428	70	29.960	19.880
Erw. nach Optim.		144		70	10.080	



Literatur

1. Europäische Kommission: Europa-2020-Ziele: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_de.htm (3.4.2016)

2. Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Energieeffizienzgesetz_(%C3%96sterreich) (3.4.2016)

3. Buchhulzer: http://www.buchholzer.at/uload/1290373_109_Leitfaden_fuer_Unternehmen.pdf

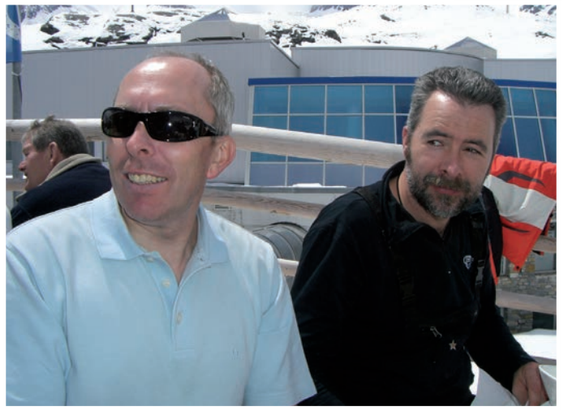
4. Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungskontrolle: http://www.bafa.de/bfee/marktentwicklung/energiemanagementsysteme/index.html (3.4.2016)

5. Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Demingkreis (3.4.2016); Abb.4 von Von Johannes Vietze - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26722308

6. Top Motors: http://www.topmotors.ch/_data/5_burghardt_topmotors_workshop_26012012.pdf

7. Rockwell Automation: https://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/che/pdf/events/automation-university/au-special-2015/presentations/aup07-energieeinsparung-mit-frequenzumrichtern.pdf https://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/che/pdf/events/automation-university/au-special-2015/presentations/aup07-energieeinsparung-mit-frequenzumrichtern.pdf

Dipl.-Ing. Dragan Bill
Rohrdorfer Sand und Kies GmbH
2103 Langenzersdorf, Lagerstraße 1-5
Tel. +43 50543 1175
E-Mail: dragan.bill@rohrdorfer.at
www.rohrdorfer.at



„Alle Menschen sind klug - die einen vorher, die anderen nachher.“

Chinesisches Sprichwort oder auch

Kursleiter und Trainer in der GESTRATA

SEIT DER VEREINSGRÜNDUNG VOR ÜBER 60 JAHREN HAT SICH DIE GESTRATA ALS WICHTIGER UND KOMPETENTER PARTNER IN ZAHLREICHEN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN NETZWERKEN VERANKERT UND UNTERSTÜTZT DORT DIE ENTWICKLUNG UND VERBESSERUNG DER STRASSENBAUTECHNIK MIT ASPHALT.

Einen mittlerweile unverzichtbaren Teil bilden die vielen Seminar- und Weiterbildungsveranstaltungen und stellen damit einen der Schwerpunkte unserer Tätigkeit in der GESTRATA dar. Wesentliche Elemente in diesem Zusammenhang sind das GESTRATA Bauseminar, die traditionelle Herbstveranstaltung sowie zahlreiche Grund- und Fortbildungsmaßnahmen zu Jahresbeginn.

Speziell unsere Kursveranstaltungen, vorwiegend für unsere Mitglieder, leisten einen wichtigen Beitrag zur fortwährenden Aus- und Weiterbildung für Vertreter der Asphaltindustrie, Auftraggeber, Prüfinstituten, Baustoffproduzenten und Zivilingenieurbüros. Wir organisieren dabei jährlich insgesamt 17 Kursveranstaltungen in ganz Österreich, die neben Grundkursen auch diverseste Fortbildungsmaßnahmen rund um das Thema Asphalt und den Verkehrswegebau umfassen.

Denn nur durch ständige Aus- und Weiterbildung kann gewährleistet sein, dass unsere Mitarbeiter speziell in unserer sehr schnelllebigen Zeit mit stetig steigenden Anforderungen jenes Rüstzeug an Wissen und Information erhalten, welcher für den heutigen Qualitätsanspruch genügt.

Ein Seminar ist eine Lern- und Lehrveranstaltung, die dazu dient, Wissen in kleinen Gruppen interaktiv zu erwerben oder zu vertiefen. Seminare werden von einem Seminarleiter bzw. Trainer durchgeführt[1].

Diese Veranstaltungen wären ohne die vielen ehrenamtlich tätigen Kursleiter mit ihren zahlreichen Gastreferenten nicht möglich bzw. gilt ein ebenso großer Dank jenen Firmen, welche es ihren Mitarbeitern ermöglichen, die GESTRATA derartig zu unterstützen. Alleine in der heurigen Schulungssaison durften wir über 400 Teilnehmer zu den einzelnen Veranstaltungen begrüßen.

Den Abschluss und eigentlich auch den Startschuss für die anstehende Schulungssaison bildet die jährliche Kursleitersitzung, in welcher wir die Veranstaltungen Revue passieren lassen, um redaktionelle sowie inhaltliche Verbesserungen vornehmen zu können. Traditionellerweise bildet den Abschluss dieser Kursleitersitzung eine Aktivität in der jeweiligen Region, um den soziale Komponente dabei nicht zu kurz kommen zu lassen.

DANKE dabei an

Alexander BRUCKBAUER
Vialit Asphalt GmbH & Co KG
Martin BUCHTA
Nievelt Labor GmbH
Christian FRANCK
Bautech Labor GmbH
Siegfried KAMMERER
OMV Refining & Marketing GmbH
Gerald KOTRBELEC
Nievelt Labor GmbH
Andreas KRAJCSIR
TPA Gesellsch. für Qualitätssicherung und Innovation GmbH
Manfred LANG
Nievelt Labor GmbH
Andreas LÖFFLER
SAFE-PROJECT Sicherheitstechnik & Projektmanagement GmbH
Heimo SPITZENBERGER
Swietelsky Bau GmbH
Gunter SPITZHÜTL
Held & Francke Bau GmbH
Alexander VASILJEVIC
Prüfbau GmbH
Herbert WALDHANS
MAPAG Materialprüfung GmbH
Max WEIXLBAUM
TPA Gesellsch. für Qualitätssicherung und Innovation GmbH
Michael ZAND
Pittel & Brausewetter GmbH

1) Quelle Wikipedia

Ing. Maximilian Weixlbaum
GESTRATA Geschäftsführung
GESTRATA Gesellschaft zur Pflege der Straßenbautechnik mit Asphalt
1040 Wien, Karlsgasse 5
E-Mail: office@gestrata.at
www.gestrata.at

Veranstaltungen der Gestrata

GESTRATA – Studienreise 2017

Die heurige Studienreise der GESTRATA wird von **11. bis 13. September** stattfinden und in das Bundesland Burgenland/Steiermark führen.

Die Unterlagen für diese Veranstaltung wurden im Mai an alle Mitglieder versandt, bzw. stehen auf unserer Website **www.gestrata.at** zur Verfügung.

67. GESTRATA – VOLLVERSAMMLUNG und GESTRATA – HERBSTVERANSTALTUNG

Die beiden Veranstaltungen werden am **Montag, 6. November 2017** im Vienna Marriott Hotel stattfinden. Wir ersuchen Sie bereits jetzt um Vormerkung dieses Termins.

SONSTIGE VERANSTALTUNGEN

30.11. – 1. 12.2017 Bled, Slovenia
16th Colloquium - Asphalt, Bitumen and Pavements

Informationen unter:
www.Zdruzenje-ZAS.si
info@zdruzenje-zas.si

Die Programme zu unseren Veranstaltungen sowie das GESTRATA-Journal können Sie jederzeit von unserer Homepage unter der Adresse www.gestrata.at abrufen. Weiters weisen wir Sie auf die zusätzliche Möglichkeit der Kontaktaufnahme mit uns unter der e-mail-Adresse office@gestrata.at hin.

Sollten Sie diese Ausgabe unseres Journals nur zufällig in die Hände bekommen haben, bieten wir Ihnen gerne die Möglichkeit einer persönlichen Mitgliedschaft zu einem Jahresbeitrag von € 35,- an.
Sie erhalten dann unser GESTRATA-Journal sowie Einladungen zu sämtlichen Veranstaltungen an die von Ihnen bekannt gegebene Adresse.
Wir würden uns ganz besonders über IHREN Anruf oder IHR E-Mail freuen und Sie gerne im großen Kreis der GESTRATA-Mitglieder begrüßen.

Wir gratulieren!

Herrn BR. h.c. Dipl.-Ing. Eduard ZIRKLER
Ehrenmitglied der GESTRATA,
zum 88. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Walter JADERNY
zum 86. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Gérard FICHTL
zum 85. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Vladimir VASILJEVIC
zum 85. Geburtstag
Herrn Ziv.-Ing. Dr. Hubert GREGORI
Ehrenmitglied und ehemaliger Geschäftsführer der GESTRATA,
zum 82. Geburtstag
Herrn Ing. Walter GARREIS
zum 81. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Herwig SCHÖN
zum 80. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Helmut MÜLLER
zum 79. Geburtstag
Herrn Dr. Walter PICHLER
zum 79. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Ernst GERGER
zum 77. Geburtstag
Herrn Dieter KUBIENA
zum 76. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Dr. Johann LITZKA
zum 76. Geburtstag
Herrn Kommerzialrat Heinz R. SCHMITKE
zum 76. Geburtstag
Herrn Bmstr. Ing. Erwin THENIKL
zum 75. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Walter MÜLLER
zum 74. Geburtstag
Herrn Dipl.-HTL-Ing. Herald PIBER
zum 73. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Dr. Günther BREYER
zum 72. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Wilhelm PAMBALK
zum 72. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang GRUBER
zum 60. Geburtstag
Herrn Franz LECKER
zum 60. Geburtstag
Herrn Dir. Bmstr. Ing. Wolfgang MAKOVEC
Vorstandsmitglied der GESTRATA
zum 60. Geburtstag
Herrn Dipl.-Ing. Klaus SCHLOSSER
zum 60. Geburtstag
Herrn Dipl.-HTL-Ing. Alfred ZEILER
Vorstandsmitglied der GESTRATA
zum 60. Geburtstag
Herrn Ing. Gerhard FENZ
zum 55. Geburtstag
Herrn Roland PANCHERI
zum 55. Geburtstag
Herrn Richard PFISTER
zum 55. Geburtstag
Herrn Ing. Dietmar MAYER
zum 50. Geburtstag

Ordentliche Mitglieder:

ALLGEM. STRASSENBAU GmbH*, Wien
AMW Asphalt-Mischwerk GmbH & Co KG, Sulz
ASFINAG Bau Management GmbH, Wien
ABO ASPHALT-BAU Oeynhausen GesmbH, Oeynhausen
ASW Asphaltmischanlage Innsbruck GmbH + CoKG, Innsbruck
BHG – Bitumen HandelsgmbH + CoKG, Loosdorf
ING. HANS BODNER BaugmbH & CoKG, Kufstein
BP Europa SE - BP Bitumen Deutschland, Bochum
BRÜDER JESSL KG, Linz
COLAS GesmbH, Gratkorn
FELBERMAYR Bau GmbH&Co KG, Wels
ASPHALT-Unternehmung Robert FELSINGER GmbH, Wien
GLS – Bau und Montage GmbH, Perg
GRANIT GesmbH, Graz
HABAU Hoch- u. TiefbaugesmbH, Perg
Gebr. HAIDER Bauunternehmung GmbH, Großraming
HELD & FRANCKE BaugesmbH, Linz
HILTI & JEHLE GmbH*, Feldkirch
HOCHTIEF Infrastructure GmbH, Niederlassung Austria, Wien
HOFMANN GmbH + CoKG, Redlham
KLÖCHER BaugmbH & CoKG, Klöch
KOSTMANN GesmbH, St. Andrä i. Lav.
KRENN Asphalt- und Bauunternehmung GmbH*, Innsbruck
LANG & MENHOFER BaugesmbH + CoKG, Wr. Neustadt
LEITHÄUSL GmbH, Wien
LEYRER & GRAF BaugesmbH, Gmünd
MANDLBAUER BaugmbH, Bad Gleichenberg
MARKO GesmbH & CoKG, Naas
MIGU ASPHALT BaugesmbH, Lustenau
OMV Refining & Marketing GmbH, Wien
PITTEL + BRAUSEWETTER GmbH, Wien
PORR Bau GmbH*, Wien
PORR Bau GmbH - BB&C Bereich Bitumen und Chemie, Wien
POSSEHL SpezialbaugesmbH, Griffen
PUSIOL GesmbH, Gloggnitz
RIEDER ASPHALT BaugesmbH, Ried i. Zillertal
STEINER Bau GmbH, St. Paul
STRABAG AG*, Spittal/Drau
SWIETELSKY BaugesmbH*, Linz
TOTAL AUSTRIA GmbH, Wien
Anton TRAUNFELLNER GmbH, Scheibbs
VIALIT ASPHALT GesmbH & CoKG, Braunau
VILLAS AUSTRIA GesmbH, Fürnitz

Außerordentliche Mitglieder:

ALPINE Bau CZ a.s., Zweigniederlassung Österreich, Brunn am Gebirge
AMMANN Austria GmbH, St. Martin
AMT FÜR GEOLOGIE u. BAUSTOFFPRÜFUNG BOZEN, Italien
ASCENDUM Baumaschinen Österreich GmbH, Bergheim/Salzburg
BAUTECHN. VERSUCHS- u. FORSCHUNGSANSTALT Salzburg, Salzburg
BOMAG Maschinenhandelsgesmbh, Alland
DENSO GmbH & CoKG Dichtungstechnik, Ebergassing
DYNAPAC - Atlas Copco GmbH, Wien
Friedrich EBNER GmbH, Salzburg
JOSEF FRÖSTL Gmbh, Wien
Materialprüfanstalt HARTL GmbH, Wolkersdorf
HARTSTEINWERK LOJA Betriebs GmbH, Persenbeug
HASENÖHRL GmbH, St. Pantaleon
HENGL Bau GmbH, Limberg
HOLLITZER Baustoffwerke Betriebs GmbH, Bad Deutsch Altenburg
HUESKER Synthetik GesmbH, Gescher
INTERNATIONALE Gussasphalt-Vereinigung IGV, Bern
LISAG Linzer Splitt- und Asphaltwerk GmbH & Co KG, Linz
NIEVELT LABOR GmbH, Stockerau
ROHRDORFER Sand und Kies GmbH, Langenzersdorf
S & P Handels GesmbH, Traiskirchen
TENCATE Geosynthetics Austria GmbH, Linz
Carl Ungewitter TRINIDAD LAKE ASPHALT GesmbH & CoKG, Bremen
WELSER KIESWERKE Dr. TREUL & Co, Gunskirchen
WIRTGEN Österreich GmbH, Steyrermühl
WOPFINGER Baustoffindustrie GmbH, Wopfing
ZEPPELIN Österreich GmbH, Fischamend

** Gründungsmitglied der GESTRATA*

GESTRATA JOURNAL

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: GESTRATA
Für den Inhalt verantwortlich: GESTRATA
A-1040 Wien, Karlsgasse 5
Telefon: 01/504 15 61, Fax: 01/504 15 62
Layout: bcom Advertising GmbH,
A-1180 Wien, Thimiggasse 50
Druck: Seyss - Ihr Druck- und Medienpartner I www.seyss.at
Franz Schubert-Straße 2a, 2320 Schwechat
Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die Meinung des Verfassers wieder. Nachdruck nur mit Genehmigung der GESTRATA und unter Quellenangabe gestattet.

www.gestrata.at