



Leitfaden Strassenlärm - Vollzugshilfe für die Sanierung – Stand: Dezember 2006

Anhang 1a

Version: 18.12.2006

> **Bestimmung von akustischen Belagskennwerten als Grundlage für den Leitfaden Strassenlärm BAFU/ASTRA**

Fachbericht erstellt im Auftrag des ASTRA

Grolimund & Partner AG, Bern, 18.12.2006



A2645 / 18. Dezember 2006
Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bestimmung von akustischen Belagskennwerten als Grundlage für den Leitfaden BUWAL / ASTRA

Kontaktperson: Hansueli Pestalozzi
Email: hansueli.pestalozzi@grolimund-partner.ch
T/F 031 356 20 00/01 Direkt 031 356 20 05



Inhalt	Seite
1. Auftrag	3
1.1 Ausgangslage	3
2. Vorgehen und Methoden	4
2.1 Akustische Belagsgütemessungen	4
2.2 Datenauswahl und Datenbereinigung	4
2.3 Modell des Alterungsverhaltens	5
2.4 Lineare Regression	5
2.5 Krümmung der Kurve	6
2.6 Temperaturkorrektur	6
2.7 Vertrauensbereich	7
2.8 Bestimmung der Belagskennwerte für verschiedene Belagstypen und Geschwindigkeitsklassen	8
3. Resultate	9
4. Hinweise für den Leitfaden	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Dichte Asphaltbeläge auf Autobahnen	10
4.3 Individuell gemessene Beläge	11
4.4 Belagskennwerte versus gesetzliche Anforderungen	12

Beilagen

Detailtabelle und Alterungsverläufe der Belagstypen



1. Auftrag

1.1 Ausgangslage

Die Bundesämter BAFU und ASTRA haben gemeinsam einen Leitfaden erarbeitet, welcher die Projektierung und Realisierung von Strassenlärmsanierungen schweizweit vereinheitlichen soll.

Anlass dazu war die Revision der Lärmschutzverordnung vom 5. 10. 2004, die zu einem Systemwechsel führte: Die Lärmsanierung wird nicht mehr auf die aktuelle Lärmsituation abgestützt, sondern hat zum Ziel, dauerhaft und nachhaltig wirksam zu sein.

Dies führt zu verschiedenen Neuerungen für die Lärm-Prognoserechnungen. Unter anderem ist neu ein Sanierungshorizont von 20 Jahren vorgegeben. Innerhalb dieses Zeitraums ist die akustische Güte des Strassenbelags und sein Alterungsverhalten sachgerecht zu berücksichtigen

Die Grolimund & Partner AG wurde vom ASTRA beauftragt, eine detaillierte Auswertung der bisher durchgeführten akustischen Belagsgütemessungen vorzunehmen, um bei der Lärmsanierungsplanung für den Parameter "Belag" möglichst realistische Werte einsetzen zu können.

Die vorhandenen Belagsgütemessungen sollen so ausgewertet werden, dass einheitliche Angaben über die zu erwartenden Emissionskennwerte der verschiedenen Belagstypen unter Berücksichtigung des Belagsalters gemacht werden können.



2. Vorgehen und Methoden

2.1 Akustische Belagsgütemessungen

Seit 1989 führt die Grolimund & Partner AG akustische Belagsgütemessungen nach ISO 11819-1 (Statistische Vorbeifahrtsmessungen) durch und dokumentiert sie in einer Datenbank. Für jede einzelne Vorbeifahrt wird die Fahrzeugkategorie (N1, N2)¹, die Geschwindigkeit sowie der maximale Schalldruckpegel (L_{max}) und – zusätzlich zur Norm – der energieäquivalente Schalldruckpegel (L_{eq}) gemessen. Die Auswertung erfolgt nach dem in der Schweiz gültigen Modell STL 86+. Als Resultat wird die akustische Belagsgüte als Abweichung zum Modell STL 86+ angegeben. Positive Abweichungen weisen auf laute, negative Abweichungen auf leise Beläge hin.

2.2 Datenauswahl und Datenbereinigung

Die Belagsdatenbank enthält über 1100 akustische Belagsgütemessungen. Für die vorliegende Auswertung wurden nur Messungen verwendet, die folgende Kriterien erfüllen:

- Standardbedingungen nach ISO 11819-1 sind erfüllt, d.h. Steigung < 3%, keine Schallreflexionen, steter Verkehrsfluss, homogener Belag ohne Beschädigung usw.
- Belagstyp und Belagsalter sind bekannt
- Genügende Anzahl Vorbeifahrten
- Keine Sonderbeläge, z.B. wurden die erst seit einem Jahr eingebauten neuen ACMR-Beläge mit speziell hohem Hohlraumgehalt nicht berücksichtigt.

Für die Auswertung konnte schliesslich die folgende Anzahl Belagsgütemessungen verwendet werden:

Drainbeläge	38
dichte Asphaltbeläge	697
Betonbeläge	25
Total	760

Strassenbeläge sind bei hohen Belagstemperaturen leiser als bei tiefen Temperaturen. Damit die einzelnen Messungen miteinander verglichen werden können, müssen die gemessenen akustischen Belagsgütewerte auf eine Norm-Belagstemperatur von 20°C korrigiert werden. Da die Belagstemperaturen bei den älteren Messungen nicht erhoben wurden, mussten die entsprechenden Werte nachträglich aus Meteodaten extrapoliert werden. Diese Berechnungen hat die Firma Meteotest für 300 Standorte durchgeführt (siehe Anhang).

¹ Gemäss Lärmschutzverordnung Anhang 3

N1: Personenwagen, Lieferwagen, Kleinbusse, Motorfahräder, Trolleybusse
N2: Lastwagen, Sattelschlepper, Gesellschaftswagen, Motorräder, Traktoren



2.3 Modell des Alterungsverhaltens

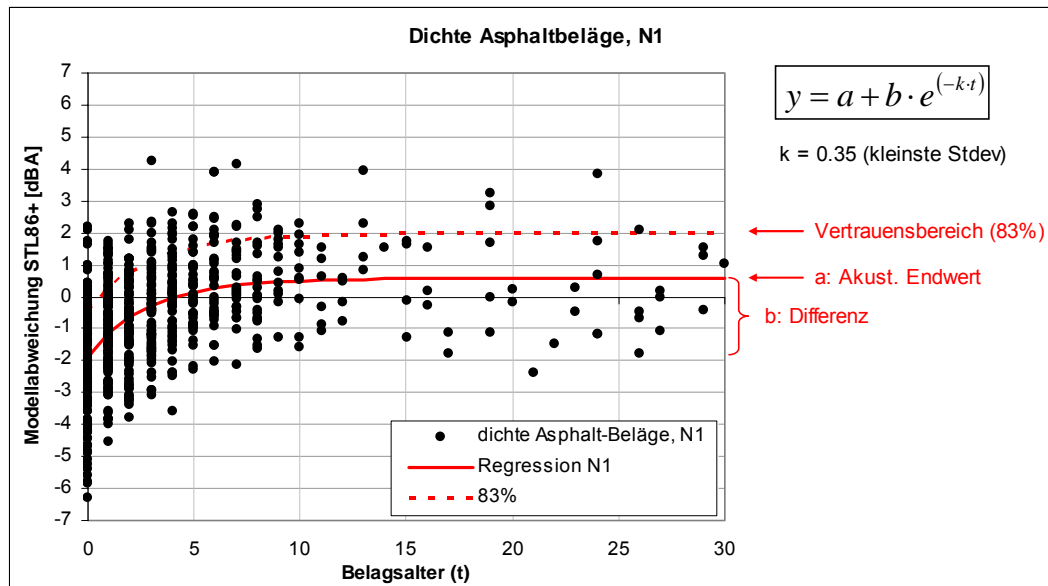
Zur Modellierung des akustischen Alterungsverhaltens von Strassenbelägen wurde eine exponentielle Funktion verwendet, die den beobachteten Alterungsverlauf optimal abbildet:

$$y = a + b \cdot e^{(-k \cdot t)}$$

- a: akustischer Endwert
- b: Differenz zwischen akustischem End- und Anfangswert
- e: Basis des natürlichen Logarithmus (2.718)
- k: Krümmung der Kurve
- t: Belagsalter

Diese Formel ergibt eine Kurve, die sich asymptotisch einem bestimmten Endwert annähert. Das Modell geht davon aus, dass sich die akustische Güte eines Strassenbelags hauptsächlich in den ersten Jahren verschlechtert, und sich mit zunehmendem Belagsalter auf einem bestimmten Niveau stabilisiert. Die vorliegenden Messungen bestätigen diese Annahme. Das Modell gilt nur für intakte Beläge ohne offensichtliche Beschädigungen und Degradationserscheinungen (massive Kornausbrüche, Schlaglöcher etc.).

Das Modell wurde an den 697 Belagsgütemessungen der dichten Asphaltbeläge für Personenwagen (N1) getestet und kalibriert:

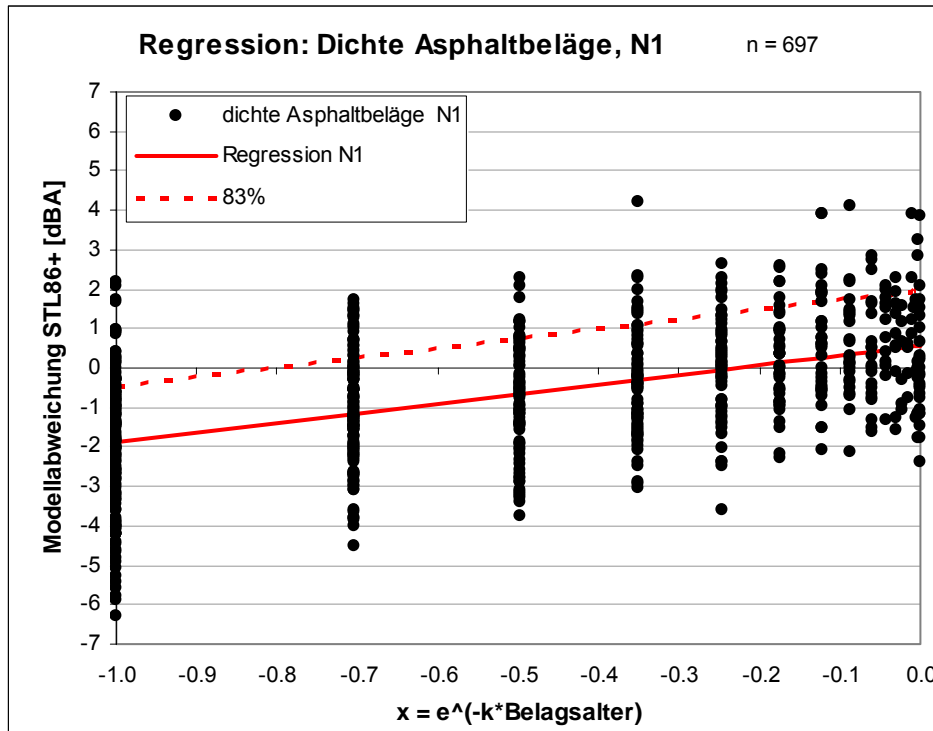


2.4 Lineare Regression

Die Bestimmung der Werte a und b erfolgt durch lineare Regression, indem die Zeitachse im exponentiellen Massstab dargestellt wird (siehe untenstehende Abbildung). Der akustischer Endwert (a) kann aus dem Wert der Regressionsgeraden bei x = 0 (Belagsalter 'unendlich') abgelesen werden. Die Differenz (b) entspricht der Steigung der Regressionsgeraden und berechnet sich aus der



Differenz zwischen dem Wert der Geraden bei $x = 0$ (Belagsalter 'unendlich') und $x = -1$ (Belagsalter: 0).



Zur Berechnung der Standardabweichung wird die Regressionslinie als Mittelwert der Messungen angenommen.

Bei Belagstypen mit nur wenigen Belagsgütemessungen wurde die Steigung der Regressionsgeraden auf 0 gesetzt. Mittelwert und Standardabweichung der Messungen wurden in diesen Fällen ohne Berücksichtigung eines möglichen Alterungsverhaltens festgelegt.

2.5 Krümmung der Kurve

Der Faktor k (Krümmung der Kurve) wurde durch ein Iterationsverfahren festgelegt, indem der Wert k solange verändert wurde, bis die Standardabweichung den kleinsten möglichen Wert erreichte. Der so ermittelte Wert für die Krümmung der Alterungskurve beträgt $k = 0.35$.

2.6 Temperaturkorrektur

Analog zur Krümmung der Kurve wurden die Temperaturkorrekturen ermittelt. Die kleinsten Standardabweichungen ergaben sich mit folgenden Temperaturkorrekturwerten:



Tabelle 1: Temperaturkorrekturwerte

	N1 [dBA/°C]	N2 [dBA/°C]
Temp.Korr Drainbeläge	-0.050	-0.030
Temp.Korr dichte Beläge	-0.030	0
Temp.Korr Betonbeläge	-0.010	0

2.7 Vertrauensbereich

Die Bestimmung des Vertrauensbereich geht davon aus, dass die Abweichungen der Messungen vom Mittelwert (=Regression) normalverteilt sind. Dies ist bei den vorliegenden Daten in hohem Mass der Fall. Der Vertrauensbereich wird mit folgender Formel berechnet:

$$V = M + f \cdot S$$

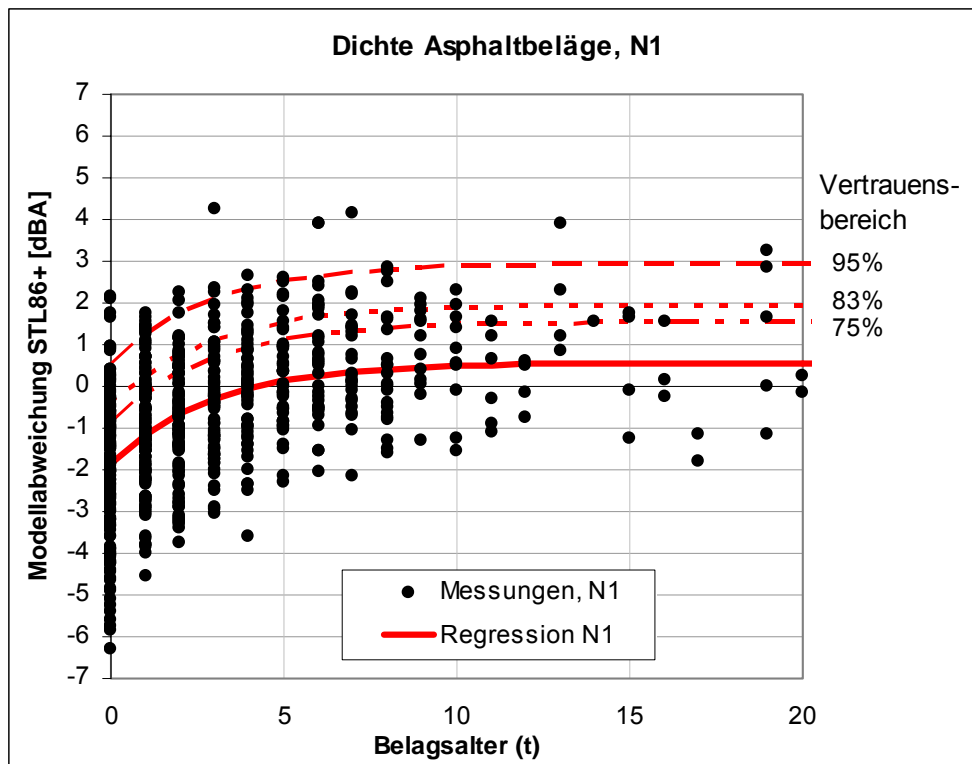
V: Vertrauensbereich

M: Mittelwert (=Regressionsgerade)

f: Quantil der Normalverteilung (1.6 für 95%, 1.0 für 83%, 0.7 für 75% Vertrauensbereich)

S: Standardabweichung

In der untenstehenden Abbildung sind die Vertrauensbereiche für 95%, 83% und 75% dargestellt:





Der Bestimmung der Belagskennwerte wurde in Absprache mit den Bundesämtern BAFU und ASTRA ein Vertrauensbereich von 83% zugrunde gelegt. Dies entspricht dem Mittelwert + Standardabweichung. Damit befinden sich 5/6 der gemessenen Belägen innerhalb des Vertrauensbereichs, 1/6 der Beläge befinden sich ausserhalb des Vertrauensbereichs und sind lauter als die durch die gestrichelte Linie dargestellte Limite.

2.8 Bestimmung der Belagskennwerte für verschiedene Belagstypen und Geschwindigkeitsklassen

Die Belagsmessungen wurden nach Belagstyp und Geschwindigkeitsklasse gruppiert, wobei die folgenden Geschwindigkeitsklassen verwendet wurden:

- Innerorts: <60 km/h
- Ausserorts: 60-90 km/h
- Autobahn: >90 km/h

Pro Belagstyp, Geschwindigkeitsklasse und Fahrzeugkategorie (N1, N2) wurde je eine lineare Regression zur Bestimmung der Faktoren a (akustischer Endwert) und b (Differenz Anfangs-/Endwert) durchgeführt². Bei der Regression für die Fahrzeugkategorie N2 wurden nur Belagsmessungen verwendet, die mehr als 10 einzelne Vorbeifahrten aufwiesen.

Aus jeder dieser Regressionen wurden ein Belagskennwert für N1 und N2 ermittelt. Er entspricht derjenigen Modellabweichung, die der gewählte Vertrauensbereich von 83% bei einem Belagsalter von 15 Jahren aufweist.

Aus den beiden Belagskennwerten für N1 und N2 wurde der Belagskennwert für den Mischverkehr berechnet, wobei N1 aufgrund der besseren Datenbasis doppelt so stark gewichtet wurde wie N2. Für die Geschwindigkeitsklassen innerorts und ausserorts wurde von einem Schwerverkehrsanteil von 8%, bei Autobahnen von einem Schwerverkehrsanteil von 15% ausgegangen.

Der Belagskennwert des Mischverkehrs ist die prognostizierte akustische Belagsgüte nach 15 Jahren mit einem Vertrauensbereich von 83%. Der Wert besagt, dass die akustische Belagsgüte eines bestimmten 15-jährigen Belags mit einer Wahrscheinlichkeit von 83% unter dem angegebenen Wert liegt.

Diese so erhaltenen Belagskennwerte können als Emissionskorrekturen in den Sanierungsprojekten eingesetzt werden.

² Die Regressionsgeraden der Fahrzeugkategorie N1 sind im Anhang nach den entsprechenden Altersverläufen der verschiedenen Belagstypen aufgeführt.



3. Resultate

Für die auf dem schweizerischen Strassennetz heute bestehenden Standardbeläge ist bei einem Belagsalter von 15 Jahren mit den in Tabelle 2 aufgelisteten Belagskennwerten zu rechnen (Vertrauensbereich 83%, Angaben als Abweichung vom Modell STL-86+ in dBA)

Tabelle 2: Belagskennwerte Mischverkehr für STL-86+ (Abweichung zu STL-86+ in dBA)

Belagstyp	Geschwindigkeitsbereich		
	Innerorts < 60 km/h 8%	Ausserorts 60-90 km/h 8%	Autobahn > 90 km/h 15%
Lastwagenanteil			
Drainbeläge PA	-2		-3
dichte Asphaltbeläge	+1	+2	+3
AC 11, (AC 6)	0	0	+3
AC 16	+1	+3	+3
ACMR 4, ACMR 6	0		
ACMR 8, ACMR 11	+1	+1	0
Kaltnikro	-1	0	+3
MA	0	+1	+2
OB	0	+1	
SMA 6	0		
SMA 8	+1		+2
SMA 11	+1	+2	+2
SMA 16			+4
SPA 4, SPA 6	-1	-1	
SPA 8	+1		
SPA 11	+1		+3
Betonbeläge	+3		+5

fett gesicherte Werte n≥10 für
für PW und LW

Die detaillierten Grafiken mit den Alterungskurven, den Vertrauensintervallen für die einzelnen Belagstypen und die Regressionsgeraden für N1 befinden sich im Anhang.



4. Hinweise für den Leitfaden

4.1 Allgemeines

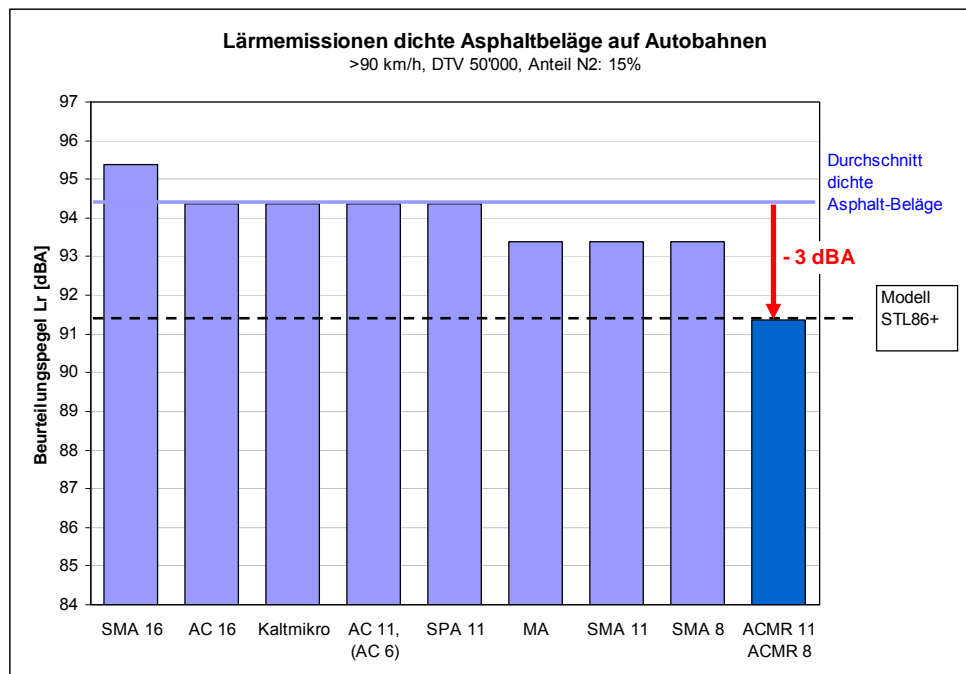
Die günstigsten Werte zeigen erfahrungsgemäss die offenporigen Drainbeläge. Im Innerortsbereich ist der Wert noch nicht gesichert. Auf Autobahnen dagegen kann von einem gesicherten Wert von -3 dBA gegenüber dem Modell ausgegangen werden. Dieser Wert gilt nur für intakte Drainbeläge ohne Degradationserscheinungen.

Der Durchschnitt der dichten Asphaltbeläge weist einen Belagskennwert auf, der mit steigender Geschwindigkeitsklasse von +1 dBA (innerorts) über +2 dBA (ausserorts) auf +3 dBA (Autobahn) zunimmt.

Im Innerortsbereich weisen die feinkörnigen Beläge auch nach 15 Jahren die akustisch günstigeren Eigenschaften auf als grobkörnigere Beläge desselben Typs. Dies entspricht den Erwartungen.

4.2 Dichte Asphaltbeläge auf Autobahnen

Auf den Autobahnen muss für 15-jährige dichte Asphaltbeläge im Durchschnitt mit +3 dBA gegenüber dem Modell gerechnet werden. Der ACMR 11 ist demgegenüber um -3 dBA leiser, wobei dieser Wert nur durch 5 Belagsmessungen belegt und entsprechend wenig gesichert ist.





4.3 Individuell gemessene Beläge

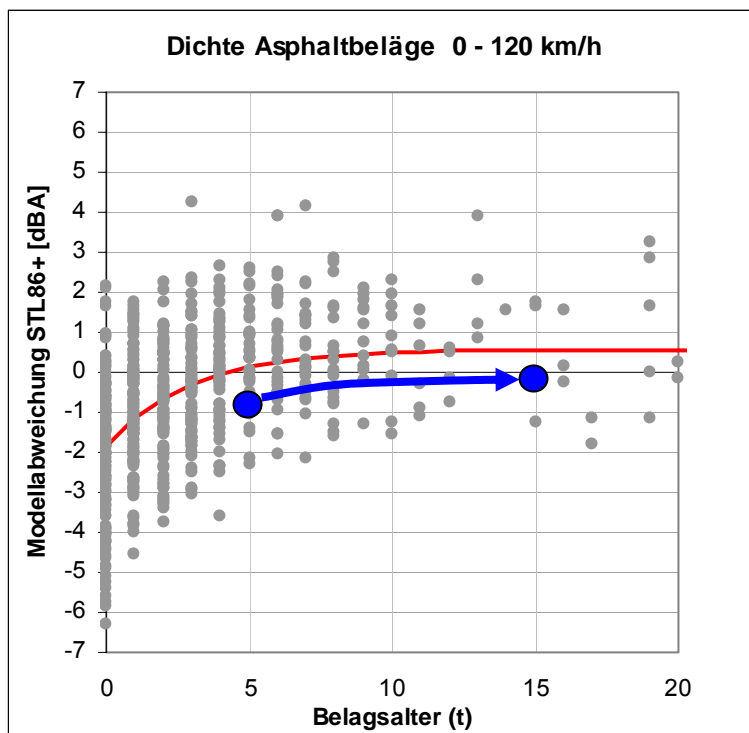
Bei der Ausarbeitung von Lärmsanierungsprojekten mit einem Sanierungshorizont von 20 Jahren bilden die in Tabelle 2 dargestellten Werte die Grundlage, um bei der Emissionsberechnung den Belagstyp und die Belagsalterung mit einem angemessenen Vertrauensintervall zu berücksichtigen. Die dargestellten Werte können direkt als Emissionskorrektur in die Lärmberechnung einfließen.

Liegen jedoch akustische Belagsgütemessungen direkt aus dem Sanierungsabschnitt vor, so können diese gemessenen Werte unter Berücksichtigung des Alterungsverhaltens verwendet werden. Dazu kann folgende Formel verwendet werden:

$$\Delta M_{15\text{Jahre}} = \Delta M_{\text{Mess}} + b \cdot e^{-0.35 \cdot t}$$

- $\Delta M_{15\text{Jahre}}$ Modellabweichung des Belags nach 15 Jahren
- ΔM_{Mess} Gemessene Modellabweichung des Belags
- b Differenz zwischen akustischem Anfangs- und Endwert; für dichte Asphaltbeläge kann allgemein +2.5 dBA eingesetzt werden.
- e Basis des natürlichen Logarithmus (2.718)
- t Belagsalter zum Zeitpunkt der Messung

Jeder Belagstyp hätte für jede Fahrzeugkategorie streng genommen eine eigene Differenz (b) zwischen akustischem Anfangs- und Endwert. Zur Vereinfachung und um auf der sicheren Seite zu sein, wird der Durchschnittswert alle dichter Asphaltbeläge von +2.5 dBA vorgeschlagen.





Rechenbeispiel:

Wird für einen 5-jährigen SMA11-Belag im Innerortsbereich eine Modellabweichung von -0.8 dBA gemessen, so kann sein voraussichtliches Alterungsverhalten wie folgt bestimmt werden:

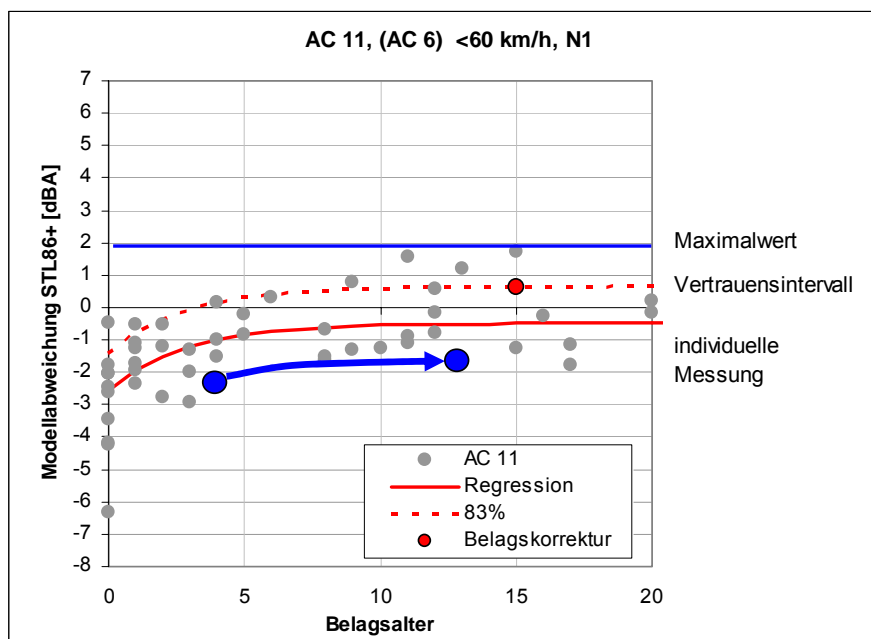
$$\Delta M_{15\text{Jahre}} = -0.8 \text{ [dBA]} + 2.5 \text{ [dBA]} \cdot 2.718^{(-0.35 \cdot 5)} = -0.4 \text{ [dBA]}$$

Als Belagskorrektur kann für den betreffenden Emissionsabschnitt 0 dBA anstatt +1 dBA (gemäss Tabelle 2, Belagskennwerte) eingesetzt werden.

4.4 Belagskennwerte versus gesetzliche Anforderungen

USG und LSV schreiben Grenzwerte vor. Sie dürfen bei jahresdurchschnittlichen Verhältnissen nicht überschritten werden. Diese Anforderung gilt auch bei ungünstigen Belagsverhältnissen, d.h. bei älteren und lauten Belägen. Soll diese Anforderung in jedem Fall gelten, müsste bei den Prognoserechnungen der Maximalwert des jeweiligen Belagstyps eingesetzt werden (siehe untenstehende Abbildung).

Die im vorliegenden Bericht vorgeschlagenen Belagskennwerte weichen von dieser Anforderung ab



Einerseits ist ein Vertrauensintervall gewählt worden, welches zulässt, dass jeder 6. Belag lauter sein darf als der in Kapitel 3 angegebene Belagskennwert. Im Einzelfall kann demnach ein (akustisch schlechter) Belag um 1 bis 2 dBA lauter sein als der vorgeschlagene Belagskennwert.

Andererseits besteht die Möglichkeit einer individuellen Belagsmessung, was im Einzelfall eine zuverlässigere, auf die tatsächlichen Gegebenheiten abgestützte Bestimmung des Belagskennwertes ermöglicht.



Hans-Jörg Grolimund

Hansueli Pestalozzi



Beilagen

- B1 Vollständige Tabelle der Belagskennwerte
- B2 Alterungsverläufe: Drainbeläge
- B3 Alterungsverläufe: Dichte Asphaltbeläge
- B4 Alterungsverläufe: Asphaltbeton AC 11, (AC 6)
- B5 Alterungsverläufe: Asphaltbeton AC 16
- B6 Alterungsverläufe: Macrorugueux/Rauhbelag ACMR 4, ACMR 6, ACMR 8, ACMR 11
- B7 Alterungsverläufe: Kaltmikro
- B8 Alterungsverläufe: Gussasphalt MA
- B9 Alterungsverläufe: Oberflächenbehandlung OB
- B10 Alterungsverläufe: Splittmastixasphalt SMA 6, SMA 8
- B11 Alterungsverläufe: Splittmastixasphalt SMA 11, SMA 16
- B12 Alterungsverläufe: Splittasphalt SPA 4, SPA 6, SPA 8
- B13 Alterungsverläufe: Splittasphalt SPA 11
- B14 Alterungsverläufe: Betonbeläge



Vollständige Tabelle der Belagskennwerte

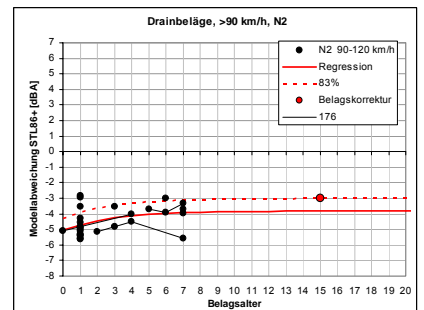
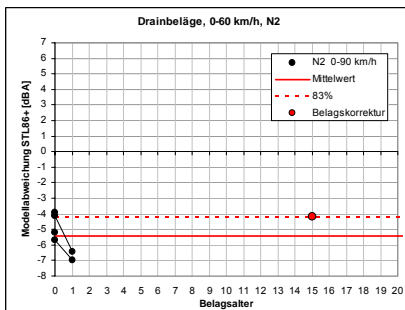
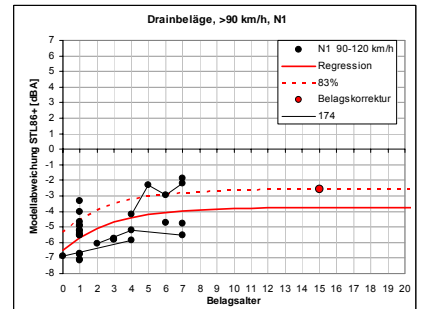
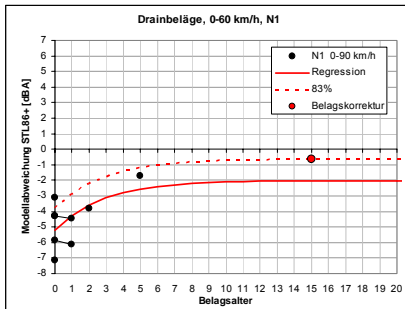
(Belagsalter 15 Jahre, Vertrauensintervall 83%, Abweichungen zum Modell StL-86+ in dBA)

Belagstyp	Geschwindigkeitsbereich																						
	Innerorts < 60 km/h					Ausserorts 60-90 km/h					Autobahn > 90km/h												
	Anz. Mess.		Modellabw. STL86+			Misch 8%	Anz. Mess.		Modellabw. STL86+			Misch 8%	Anz. Mess.		Modellabw. STL86+			Misch 15%					
N1	N2	N1	N2	N1	N2		N1	N2	N1	N2	N1		N2	N1	N2								
Lastwagenanteil																							
Drainbeläge PA	9	6	-0.6	-4.2	-2							29	27	-2.6	-3.0								
dichte Asphaltbeläge	526	389	+1.3	-1.0	+1	83	77	+2.6	-0.2	+2	87	83	+3.1	+1.4	+3								
AC 11, (AC 6)	63	28	+0.6	-0.9	0	10	7	+0.9	-1.0	0	6	6	+3.2	+1.3	+3								
AC 16	6	6	+2.1	-1.6	+1	2	2	+3.4	-0.3	+3	4	3	+3.8	+2.7	+3								
ACMR 4, ACMR 6	29	21	+0.3	-2.4	0																		
ACMR 8, ACMR 11	22	9	+2.6	-1.2	+1	8	8	+1.1	-0.9	+1	5	5	+0.6	-1.7	0								
Kaltmikro	14	6	-0.2	-1.9	-1	2	2	+0.3	-1.6	0	2	2	+4.3	+0.4	+3								
MA	11	7	+0.4	-2.2	0	7	7	+2.1	-0.3	+1	10	10	+3.1	+0.7	+2								
OB	22	17	+0.9	-1.3	0	2	2	+2.3	-1.7	+1													
SMA 6	47	41	+0.4	-1.1	0																		
SMA 8	146	128	+1.3	-0.6	+1						8	8	+1.8	+0.8	+2								
SMA 11	67	58	+1.9	-0.8	+1	47	44	+2.5	-0.0	+2	42	40	+2.5	+1.4	+2								
SMA 16											4	3	+4.3	+1.5	+4								
SPA 4, SPA 6	23	18	+0.0	-1.7	-1	4	4	-0.7	-2.0	-1													
SPA 8	29	18	+2.1	-1.3	+1																		
SPA 11	4	4	+2.6	-1.7	+1						6	6	+3.5	+1.3	+3								
Betonbeläge	3	2	+4.0	+0.5	+3						22	20	+5.0	+3.5	+5								

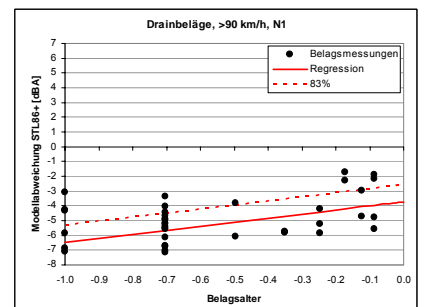
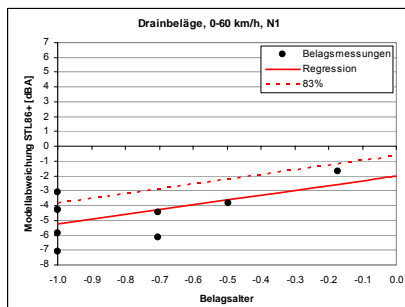
fett gesicherte Werte (n≥10)



Alterungsverläufe: Drainbeläge

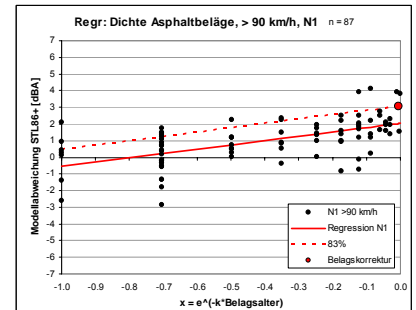
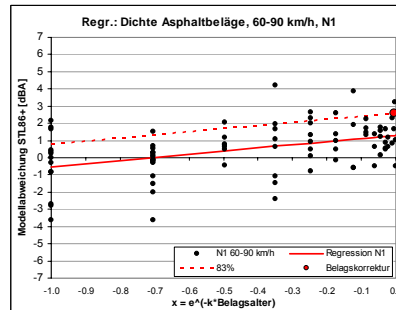
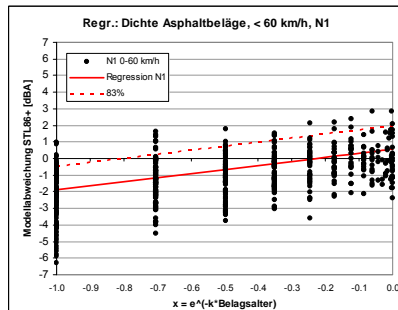
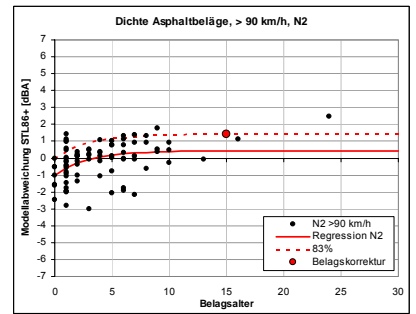
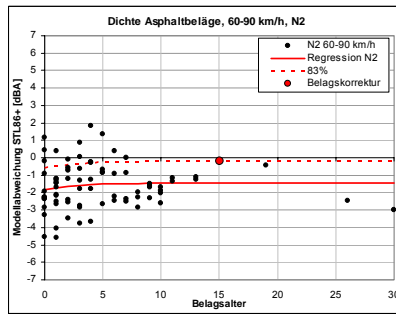
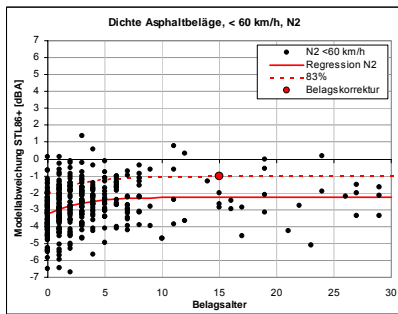
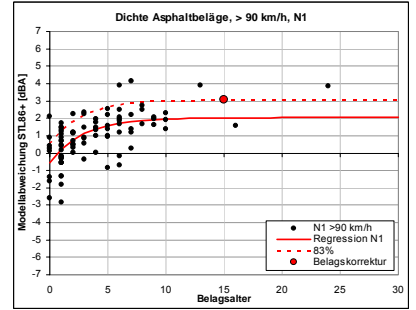
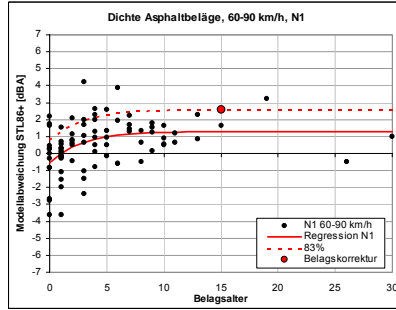
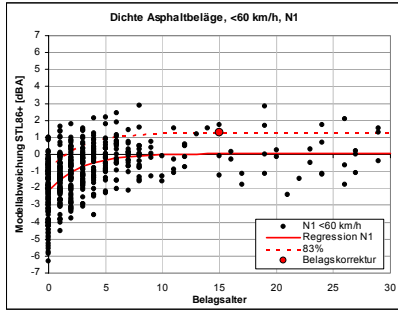


Regressionen: Drainbeläge (N1)



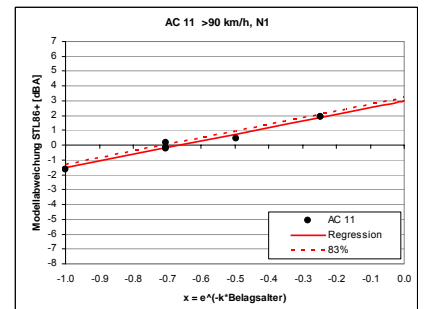
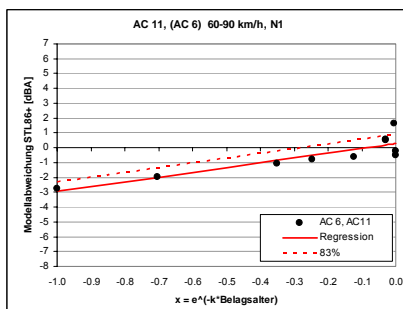
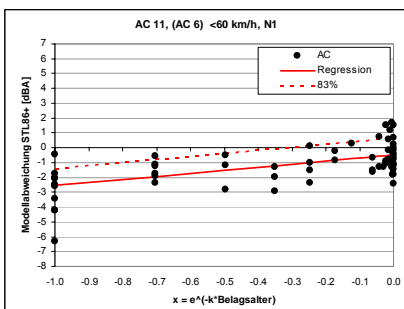
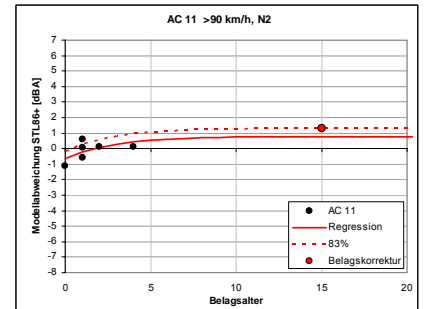
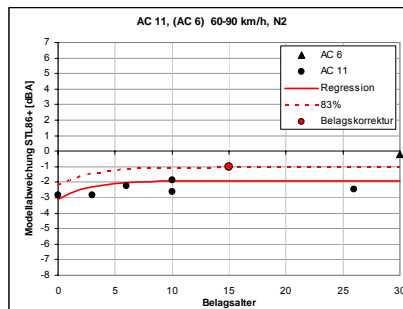
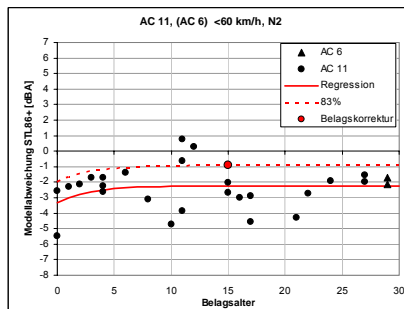
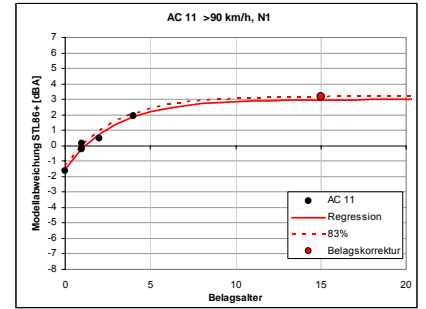
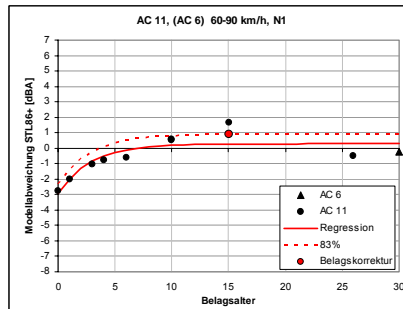
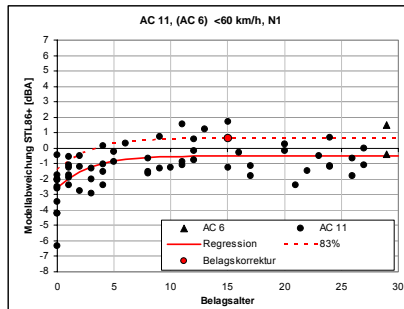


Alterungsverläufe: Dichte Asphaltbeläge



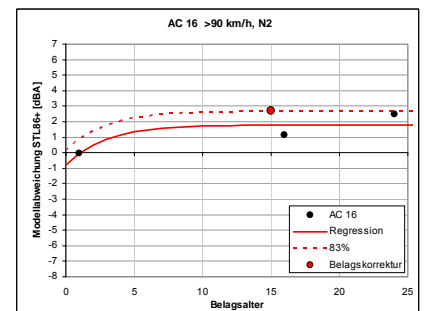
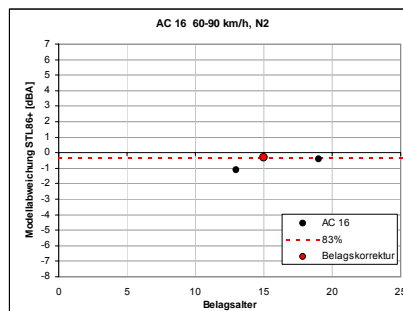
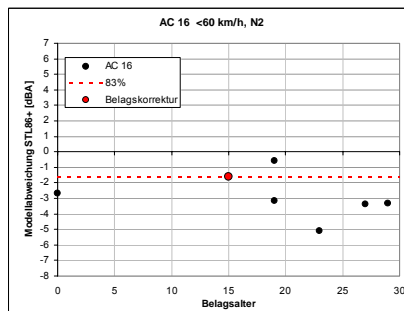
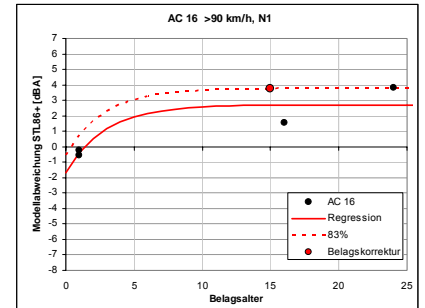
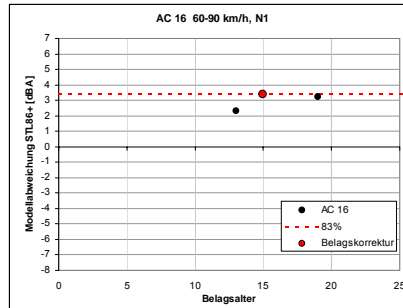
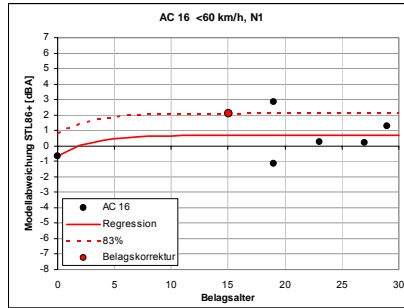


Alterungsverläufe: Asphaltbeton AC 11, (AC 6)



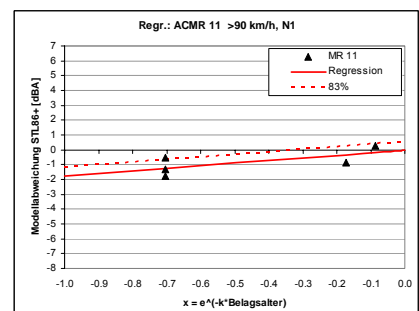
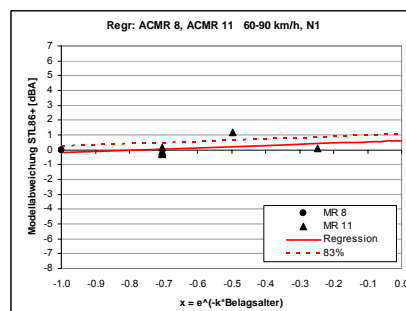
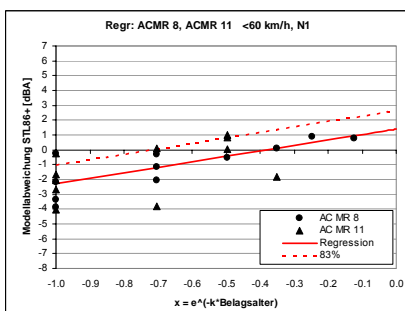
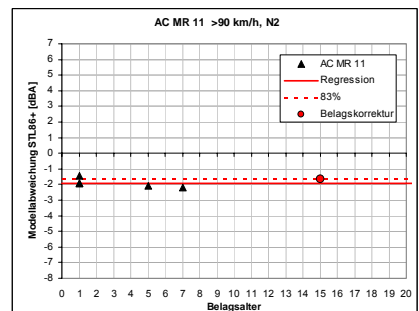
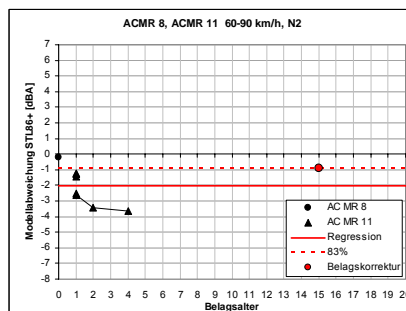
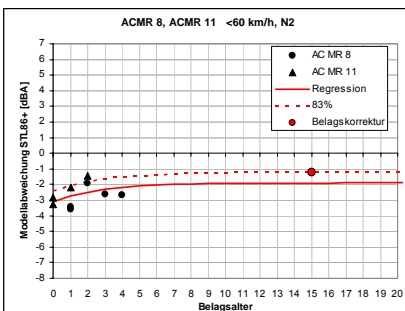
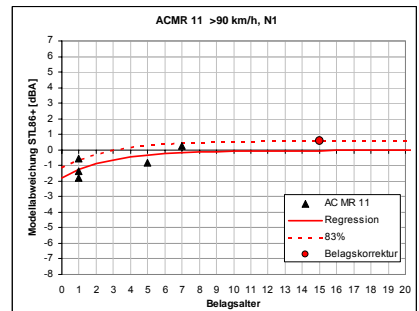
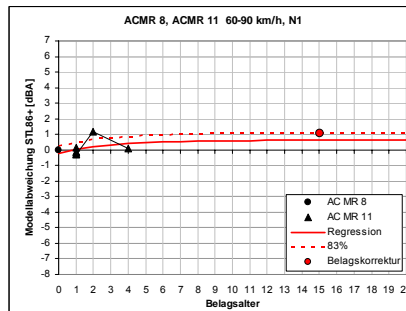
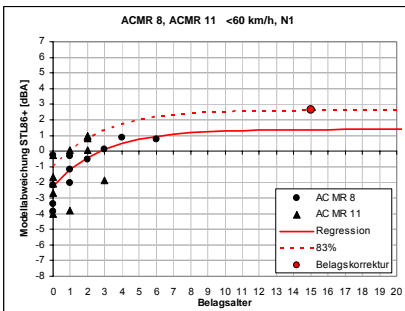
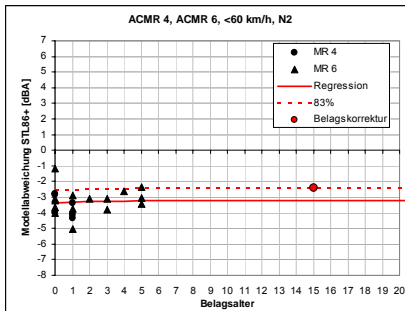
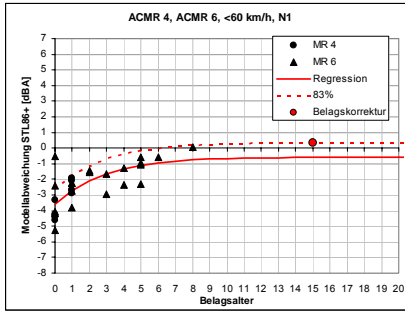


Alterungsverläufe: Asphaltbeton AC 16



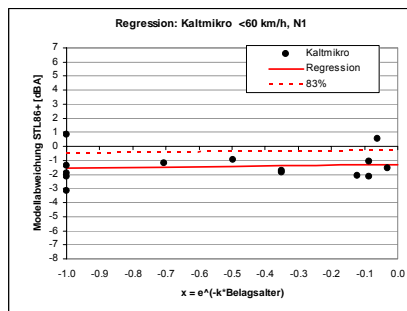
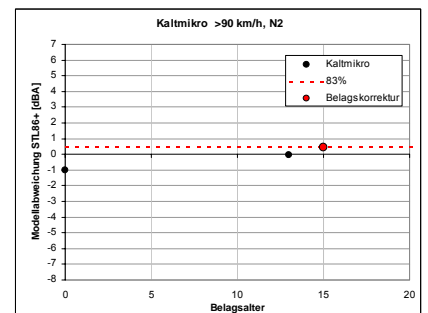
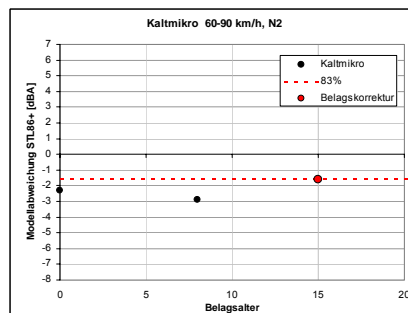
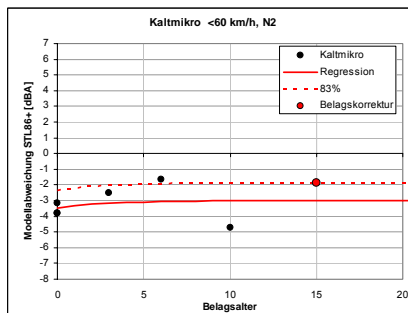
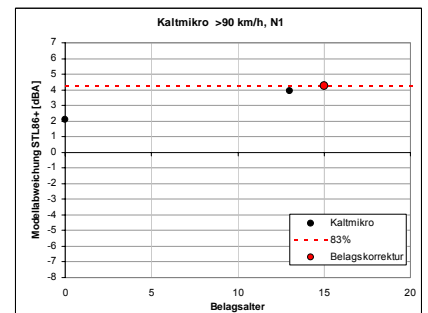
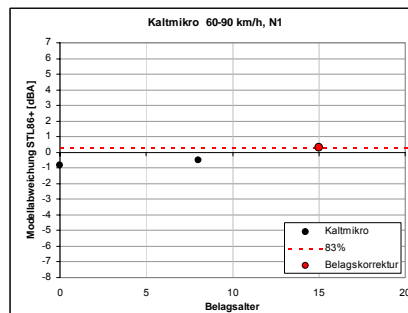
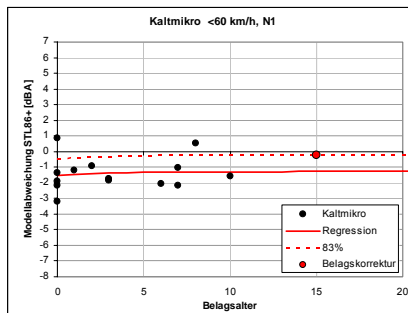


Alterungsverläufe: Macrorugueux/Rauhbelag ACMR 4, ACMR 6, ACMR 8, ACMR 11



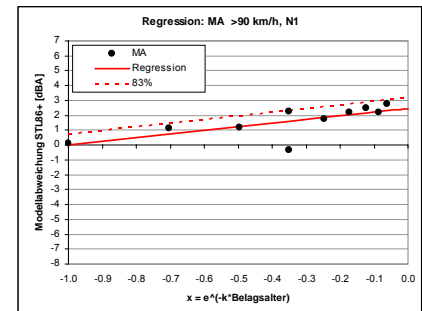
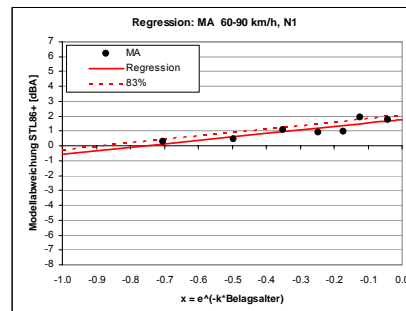
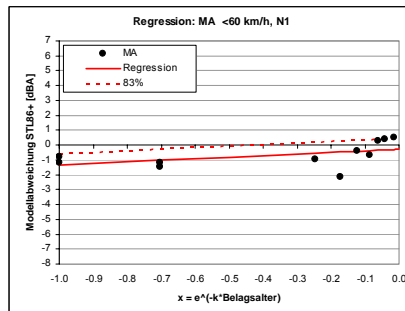
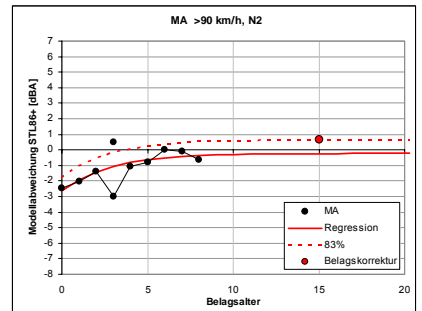
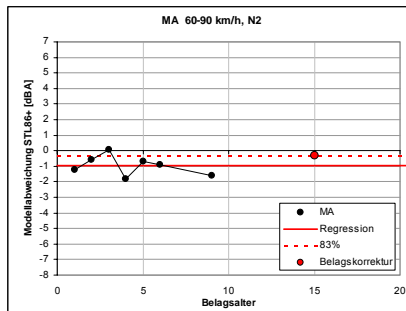
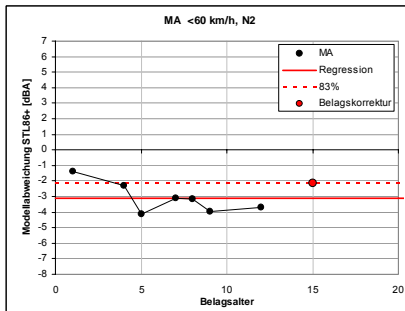
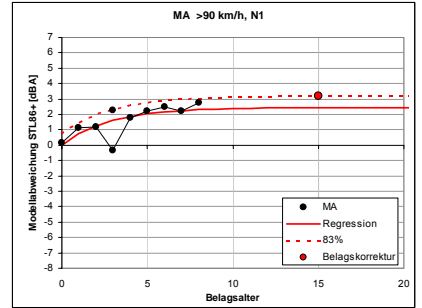
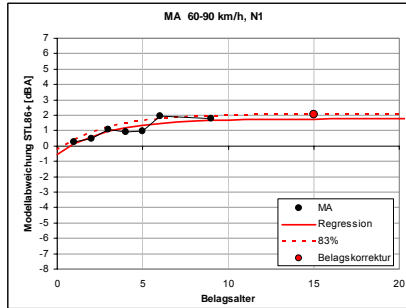
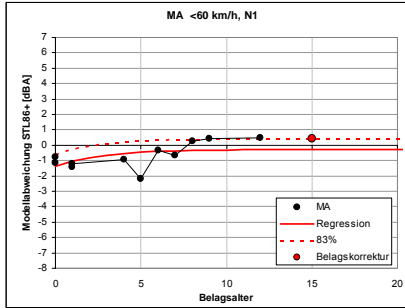


Alterungsverläufe: Kaltmikro



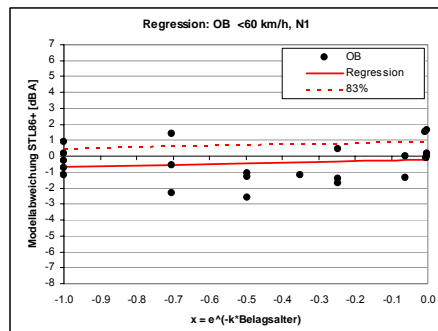
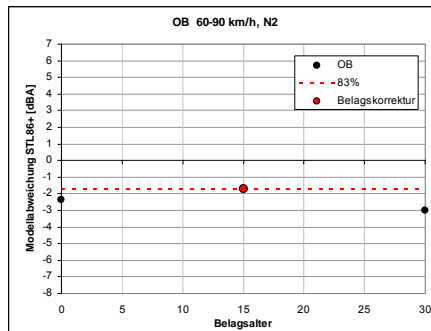
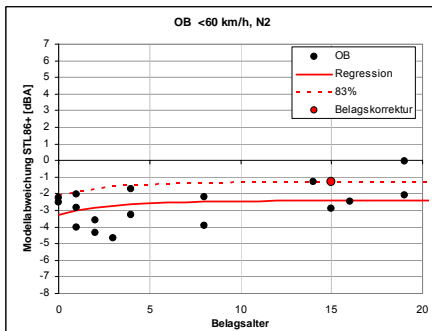
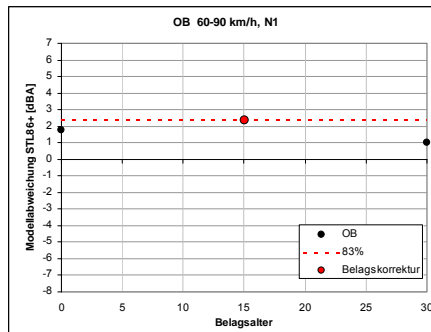
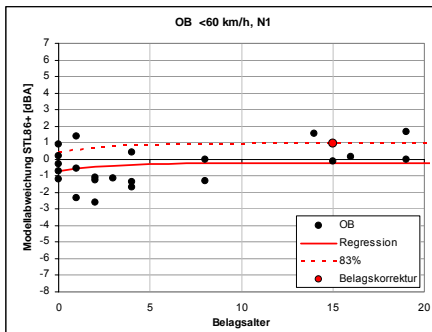


Alterungsverläufe: Gussasphalt MA



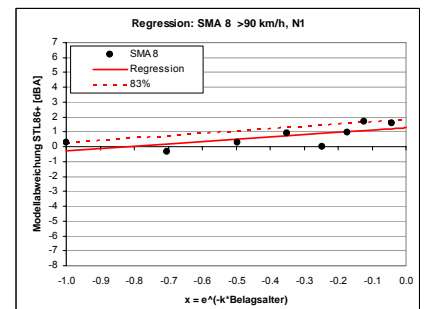
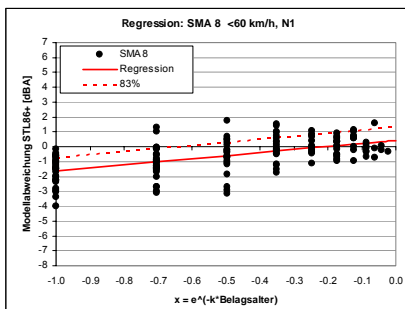
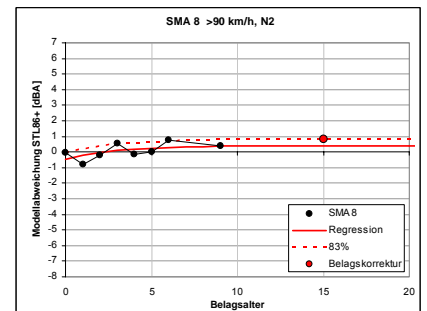
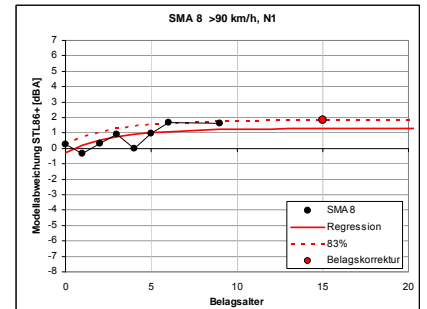
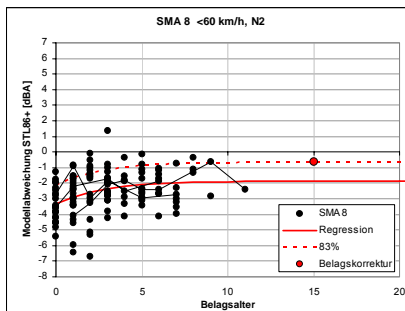
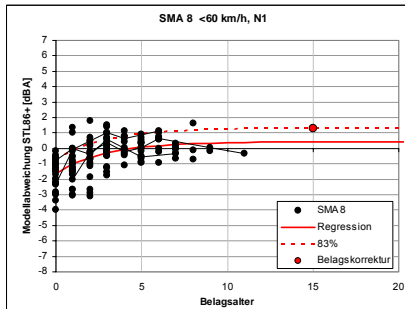
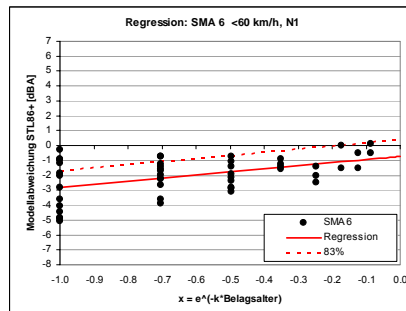
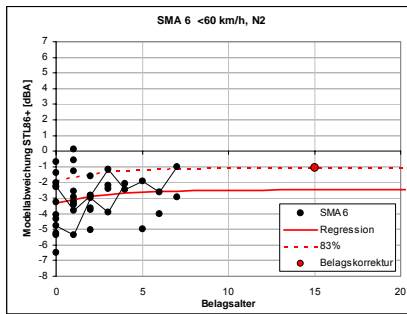
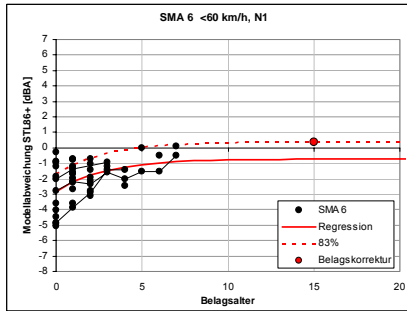


Alterungsverläufe: Oberflächenbehandlung OB



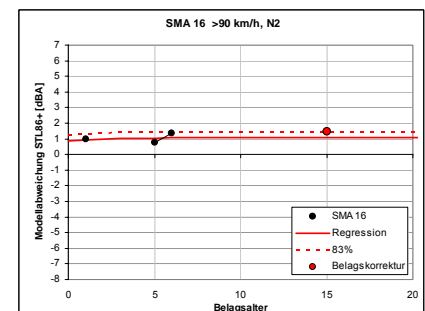
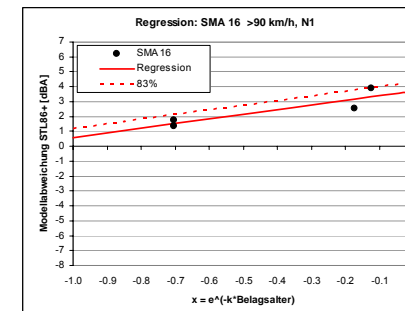
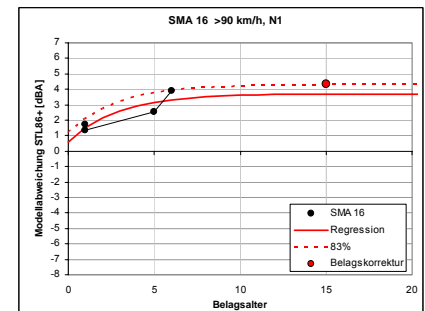
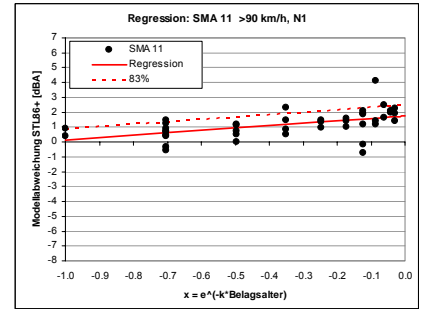
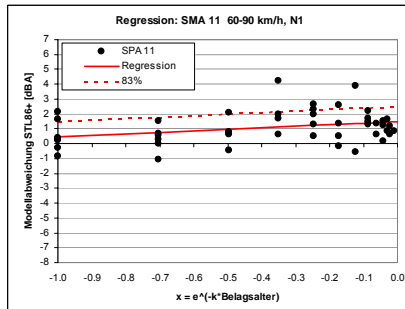
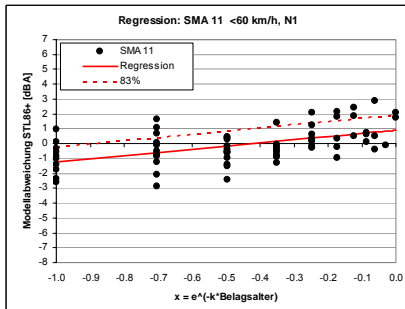
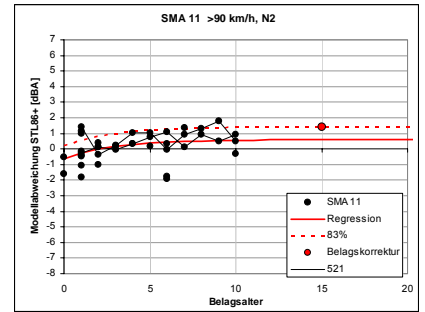
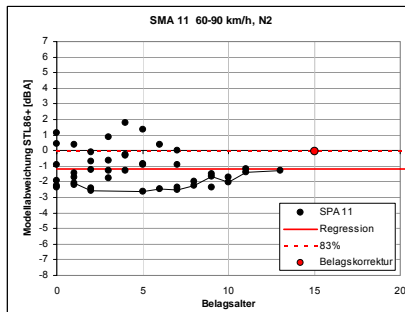
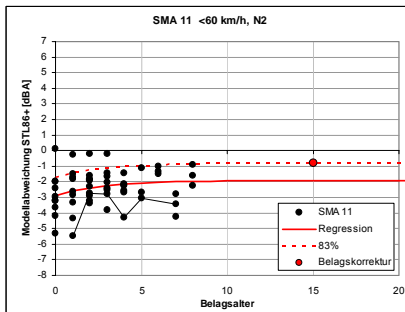
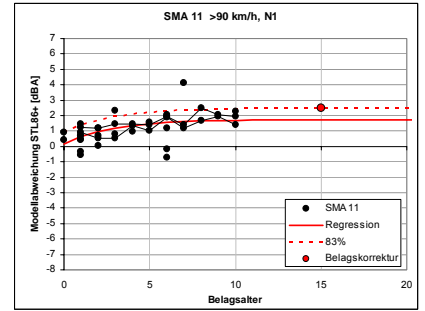
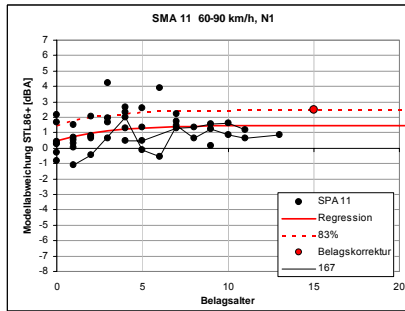
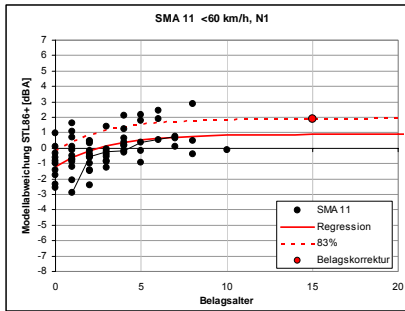


Alterungsverläufe: Splittmastixasphalt SMA 6, SMA 8



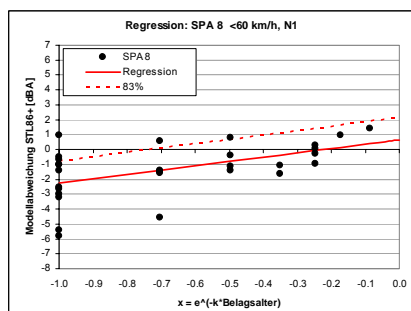
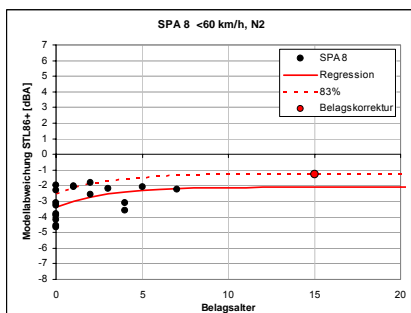
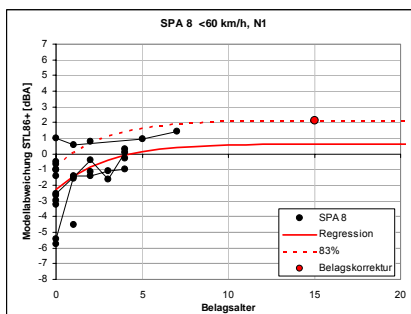
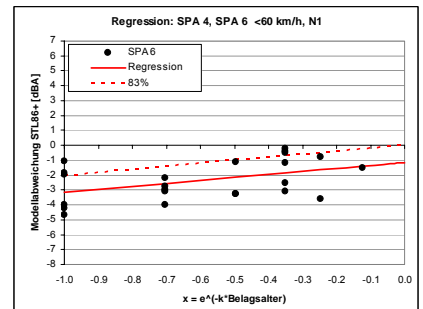
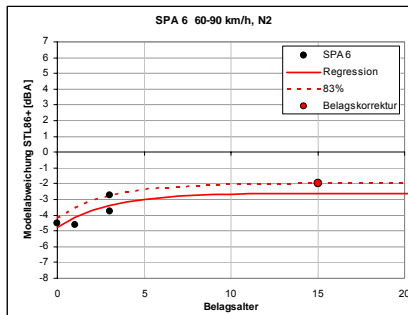
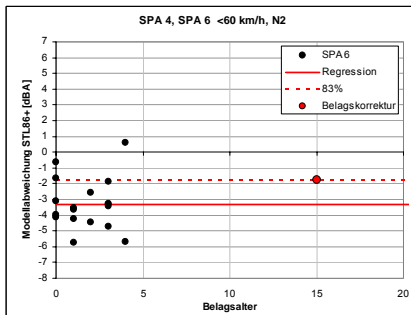
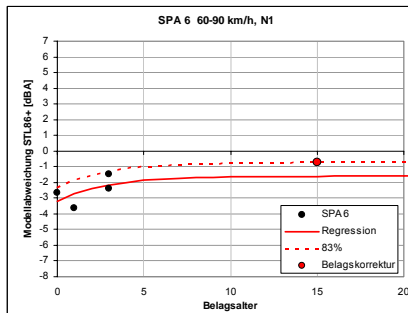
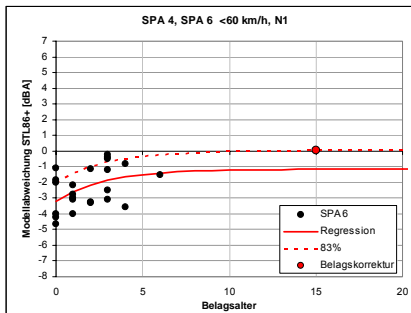


Alterungsverläufe: Splittmastixasphalt SMA 11, SMA 16



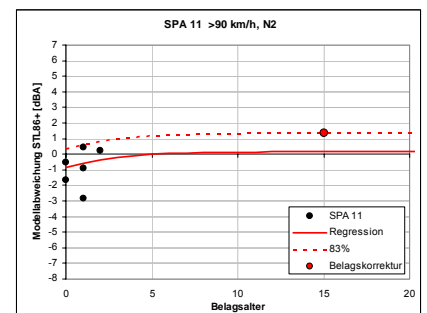
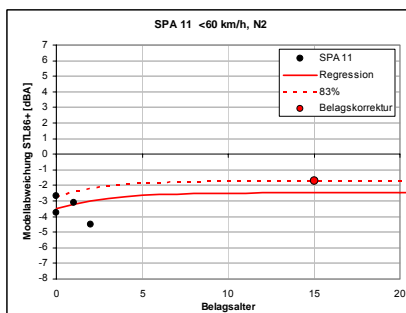
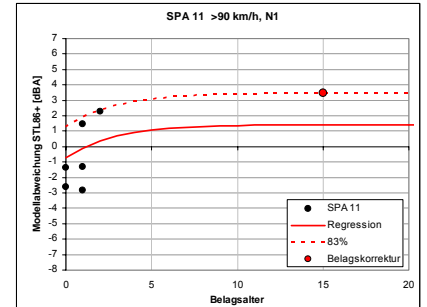
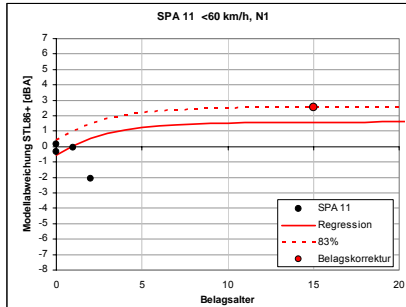


Alterungsverläufe: Splittasphalt SPA 4, SPA 6, SPA 8





Alterungsverläufe: Splittasphalt SPA 11





Alterungsverläufe: Betonbeläge

