

# BITSpec

## Budoucí evropské normy pro asfalt a asfalt modifikovaný polymerem

Friedrich Pass, Bottrop  
Asphalt 2003, č. 6, str. 31

**Oblast působnosti Evropského výboru pro normalizaci (CEN) zahrnuje všechny země Evropské unie. V sektoru silničního stavitelství byly v uplynulých letech vypracovány normy pro silniční materiály (asfalty, kamenivo) a v plném proudu jsou práce na normalizaci asfaltových směsí. Tato první generace evropských norem zrcadlí ještě do velké míry situaci v jednotlivých zemích a je nutno ji pokládat za první krok k sjednocení výrobků a technologií.**

Na příkladu normy EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty, která byla jako DIN EN vydána v roce 2000 (EN v roce 1999), lze tuto situaci velmi dobře demonstrovat. Z důvodů velmi různých požadavků v jednotlivých zemích byla norma rozdělena na část závaznou (mandátované, tj. harmonizované požadavky) a volitelnou (volitelné požadavky). Do části závazné pro všechny uživatele byly zařazeny pouze některé požadavky, např. bod vzplanutí, penetrace, bod měknutí metodou kroužek a kulička a stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu. Všechny další požadavky byly zařazeny do volitelné části. Každá země volí některou z těchto metod a stanovuje požadavky. Pokud byla tato volba jednou provedena, staly se doplňkové požadavky závaznou součástí evropské normy, převzaté do národní normalizační soustavy. Takto odpovídá jedna národní verze evropské normy jedné země jen velmi málo národní verzi evropské normy jiné země, o jednotě nelze ve skutečnosti vůbec hovořit. Výrobce asfaltů, který dodává svoje výrobky do různých zemí, musí vyrábět a dodávat podle různých specifikací. Situace, která pro všechny zúčastněné není příliš šťastná. Podobná je i situace při zpracování „nové“ normy specifikací pro modifikované asfalty prEN 14023, jejíž návrh nedosáhl dosud stadia, ve kterém by mohl být všeobecně přijat.

### Technické předpisy v Německu

V oblasti silničních asfaltů vypadá situace tak, že z devíti druhů asfaltů uvedených v normě EN 12591, se v Německu nejčastěji používá pět a požadavky byly doplněny některými dalšími z tabulky A 1 (volitelná část normy). Kromě toho byla pro těchto pět druhů asfaltu zúžena přípustná rozpětí pro hodnotu bodu měknutí kroužek a kulička, protože se všichni výrobci asfaltů, působící v Německu, k tomu zavázali (tabulka 1) [1].

Tabulka 1: Požadavky na silniční asfalty podle DIN EN 12591

Charakteristika		Označení druhu (gradace)				
		20/30	30/45	50/70	70/100	160/220
Penetrace při 25 °C	0,1 mm	20 – 30	30 – 45	50 – 70	70 – 100	160 – 220
Bod měknutí (DIN EN 1426)	°C	55 – 63	52 – 60	46 – 54	43 – 51	35 – 43
(Německé vymezení)	°C	(57 – 63)	(53 – 59)	(48 – 54)	(43 – 49)	(37 – 43)
Odolnost proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu při 163 °C (DIN EN 12607-1,2,3)						
– změna hmotnosti, max. ±	%		0,5		0,8	1,0
– zbylá penetrace, min.		55	53	50	46	37
– bod měknutí po stárnutí, min.	°C	57	54	48	45	37
Bod vzplanutí, min. (DIN EN 22592)	°C	240		230		220
Rozpustnost, min. (DIN EN 12592)	% (m/m)	99,0				
Obsah parafínů, max. (DIN EN 12606-1)	%	2,2				
Bod lámavosti podle Fraasse, max. (DIN EN 12593)	°C		–5	–8	–10	–15
Zvýšení bodu měknutí po stárnutí, max.	°C		8		9	11

U hotových asfaltů modifikovaných polymerem vypadá situace podstatně jinak, protože příslušná evropská norma výrobku ještě nebyla vydána. Požadavky jsou proto shrnuty v Technických dodacích podmínkách pro asfalty modifikované polymerem (TL PmB), které byly vydány v revidovaném znění v roce 2001. Technické dodací podmínky pro asfalty modifikované polymerem (TL PmB) obsahují doplňkové požadavky, které v současné době slouží ke shromažďování zkušeností s novými zkušebními metodami a nemají smluvně-právní charakter. Jsou to tyto zkušební metody: průhybový trámečkový reometr (**B**ending **B**eam **R**heometer – BBR), silová duktilita a dynamický smykový reometr (**D**ynamic **S**hear **R**heometer – DSR). Pro každou z těchto zkoušek byly předběžně stanoveny mezní hodnoty. Zkušební metody byly následně detailně projednány (tabulka 2) [2].

Tabulka 2: Doplňkové požadavky a zkušební metody

Poř. č.	Vlastnost	PmB 130 A	PmB 65 A	PmB 45 A	PmB 25 A	Zkouška podle
14	Chování za nízkých teplot Průhybový trámečkový reometr Tuhost při max. –16 °C MPa	200	250	300	AASHTO 350	TP 1
15	Přetvárná práce do minimální duktility Silová duktilita při 7 °C min. J Silová duktilita při 13 °C min. J Silová duktilita při 15 °C min. J	1	1	1	1	DIN 52013 a přílohy B
16	Deformace Dynamický smykový reometr (DSR) při 60 °C G* min. Pa δ max. °	2 000 85	4 000 80	7 000 75	15 000 705	AASHTO TP 5 a přílohy C

### Druhá generace evropských norem

Paralelně s uvedenými pracemi na zčásti již dokončených normách byly zahájeny práce na druhé generaci těchto norem, aby se tak vyšlo vstříc Evropské komisi, která si přeje urychlit proces sjednocení. Hlavní požadavky byly stanoveny takto:

- Jednota v celém rozsahu platnosti;
- Zkušební metody na základě funkčních charakteristik;
- Stejně zkušební metody pro ropné silniční asfalty a modifikované asfalty.

S obsahem těchto záměrů nelze než souhlasit, objevil se však malý problém. Pojem „performance“ se obvykle překládá jako „funkční charakteristiky“ a pojem „provozní chování“ (nebo „provozní vlastnosti“) není v současné době dosud jednoznačně definován (stejně jako pojem „performance“) – ani v Německu, ani v jiných zemích. V této oblasti jsme podleli určitému „babylonskému zmatení jazyků“, protože všichni tento pojem používáme, a přesto pod ním každý rozumí něco jiného. Svaz EUROBITUME proto v roce 1998 uspořádal v Lucembursku seminář, který měl tento problém vyřešit a definovat, co je to provozní chování, které vlastnosti popisuje a které z nich potřebujeme pro práci s asfalty a asfaltovými pojivy.

Metoda použitá na semináři byla určitým druhem dvojkolejného systému, ve kterém jsou určité otázky projednány v jednotlivých pracovních skupinách a výsledky jsou ještě jednou diskutovány v plénu. Výsledkem semináře byly slovní formulace, které měly charakterizovat jednotlivé vlastnosti:

- Reologické vlastnosti za zvýšených provozních teplot (odolnost proti trvalým deformacím);
- Odolnost proti stárnutí, krátkodobé a dlouhodobé stárnutí (předcházení vzniku trhlin, zvýšení trvanlivosti);
- Vlastnosti za nízkých teplot (ve spojení se zkrěhnutím a odolností proti vzniku mrazových trhlin);
- Reologické vlastnosti pojiva ve spojení s tloušťkou konstrukce vozovky, komplexní modul;
- Únava pojiva;
- Vlastnosti pojiv při zpracování a skladování.

Tyto vlastnosti, seřazené podle závažnosti, byly označeny jako nejdůležitější a byly vybrány pro specifikace. V dokumentu EUROBITUME z března 2002 je k této otázce uvedena věta: „Pro všechny vlastnosti, které byly vybrány pro specifikace, musí být ještě před zahájením vlastní normalizačního procesu vyvinuty standardizované zkušební metody.“ [3].

## Moderní zkušební metody

Zkušební metody uvedené v Technických dodacích podmínkách pro asfalt modifikovaný polymerem (TL PmB), uspořádané v pořadí podle důležitosti, byly předmětem odborné diskuse ve svazu EUROBITUME.

### **Dynamický smykový reometr (Dynamic Shear Rheometer – DSR)**

Zkouška dynamickým smykovým reometrem se provádí tak, že vzorek tekutého asfaltu mezi dvěma deskami je namáhán smykem při otáčení horní desky. Vzorek je umístěn mezi pevnou základní deskou a otáčející se horní deskou, na které se současně zaznamenává vnesená síla (obrázek 1). Pokud se oscilace otáčející se horní desky zaznamená na osu x (abscisu), je výsledným grafem sinusoida. Reakcí systému na konkrétní deformaci je síla. Při výhradně elastickém chování následuje reakce bezprostředně a bez zpoždění – obě křivky se kryjí. Pokud je obsažen plastický podíl (jak je tomu v případě asfaltu), je reakce zpožděna, obě křivky od sebe liší o fázový úhel  $\delta$ . Při výhradně plastickém chování činí fázový úhel  $\delta = 90^\circ$  (newtonská kapalina). U asfaltu činí fázový úhel  $\delta = 25^\circ$  až  $\delta = 90^\circ$ . Výška křivky a tím i velikost vnesené síly závisí na druhu zkoušeného asfaltu. Z těchto hodnot se vypočítá modul tuhosti  $G^*$ . Na obrázku 2 je znázorněn graf, ve kterém se modul tuhosti zaznamenává v závislosti na teplotě (levá osa y – ordináta). Druhá ordináta na pravé straně znázorňuje fázový úhel  $\delta$ , rovněž v závislosti na teplotě. Rozdílné barvy označují stárnutí konkrétního pojiva (A – nezestárlé, B – zestárlé po zkoušce RTFOT, C – zestárlé po zkouškách RTFOT a PAV – Pressure Ageing Vessel). Doplňkové čáry označují konkrétní teplotu bodu měknutí (zkouška kroužek a kulička). Lze pozorovat, že modul tuhosti v tomto bodě vykazuje přibližně stejnou velikost, stejně jako fázový úhel, který se nachází mezi  $81^\circ$  a  $84^\circ$ . Tato skutečnost odpovídá teoretickým závěrům a předpokladům, které jsou z nich odvozeny [4,5].

### Legenda

Scherspannung oder Deformation	smykové napětí nebo deformace
oszilierende Platte	rotující (oscilující) deska
stillstehende Platte	základní (nepohyblivá) deska
Bitumen	asfalt
Position der oszilierende Platte	poloha rotující desky
1 Zyklus	1 cyklus
Zeit	doba

Obrázek 1: Podstata dynamického smykového reometru (DSR)

### Legenda

G*	modul tuhosti [kPa]
Temperatur [°C]	teplota [°C]

Obrázek 2: Grafické znázornění modulu tuhosti  $G^*$  a fázového úhlu  $\delta$

### **Průhybový trámečkový reometr (Bending Beam Rheometer – BBR)**

Zkouška průhybovým trámečkovým reometrem se používá k popisu chování asfaltového pojiva za nízkých teplot a provádí se statickým zatěžováním normovaného temperovaného zkušebního tělesa (obrázek 3).

### Legenda

Bitumenbalken	asfaltové trámečkové zkušební těleso
Balkenaufleger	uložení trámečku
Thermosensor	tepelné čidlo
Wegaufnehmer	snímač dráhy
Kraftaufnehmer	snímač síly
Luftlager	vzduchové ložisko
Ethanol	etanol (etylalkohol)

Obrázek 3: Podstata průhybového trámečkového reometru

Průhyb zkušebního tělesa se po 60 s změří a z něho se vypočítá ohybová tuhost a m-hodnota (obrázek 4). V grafu na obrázku 5 je znázorněna křivka tuhosti (na ose x je zaznamenána teplota, na ose y ohybová tuhost  $S$  v MPa). Barvami jednotlivých křivek je vyjádřeno konkrétní stárnutí pojiva, tečkovaná čára udává mezní hodnotu podle amerického programu SHRP. Tento systém sice není v Evropě obvyklý a je do značné míry sporný, představuje však jediný referenční systém, který je k dispozici. V programu SHRP je stanoveno, že při provozních teplotách má tuhost  $S \leq 300$  MPa.

#### Legenda

Durchbiegung

Simulierte 2-Stundensteifigkeit bei 10 °C höher

log Belastungsdauer [sec]

Steigung = m-Wert

Kriechsteifigkeit

průhyb

simulovaná tuhost po dvou hodinách při zvýšení 10 °C

logaritmus doby zatěžování [s]

sklon = m-hodnota

tuhost v tečení

Obrázek 4: Průběh zatěžování průhybového trámečkového reometru

#### Legenda

Temperatur [°C]

Biegesteifigkeit  $S$  [MPa]

teplota [°C]

ohybová tuhost  $S$  [MPa]

Obrázek 5: Křivky tuhosti

Na obrázku 6 je zaznamenán průběh m-hodnoty za různých teplot; m-hodnota představuje měřítko pro relaxační schopnost asfaltu a v programu SHRP byla pro m-hodnotu stanovena minimální hodnota  $m \geq 0,3$ . Dosažení mezní hodnoty znamená dolní hranici běžného rozpětí, přičemž je vždy připojena konkrétní vyšší teplota pro stanovení vhodnosti [4,5].

#### Legenda

Temperatur [°C]  
ungealtert  
RTFOT  
RTFOT + PAV  
SHRP Grenzwert

teplota [°C]  
nezestárlé pojivo  
pojivo zestárlé po zkoušce RTFOT  
pojivo zestárlé po zkoušce RTFOT + PAV  
mezní hodnota SHRP

Obrázek 6: Průběh m-hodnoty v závislosti na teplotě

#### **Silová duktilita**

Zkouška je určena k popisu koheze asfaltového pojiva a provádí se v běžných duktilometrech s doplňkovým měřením síly. Používají se zkušební tělesa podle DIN 52013 (foto 1) Zaznamenává se závislost potřebné síly na protažení zkušební vzorku (obrázek 7). Zjištěné křivky znázorňují chování tří modifikovaných asfaltů s různou úrovní modifikace. Křivka A odpovídá relativně měkkému asfaltu, málo modifikovanému nebo nemodifikovanému. Křivka B znázorňuje tvrdý asfalt (gradace 30/45) silněji modifikovaný (případně PmB A podle Technických dodacích podmínek pro asfalt modifikovaný polymerem – TL PmB). Křivka C odpovídá asfaltu PmB H (vysoce modifikovaný asfalt) podle Technických dodacích podmínek pro asfalt modifikovaný polymerem (TL PmB). Po prvním maximu křivek, které pochází ze základního ropného asfaltu, ukazuje další průběh křivek elastický podíl. Čím je tento podíl vyšší, tím elastičtější je pojivo. Z průběhu křivky lze vyvodit závěry o elastickém chování vrstev v konstrukci vozovky.

Foto 1: Zkušební tělesa pro zkoušku silové duktility podle DIN 52013

### Legenda

Kraft [N]

Dehnung [mm]

síla [N]

protažení [mm]

Obrázek 7: Typické křivky při zkoušce silové ductility

### Hodnocení asfaltu a asfaltu modifikovaného polymerem

Současné hodnocení asfaltu vychází z velikosti oblasti plasticity a její polohy na teplotní stupnici (obrázek 8). Oblast plasticity asfaltu je vzdálenost mezi bodem měknutí a bodem lámavosti. Běžné silniční asfalty vykazují oblast plasticity 53 K až 66 K (DIN EN 12591). Asfalty modifikované polymerem mají oblast plasticity 63 K až 76 K, tj. přibližně o 10 K více. Konkrétní oblast užití určitého asfaltu vyplývá z polohy oblasti plasticity na teplotní stupnici. Přitom je nutno polohu bodu měknutí a bodu lámavosti konkrétně přizpůsobit požadavkům, vyplývajícím z dopravního zatížení konstrukce vozovky a z klimatických podmínek.

Obrázek 8: Oblast plasticity některých druhů asfaltů

### Provozní chování

Ve Stanovisku svazu EUROBITUME k budoucímu systému specifikací pro silniční asfalty a asfaltová pojiva z března 2002 je tento pojem vyjádřen slovně a uvedená formulace se pokládá za směrodatnou. Neexistují však žádné závazné definice. V Technických dodacích podmínkách pro asfalty modifikované polymerem (TL PmB) se provozní chování naznačuje implicitně v uvedených zkušebních metodách, aniž by bylo blíže vysvětleno, v jaké formě. Uvedené mezní hodnoty se nacházejí v irelevantním rozsahu, spočívají proto na předpokladech a nikoli na konkrétních výsledcích. Pojem „provozní chování“ se běžně a samozřejmě používá, aniž by byl přesně definován. Tato praxe funguje v denním rutinním vyjadřování, je však naprosto nepoužitelná při tvorbě zkušebních metod, stanovování požadavků a zpracování norem. Také do pokladů ke stavební smlouvě je takový „pojem“

naprosto nevhodný. V těchto případech jsou nezbytné konkrétní technické a vědecké představy, vyjádřené matematickými vztahy. Jak může takové matematické vyjádření vypadat? Nejdříve je zapotřebí převést slovní obsah do veličin, které lze zachytit pomocí měřicí techniky. Například odolnost proti teplotě v modulu tuhosti za vysokých teplot nebo odolnost proti mrazovým trhlinám v průběhu tuhnutí za nízkých teplot. Všeobecně lze konstatovat, že podstatný prvek provozního chování v nejvlastnějším smyslu v celém teplotním rozsahu představuje konzistence. Další podstatný prvek představuje koheze, která popisuje vnitřní soudržnost pojiva.

Třetí rozhodující vlastností je přilnavost (adheze), která popisuje spojení pojiva s kamenivem. Bohužel nejsou tři uvedené vlastnosti konstantní, nýbrž se mění (např. v důsledku změny teploty). Teplota však není jediným faktorem, který tyto vlastnosti ovlivňuje a tím i mění. Dalším ovlivňujícím faktorem je zcela jistě obsah kyslíku ve vzduchu, který na asfaltové pojivo působí a mění tak jeho vlastnosti (stárnutí pojiva). Třetím ovlivňujícím faktorem je mechanické namáhání, kterému se pojivo vystavuje (únava). Matematicky lze tyto faktory popsat takto:

viskozita*	$\eta = f_1 (T, p_{O_2}, v);$
koheze (soudržnost)	$\chi = f_2 (T, p_{O_2}, v);$
adheze (přilnavost)	$\alpha = f_3 (T, p_{O_2}, v),$

\*) v tomto případě se mívá viskozita v nejširším významu)

kde	$f_1, f_2, f_3,$	jsou	různé funkce
	$T$	je	teplota
	$p_{O_2}$		parciální tlak kyslíku
	$v$		mechanické namáhání

Uvedený matematický model představuje kombinaci tří čtyřrozměrných funkčních prostorů, které tímto způsobem splňují většinu slovně vyjádřených požadavků. Například popisuje vliv parciálního tlaku kyslíku na tři vlastnosti stárnutí pojiva. Vliv mechanického namáhání na pojivo popisuje změny za dopravního zatížení asfaltových vrstev. Tento matematický model je v současné době dosud čistě teoretickým modelem a musí být doplněn daty, zachycenými pomocí měřicí techniky. Může však velmi dobře posloužit k relativně rychlému zahájení nezbytných navazujících výzkumných prací a jejich zaměření ke společnému cíli.

### Průkazní zkoušky asfaltu (zkoušky typu)

Předmětem stále opakovaných diskusí je otázka, zda zkoušky prováděné v současné době a požadavky, které z nich vycházejí (viz DIN EN 12591) mají být nahrazeny moderními zkouškami, „zaměřenými na funkční charakteristiky“ a přiměřeně změněnými požadavky. Účelnost takového postupu byla již zpochybněna četnými odborníky. Často se argumentuje tím, že moderní metody jsou přesnější a umožňují získání lepšího přehledu o vlastnostech pojiva. Tento názor je v zásadě správný, avšak pouze za předpokladu, že se stanovení provádí v celém relevantním teplotním rozsahu. Za těchto okolností by ovšem byla zkouška dynamickým smykovým reometrem (DSR) časově náročná a finančně nákladná. Provádějí-li se tyto zkoušky pouze namátkově, podstatné nové informace se ztrácejí a jedna veličina se nahrazuje jinou:

bod měknutí	$\Rightarrow G^*;$
penetrace	$\Rightarrow \delta;$
bod lámavosti podle Fraase	$\Rightarrow$ ohybová pevnost $S$ , atd.

Při takové „výměně“ se ovšem ztrácí i základ pro hodnocení, budovaný po dlouhá léta. Před léty byl zvolen stejný postup při zavádění amerického systému SHRP. Pozemní komunikace ve Spojených státech se nestaly ze dne na den lepšími, a jak již dnes víme, hodnocení asfaltových pojiv se podstatně nezměnilo. Rakouská práce demonstruje jednoznačné korelace mezi výběrem optimálních druhů pojiv (Performance Grade – PG) amerického systému SHRP a tradičními charakteristikami – bodem měknutí, penetrací a bodem lámavosti v klasickém systému zkoušení asfaltových pojiv. Není proto naprosto nezbytné nahrazovat celý systém. Doplnění existujícího systému zkušebními metodami a požadavků moderními zkušebními metodami však může podstatně přispět k využívání a uplatnění nových poznatků. Zkoušky však musí být prováděny v celém teplotním rozsahu, abychom získali doplňující informace. Proto by také používání těchto zkoušek jako rutinních zkoušek v každodenní praxi bylo neproveditelné (nebylo by však ani nutné).

Moderní metody jsou přece nezbytné pro lepší popis asfaltových pojiv, nikoli však pro jejich charakterizování. Aby vysoké náklady, nezbytné pro bezchybné provádění moderních metod, zůstaly omezeny na několik málo velkých laboratoří (Centrální laboratoře, Výzkumné a zkušební instituty), bylo by logickým závěrem zavedení „průkazní zkoušky asfaltu“ (zkoušky typu). Existující systém

zkoušek nebude nahrazen, nýbrž bude doplněn moderními metodami, aby bylo možno využít doplňkové informace o asfaltech. Podobně jako u klasické průkazní zkoušky asfaltové směsi (zkoušky typu), při které je asfaltová směs detailně popsána, popíše výrobce asfaltového pojiva svůj výrobek. Rozsah průkazní zkoušky asfaltu zahrnuje všechny charakteristiky platné evropské normy DIN EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty a dodatečně i zkoušky zaměřené na funkční charakteristiky, přičemž při zkouškách dynamickým smykovým reometrem a průhybovým trámečkovým reometrem je nutno uvádět úplnou teplotní křivku (výsledek měření v celém teplotním rozsahu). Takto popsané asfaltové pojivo je identifikováno pomocí klasických zkušebních metod a je potom optimálně používáno podle svých přesněji specifikovaných vlastností.

### **Shrnutí a výhledy**

Práce na druhé generaci evropských norem pro asfalty a asfaltová pojiva postupují směrem k moderním zkušebním metodám, orientovaným na funkční charakteristiky. Nové metody umožňují podstatně lepší popis asfaltů a asfaltových pojiv než metody dosavadní, avšak jen v případě, že jsou prováděny v celém relevantním teplotním rozsahu. Při provedení zkoušek pouze za jediné teploty nejsou uvedené přínosy zaručeny a máme co činit pouze s čísly, pro které chybí základ pro hodnocení. Provádění zkoušek je rovněž mimořádně pracovně i finančně náročné.

Pragmatickým krokem pro řešení těchto problémů a využití vysoce hodnotných informací by bylo zavedení průkazní zkoušky pro asfalty a asfaltová pojiva. Kromě toho nejsou v současné době nové zkušební metody ještě popsány tak, že by na nich mohl být vybudován systém požadavků. Především zkouška vzájemné interakce asfaltu a kameniva představuje ze zkušebně-technického hlediska kritické místo. Formulace matematického modelu může být vhodným podnětem, aby se na tento záměr soustředila nezbytná výzkumná činnost.

### **Literatura**

- [1] DIN EN 12591 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderungen an Straßenbaubitumen (*DIN EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty*)
- [2] AG Asphaltstraßen; Technische Lieferbedingungen für gebrauchsfertige polymermodifizierte Bitumen, FGSV, Ausgabe 2001  
(*Pracovní skupina Asfaltové vozovky; Technické dodací podmínky pro hotová pojiva modifikovaná polymerem, Výzkumná společnost pro silniční stavitelství a dopravu (FGSV), vydání: 2001*)
- [3] EUROBITUME position on future specification system for bituminous paving binders; EUROBITUME position paper, March 2002  
(*Stanovisko svazu EUROBITUME k budoucímu systému specifikací pro silniční asfalty a asfaltová pojiva Dokument EUROBITUME, březen 2002*)
- [4] Litzka, Johann; Strobl, Roman; Pass, Friedrich; Augustin, Harald: Gebrauchsverhaltensorientierte Bitumenprüfung, BmwA-Straßenforschung, Heft 479, 1999  
(*Litzka, Johann; Strobl, Roman; Pass, Friedrich; Augustin, Harald: Zkoušení asfaltu zaměřené na provozní chování, BmwA-Straßenforschung, Heft 479, 1999*)
- [5] Litzka, Johann; Strobl, Roman; Pass, Friedrich: Gebrauchsverhaltensorientierte Bitumenprüfung, Teil 2: Polymermodifizierte Bindemittel, BMVIT-Straßenforschung, Heft 530, 2003  
(*Litzka, Johann; Strobl, Roman; Pass, Friedrich: Zkoušení asfaltu zaměřené na provozní chování, BMVIT-Straßenforschung, Heft 530, 2003*)