

Abschlussbericht
Motorradlärm-Untersuchung
ACB-0610-4763/10

Dipl.-Ing. Univ. Christian Fend



im Auftrag der

LUBW,
Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg

07.12.2010

Titel: Abschlussbericht
Motorradlärm-Untersuchung

Auftraggeber: LUBW,
Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg
Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe

Auftragnehmer: ACCON GmbH
Gewerbering 5
86926 Greifenberg
Telefon 08192 / 9960-0
Telefax 08192 / 9960-29
info@accon.de
www.accon.de

Vertrag vom: 04.05.2009

Berichtsnummer: ACB-0610-4763/10

Umfang: 34 Seiten und 12 Anlagen

Datum: 07.12.2010

Bearbeiter Dipl.-Ing. Univ. Christian Fend
Manfred Reichlmair

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Anlass und Aufgabenstellung	7
2 Grundlagen	8
2.1 DIN 45642 – Messung von Verkehrsgeräuschen	8
2.2 RLS–90 – Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen	8
2.3 Für die vorliegende Untersuchung relevante Zusammenhänge	9
2.4 Luftwiderstand	9
3 Messungen	10
3.1 Messorte	10
3.1.1 Auswahl	10
3.1.2 Herrenwies	10
3.1.3 Gammertingen	10
3.1.4 Leopoldshafen – L 559 Mitte	10
3.1.5 Leopoldshafen–Rheindamm	10
3.2 Messaufbau	11
3.2.1 Langzeitmessungen	11
3.2.2 Beobachtete Messungen	11
3.2.3 Verkehrsmessungen	11
3.3 Messdaten	12
3.3.1 Messdatensammlung	12
3.3.2 Herrenwies	12
3.3.3 Gammertingen	12
3.3.4 Messpunkt Leopoldshafen – L 559 Mitte	13
3.3.5 Messpunkt Leopoldshafen – Rheindamm	13
3.3.6 Gesamtzahl der Datensätze	13
4 Ergebnisse	14
4.1 Verkehrserfassung	14
4.1.1 Verkehrsmengen	14
4.1.2 Geschwindigkeiten	14
4.2 Zeit-Verlauf der Messwerte in 15-Minuten Intervallen	15
4.3 Emissionspegel	15
4.3.1 Einzelereignispegel L_{T0}	15

4.3.2	Maximalpegel L_{AFmax}	15
4.3.3	Emissionspegel $L_{m,E}$	15
4.3.4	Regressionsberechnung $L_{m,E}$	17
4.4	Frequenzzusammensetzung	18
4.4.1	Auswahl	18
4.4.2	Spektren	18
4.4.3	Spektrogramme	19
4.5	Psychoakustische Parameter	21
4.5.1	Psychoakustik	21
4.5.2	Auswertung	21
4.5.3	Lautheit	22
4.5.4	Rauigkeit	22
4.5.5	Schärfe	23
5	Diskussion der Ergebnisse	24
5.1	Datenbasis	24
5.2	Messtechnisch ermittelte Emissionspegel $L_{m,E}$	24
5.3	Grenzen der RLS-90	25
5.4	Psychoakustische Erkenntnisse	25
5.5	Anregungen für alternative Berechnungs- und Beurteilungsverfahren	26
6	Ausblick	28
	Grundlagenverzeichnis	29
	Anlagenverzeichnis	30

Abkürzungsverzeichnis

Formelzeichen

D_E	Korrektur zur Berücksichtigung der Absorptionseigenschaften von reflektierenden Flächen nach RLS–90
D_{Stg}	Korrektur für Steigungen und Gefälle nach RLS–90
D_{StrO}	Korrektur für unterschiedliche Straßenoberflächen nach RLS–90
D_v	Korrektur für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten nach RLS–90
L_{Aeq}, L_{eq}	energieäquivalenter Dauerschallpegel: der zeitliche Mittelwert des A-Schallpegels; auch Mittelungspegel L_m bezeichnet.
$L_{AF}(t)$	zeitlicher Verlauf des AF-bewerteten Schalldruckpegels
L_{AFmax}	höchster Wert des AF-bewerteten Schalldruckpegels in einem Messintervall
L_{feq}	in Terzbandbreite angegebener energieäquivalenter Dauerschallpegel
L_m	Mittelungspegel: der zeitliche Mittelwert des A-Schallpegels; auch energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} bezeichnet.
$L_m^{(25)}$	Mittelungspegel in 4 m Höhe und 25 m Abstand von der Schallquelle bei freier Schallausbreitung, $v = 100$ km/h, $D_{StrO} = 0$ dB, Steigung ≤ 5 %
$L_{m,E}$	Emissionspegel (der Mittelungspegel in 4 m Höhe und 25 m Abstand von der Schallquelle bei freier Schallausbreitung)
L_{max}	Maximaler Vorbeifahrpegel: höchster Wert des AF-bewerteten Schalldruckpegels bei einer Vorbeifahrt (nach DIN 45642)
L_r	Beurteilungspegel; wird aus Mittelungspegel und Kreuzungszuschlag gebildet.
L_{T0}	Einzelereignispegel nach DIN 45642
$L_{T0,25m}$	Einzelereignispegel in 25 m Entfernung nach DIN 45642
M, M_T, M_N	maßgebende stündliche Verkehrsstärke (tags, nachts) (RLS–90)
p, p_T, p_N	maßgebender Lkw-Anteil (tags, nachts) (RLS–90)
p_{Lkw}	Lkw-Anteil am Gesamtverkehr (DIN 45642)
T_0	Bezugsdauer; gemäß DIN 45642: 1 s. Bezugsdauer; im Sinne der RLS–90: 1 h.
T_{10}	Zeitraum einer Vorbeifahrt, in der der Schalldruckpegel den maximalen Vorbeifahrtpegel um weniger als 10 dB unterschreitet
T_M	Messdauer
v	Geschwindigkeit in km/h; bezüglich RLS–90: zulässige Höchstgeschwindigkeit

Abkürzungen

BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
DMS	Dauermessstation
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
IO	Immissionsort
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
MP	Messpunkt
SEL	Einzelereignispegel (Single Event Exposure Level) (vgl. L _{T0})

Abkürzungen im Zusammenhang mit Messungen und Messorten

Gamm	Gammertingen
Hett	Hettingen
Sand	Sand
Hwies	Herrenwies
LeoM	L 559 westlich Leopoldshafen (Mitte)
LeoH	Leopoldshafen
Rdamm	Rheindamm
Rfaeh	Rheinfähre
Ri	Richtung

1 Anlass und Aufgabenstellung

Motorräder erbringen vielerorts einen wesentlich höheren Beitrag zur Lärmempfindung als es ihrer Fahrleistung und Verkehrsstärke relativ zu anderen Verkehrsteilnehmern entspricht. Ursache können die spezifischen Lärmemissionen der Motorräder und die Fahrweise sein. Vor allem in ruhigen, landschaftlich reizvollen Gebieten in der warmen Jahreszeit werden die Geräusche der Motorräder bei den betroffenen Anwohnern und Erholungssuchenden häufig als besonders belästigend empfunden.

Mit dieser Untersuchung sollen die von Motorrädern und Pkw verursachten Geräuschemissionen in großen Datenmengen erfasst und miteinander verglichen werden. Die Integration der Lärmquelle "Motorrad" in den derzeit gültigen Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften ist zu bewerten und die Frage der besonderen Störwirkung bzw. Lästigkeit von Motorradlärm in diesem Zusammenhang aufzuarbeiten.

Die Ergebnisse sollen als Grundlage für weitere Diskussionen in Behörden, Politik, Verbänden und bei Betroffenen bereit gestellt werden, um beispielsweise Maßnahmen zur Begrenzung und Minderung des Motoradlärms zu erörtern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nutzung des Motorrads oft nicht einen reinen Transportvorgang, sondern zugleich (oder ausschließlich) eine aktive Freizeitbeschäftigung darstellt.

Das Hauptgewicht der vorliegenden Untersuchung liegt in der Erfassung und Verarbeitung der Geräuschemissionen von Vorbeifahrten in großen Mengen. Neben beobachteten Messungen an wenigen Tagen sollen vor allem automatisierte Messeinrichtungen kontinuierlich über mehrere Wochen Daten erfassen. Die so ermittelten Daten werden nach verschiedenen akustischen und verkehrstechnischen Gesichtspunkten ausgewertet und diskutiert.

Ergänzend sollen ausgewählte Datensätze exemplarisch unter psychoakustischen Gesichtspunkten ausgewertet werden, um Hinweise auf weiteren Untersuchungsbedarf in diesem Bereich zu erhalten.

Mit der Untersuchung wurde ACCON am 04.05.2009 von der LUBW beauftragt.

2 Grundlagen

2.1 DIN 45642 – Messung von Verkehrsgeräuschen

Die DIN-Norm 45642 regelt die Messung von Verkehrsgeräuschen. Demnach soll der Messpunkt in einem horizontalen Abstand von 7,5 m zur Mitte des Fahrstreifens, auf dem die zu messenden Fahrzeuge fahren, in 1,2 m Höhe liegen [7].

Folgende Formeln sind für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung.

Der Einzelereignispegel L_{T0} lässt sich aus dem Mittelungspegel L_m einer Vorbeifahrt und der Messdauer T_M bestimmen gemäß DIN 45642, Formel 1 bestimmen:

$$L_{T0} = L_m + 10 \lg (T_M / T_0) \text{ dB}$$

Dabei umfasst die Messdauer T_M die Zeit, in der der Schalldruckpegel den maximalen Vorbeifahrtpegel L_{max} um weniger als 10 dB unterschreitet.

Die Mittelung der Einzelereignispegel der Vorbeifahrten erfolgt nach DIN 45642, Formel A.1 (hier für Pkw; analog auch für andere Fahrzeugkategorien anwendbar):

$$\overline{L_{T0, Pkw}} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \frac{L_{T0, Pkw, i}}{\text{dB}}} \right) \text{ dB}$$

Die Umrechnung auf einen Einzelereignispegel in 25 m Entfernung und 4 m Höhe erfolgt nach DIN 45642, Formel A.2 (hier für Pkw; analog auch für andere Fahrzeugkategorien anwendbar):

$$\overline{L_{T0, Pkw, 25 \text{ m}, 4 \text{ m}}} = \overline{L_{T0, Pkw}} - 6,8 \text{ dB}$$

Damit kann dann der Emissionspegel eines Fahrstreifens nach DIN 45642, Formel A.6 berechnet werden:

$$L_{m, E} = 10 \lg \left(\frac{M}{h^{-1}} \right) \text{ dB} + 10 \lg \left[\left(100 - \frac{\rho_{Lkw}}{\%} \right) 10^{0,1 \overline{L_{T0, Pkw, 25 \text{ m}, 4 \text{ m}} / \text{dB}}} + \rho_{Lkw} 10^{0,1 \overline{L_{T0, Lkw, 25 \text{ m}, 4 \text{ m}} / \text{dB}}} \right] \text{ dB} + 15,6 \text{ dB}$$

2.2 RLS–90 – Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen

Die Richtlinie RLS–90 stellt die Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Verkehrsgeräuschen an Straßen bereit [3].

Folgende Formeln sind für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung.

Der Emissionspegel wird nach RLS–90, Formel 6 gebildet:

$$L_{m, E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{StrO} + D_{Stg} + D_E$$

Der darin enthaltene Bezugspegel $L_m^{(25)}$ ist nach RLS–90, Formel 7 definiert:

$$L_m^{(25)} = 37,3 + 10 \cdot \lg [M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)]$$

Die Geschwindigkeitsabhängigkeit wird durch das Korrekturmaß D_v nach RLS-90, Formel 8 abgebildet:

$$D_v = L_{Pkw} - 37,3 + 10 \cdot \lg \left[\frac{100 + (10^{0,1D} - 1) \cdot p}{100 + 8,23 \cdot p} \right]$$

mit:

$$L_{Pkw} = 27,7 + 10 \cdot \lg [1 + (0,02 \cdot v_{Pkw})^3]$$

$$L_{Lkw} = 23,1 + 12,5 \lg (v_{Lkw})$$

$$D = L_{Lkw} - L_{Pkw}$$

2.3 Für die vorliegende Untersuchung relevante Zusammenhänge

In der vorliegenden Untersuchung wird für Vergleichszwecke oftmals von einer Verkehrsstärke von $M = 1$ Kfz/h (Motorrad oder Pkw) und einem Lkw-Anteil von $p = 0\%$ ausgegangen. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich folgende Zusammenhänge:

$$(1) \quad L_{m,E} = L_{T0, Pkw, 25m, 4m} - 35,6 \text{ dB}$$

Das Korrekturmaß von 35,6 dB ergibt sich durch den Übergang von der Bezugszeit 1 s auf die Bezugszeit 1 h (3.600 s).

$$(2) \quad L_{T0, Pkw, 25m, 4m} = L_{T0, Pkw} - 6,8 \text{ dB}$$

Das Korrekturmaß von 6,8 dB ergibt sich durch den Übergang vom Bezugsabstand 7,5 m auf den Bezugsabstand 25 m. Insgesamt ergibt sich:

$$(3) \quad L_{m,E} = L_{T0, Pkw} - 42,4 \text{ dB}$$

2.4 Luftwiderstand

Für die Diskussion der Untersuchungsergebnisse in Kap. 5 ist der Luftwiderstand von Motorrädern und Pkw thematisiert. Die wichtigsten Zusammenhänge werden im Folgenden kurz erläutert.

Der Luftwiderstand ist proportional zum Produkt aus Querschnittsfläche des Fahrzeugs und dessen Luftwiderstandsbeiwert (c_w -Wert).

Die Querschnittsfläche eines Motorrads kann mit ca. $0,8 \text{ m}^2$ abgeschätzt werden, der eines Pkw mit ca. $1,9 \text{ m}^2$.

Der c_w -Wert eines Pkw liegt typischerweise bei ca. 0,3, der eines Motorrads bei ca. 0,6.

Daraus ergibt sich für das Motorrad ein um etwa 15 % geringerer Luftwiderstand.

3 Messungen

3.1 Messorte

3.1.1 Auswahl

Auf Grundlage von Hinweisen vom Innenministerium, von Polizeidienststellen, Bürgerinitiativen und Naturschutzverbänden wurde eine Vielzahl von Streckenabschnitten ermittelt, die hinsichtlich Motorradlärm oder Motorradaufkommen besonders auffällig sind. Aus diesen Abschnitten wurden in Abstimmung mit der LUBW einige für die Messung besonders geeignete Stellen ausgewählt. Dabei musste neben fachlichen auch auf pragmatische Gesichtspunkte geachtet werden.

Gewünscht waren Strecken mit hohem Motorradanteil am Gesamtverkehr bei nicht allzu hoher DTV (Einzelvorbeifahrten, keine Fahrzeugkolonnen), mit geradem Straßenverlauf, mit nahe gelegenen Stromanschluss für die Messstation und mit guter Zugänglichkeit am Straßenrand (Aufstellung der Messstation und der Messgeräte, Aufenthalt des Messpersonals bei beobachteten Messungen).

Im Folgenden sind die ausgewählten Messorte kurz beschrieben. Eine ausführliche Dokumentation der Messorte findet sich in Anlage 1.

3.1.2 Herrenwies

Der Messpunkt Herrenwies liegt an der Landesstraße L 83 zwischen den Ortschaften Sand und Herrenwies. Die Strecke verläuft in Richtung Sand gesehen leicht bergauf (2,8 % Steigung). Während in diese Richtung keine Geschwindigkeitsbegrenzung vorliegt, befindet sich in Richtung Herrenwies ein Tempo 50 Schild etwa auf Höhe des Messpunkts. Der Straßenverlauf ist in beide Richtungen sehr übersichtlich. Während der Datenerhebung wurde eine DTV von etwa 1.500 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil von 4 % ermittelt.

3.1.3 Gammertingen

Der Messpunkt Gammertingen liegt an der Bundesstraße B 32 zwischen den Ortschaften Gammertingen und Hettingen. Die Strecke verläuft in Richtung Gammertingen gesehen leicht bergauf (2,2 % Steigung). Die Geschwindigkeit ist in beiden Richtungen unbegrenzt. Etwa 200 m vom Messpunkt liegt der Ortseingang von Gammertingen (50 km/h). Der Straßenverlauf ist in beide Richtungen sehr übersichtlich. Während der Datenerhebung wurde eine DTV von etwa 4.300 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil von 7 % ermittelt.

3.1.4 Leopoldshafen – L 559 Mitte

Der Messpunkt liegt an der Landesstraße L 559 zwischen der Ortschaft Leopoldshafen und der Rheinfähre. Die Strecke weist keine Steigung auf. Die Geschwindigkeit ist in beiden Richtungen unbegrenzt. Während der Datenerhebung wurde eine DTV von etwa 4.600 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil kleiner 1% ermittelt.

3.1.5 Leopoldshafen–Rheindamm

Der Messpunkt liegt an der Landesstraße L 559 zwischen der Ortschaft Leopoldshafen und der Rheinfähre in Nähe des Rheindamms. Die Strecke weist keine Steigung auf. In Richtung Leopoldshafen ist die Geschwindigkeit unbegrenzt, in der Gegenrichtung ist sie auf 70 km/h beschränkt. Während der Datenerhebung wurde eine DTV von etwa 4.600 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil kleiner 1% ermittelt.

3.2 Messaufbau

3.2.1 Langzeitmessungen

Die Langzeitmessungen erfolgten mit einer Messstation (Typ deBAKOM 2000 M) kontinuierlich über mehrere Wochen.

Das Messsystem entspricht DIN IEC 804 und DIN IEC 651, Klasse 1. Es besteht aus AD-Wandlern und einem portablen Rechner, auf dessen Festplatte die Messwerte aufgezeichnet werden. Das System ist in einem geschlossenen Pkw-Anhänger untergebracht. Auf einem bis zu 7 m Höhe ausfahrbaren Teleskopmast ist ein wetterfestes Außenmikrofon sowie eine Wetterstation montiert.

Neben den akustischen Parametern (L_{Aeq} und L_{AFmax} mit einer zeitlichen Auflösung von 0,1 s) wurden auch die meteorologischen Bedingungen aufgezeichnet (Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Niederschlag).

Da sich der Messanhänger nicht an allen Messorten beliebig rangieren ließ, wurde von der gemäß Norm erforderlichen Mikrofonposition (7,5 m Abstand von der Fahrbahnmitte, 1,2 m Höhe über Fahrbahn) teilweise leicht abgewichen. Durch die zeitweise parallel stattfindenden beobachteten Messungen der LUBW konnte aber stets ein Bezug zu Messdaten im normgerechten Abstand hergestellt werden. Der Vergleich der Messwerte lieferte entsprechende Korrekturmaße.

Durch dieses vergleichende Verfahren konnten auch die Messungen von Fahrzeugen auf der Gegenfahrbahn (Abstand hier deutlich größer als 7,5 m) in die Untersuchung einbezogen werden.

3.2.2 Beobachtete Messungen

An einigen Tagen wurden durch die LUBW beobachtete Messungen durchgeführt. Durch den Einsatz von handlichen Geräten konnte hier stets der normgerechte Messaufbau realisiert werden (7,5 m Abstand von der Fahrbahnmitte, 1,2 m Höhe über Fahrbahn) – für beide Fahrtrichtungen. Als Messgeräte kamen Schallpegelmesser Norsonic Typ 121 und 140 zum Einsatz. Teilweise erfolgten diese Messungen auch parallel zu den Langzeitmessungen. Die Messdaten (L_{Aeq} und L_{AFmax} mit einer zeitlichen Auflösung von 0,1 s) wurden von der LUBW ausgewertet und zur weiteren Bearbeitung bereit gestellt (L_{AFmax} , SEL, T_{10}). Darüber hinaus wurden Terzspektren (L_{feq} mit einer zeitlichen Auflösung von 0,1 s) und Tonaufzeichnungen zur Verfügung gestellt.

3.2.3 Verkehrsmessungen

Parallel zu den akustischen Messungen wurden die Verkehrsdaten durch Seitenradargeräte der LUBW aufgenommen. Für jede Fahrtrichtung stand ein Messgerät zur Verfügung, das von jeder Fahrzeugvorbeifahrt die Uhrzeit, die Geschwindigkeit und die Fahrzeugart (Krad, Pkw, Lkw) erfasste.

3.3 Messdaten

3.3.1 Messdatensammlung

In den folgenden Kapiteln sind einige Informationen zu den gesammelten Daten zusammengestellt. Bei der Angabe der Datensatzanzahl handelt es sich um gerundete Werte.

Die Zahl der Datensätze der Messstation umfasst nur die zur Auswertung geeigneten Vorbeifahrten (keine Begegnungen, keine Pulks, sichere Zuordnung von Geschwindigkeit und Fahrzeugart, usw.) und liegt deshalb deutlich niedriger als die Zahl aller Vorbeifahrten, die durch das Verkehrsmesssystem erfasst wurden.

Die Zahl der Datensätze der beobachteten Messungen umfasst ebenfalls nur die zur Auswertung geeigneten Vorbeifahrten.

3.3.2 Herrenwies

	Messzeitraum	Datensätze Richtung Sand	Datensätze Richtung Herrenwies
Verkehrsmesssystem	Mi, 10.06.2009 – Do, 02.07.2009 (23 Tage, einschl. 3 Wochenenden)	17.000	16.000
Messstation (ACCON)	Do, 18.06.2009 – Do, 02.07.2009 (15 Tage, einschl. 2 Wochenenden)	2.300 Pkw: 2.000 Krad: 300	2.400 Pkw: 2.000 Krad: 300
Beobachtete Messungen (LUBW)	So, 28.06.2009 09:00-18:00	350 Pkw: 240 Krad: 110	520 Pkw: 370 Krad: 150

3.3.3 Gammertingen

	Messzeitraum	Datensätze Richtung Hettingen	Datensätze Richtung Gammertingen
Verkehrsmesssystem	Do, 02.07.2009 – Mo, 20.07.2009 (19 Tage, einschl. 3 Wochenenden)	45.000	27.000 (ab 09.07.2009)*
Messstation (ACCON)	Do, 02.07.2009 – Mo, 20.07.2009 (19 Tage, einschl. 3 Wochenenden)	6.500 Pkw: 6.100 Krad: 400	2.000 Pkw: 1.900 Krad: 100 (ab 09.07.2009)*
Beobachtete Messungen (LUBW)	Fr, 10.07.2009 Sa, 11.07.2009	1.200 Pkw: 1.100 Krad: 100	700 Pkw: 650 Krad: 50

* wegen des fehlerhaften Verhaltens der Verkehrs-Zähleinrichtung wurden frühere Datensätze verworfen

3.3.4 Messpunkt Leopoldshafen – L 559 Mitte

	Messzeitraum	Datensätze Richtung Leopoldshafen	Datensätze Richtung Rheinfähre
Verkehrsmesssystem	Sa, 30.05.2009, 10:00-18:30	950	0
Beobachtete Messungen (LUBW)	Sa, 30.05.2009, 10:00-18:30	400 Pkw: 300 Krad: 100	0

3.3.5 Messpunkt Leopoldshafen – Rheindamm

	Messzeitraum	Datensätze Richtung Leopoldshafen	Datensätze Richtung Rheinfähre
Verkehrsmesssystem	So, 17.05.2009, 09:00-17:00	1.600	1.600
Beobachtete Messungen (LUBW)	So, 17.05.2009, 09:00-17:00	400 Pkw: 250 Krad: 150	450 Pkw: 300 Krad: 150

3.3.6 Gesamtzahl der Datensätze

	Datensätze gesamt (alle Kfz)	Datensätze Pkw	Datensätze Krad
Verkehrsmesssystem	109.000		
Messstation (ACCON)		12.000	1.100
Beobachtete Messungen (LUBW)		3.200	800

Für die verkehrstechnischen Auswertungen liegen über 100.000 Datensätze vor. Auswertbare Datensätze mit akustischen Parametern aus unbeobachteten Messungen liegen für über 13.000 Vorbeifahrten (davon über 1.000 Motorradvorbeifahrten) vor, aus beobachteten Messungen für etwa 4.000 Vorbeifahrten (davon etwa 800 Motorradvorbeifahrten). Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass die vorliegende Untersuchung auf einer sehr breiten Datenbasis beruht.

4 Ergebnisse

4.1 Verkehrserfassung

4.1.1 Verkehrsmengen

Details zu den aus den Zählungen des Verkehrsmesssystems ermittelten Verkehrsmengen sind in Anlage 2 in Diagrammen und Tabellen der Tages- und Wochengänge dargestellt.

Auf der L 83 bei Herrenwies ergab sich demnach eine DTV von etwa 1.500 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil von 4 %. Der Krad-Anteil lag gemittelt über den gesamten Tag bei etwa 24 %. Während der Krad-Anteil für die gesamte Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) lediglich 4 % betrug, stieg er tags zwischen 10.00 und 22.00 Uhr auf Werte zwischen 20 % und 33 %, d.h. jedes dritte bis fünfte Fahrzeug war ein Krad.

Auf der B 32 bei Gammertingen ergab sich eine DTV von etwa 4.600 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil von 7 %. Der Krad-Anteil lag gemittelt über den gesamten Tag bei etwa 7 %. Auffällig ist dabei, dass deutlich mehr Motorräder in Richtung Hettingen verkehrten als in umgekehrter Richtung. Der Krad-Anteil für die gesamte Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) betrug 6 %, für den Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) 7 %.

Auf der L 559 bei Leopoldshafen ergab sich eine DTV von etwa 4.300 Kfz/24h und ein Lkw-Anteil kleiner 1 %. Der Krad-Anteil lag gemittelt über den gesamten Tag bei 25 %, d.h. jedes vierte Fahrzeug war ein Krad. Während der Krad-Anteil für die gesamte Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) immerhin noch 9 % betrug, stieg er tags zwischen 09.00 und 20.00 Uhr auf Werte zwischen 15 % und 38 %.

Die Tagesgänge zeigen für alle Messpunkte einen weitgehend typischen Verlauf mit der bekannten Verkehrsspitze am Nachmittag.

Am Messpunkt Gammertingen (B 32) zeigt auch der Wochengang einen weitgehend typischen Verlauf mit den bekannten Verkehrsspitzen am Montag und Freitag. Hingegen weist der Wochengang in Herrenwies (L 83) den Sonntag als besonders verkehrsstarken Tag aus – sowohl für Pkw als auch für Motorräder.

Anmerkung:

wegen der kurzen Aufstellungsdauer des Verkehrsmesssystems konnte in Leopoldshafen kein Wochengang ermittelt werden.

4.1.2 Geschwindigkeiten

Details zu den Geschwindigkeitsmessungen des Seitenradargeräts sind in Anlage 3 in Diagrammen dargestellt, in denen die Geschwindigkeitsverteilung getrennt für Pkw und Motorräder in jeweils zwei Blättern abgebildet ist (detailliert in 1-km/h-Klassen bzw. als Überblick in 10-km/h-Klassen).

Es zeigte sich, dass auf der L 83 in Richtung Herrenwies die Motorräder im Durchschnitt nur geringfügig schneller als die Pkw gefahren sind (67 bzw. 66 km/h), während in der Gegenrichtung nach Sand der Unterschied fast 10 km/h betrug (74 bzw. 65 km/h).

Auf der B 32 waren Motorräder und Pkw im Mittel etwa gleich schnell (Richtung Hettingen: 74 bzw. 77 km/h; Richtung Gammertingen: 79 bzw. 78 km/h), ebenso auf der L 559 (63 bzw. 66 km/h).

Auf der L 559 fällt eine Gruppe von Krafträdern auf, die mit langsamer Geschwindigkeit (15 bis 30 km/h) den Messpunkt passierten (vermutlich Mofas). Sie lässt sich auch bei den anderen Messpunkten erkennen, allerdings weitaus weniger auffällig.

Allgemein kann festgestellt werden, dass die Verteilung der Fahrzeuggeschwindigkeiten bei Pkw deutlich weniger streut als bei den Motorrädern. Insbesondere die hohen Geschwindigkeiten (hier über 90 km/h) werden offensichtlich häufiger von Motorrädern als von Pkw gefahren.

4.2 Zeit-Verlauf der Messwerte in 15-Minuten Intervallen

Auftragsgemäß wird der von der Messstation aufgezeichnete Zeitverlauf des L_{Aeq} mit einer Auflösung von 15 min in Anlage 4 dargestellt. Ferner ist in den Diagrammen der L_{95} (hier: Hintergrundgeräusch) zur Information eingetragen. Zusätzliche Diagramme zeigen die meteorologischen Bedingungen während der Messungen (Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Niederschlag).

Zum Pegelverlauf ist anzumerken, dass hier nicht nur die Geräusche der zu messenden Fahrbahn (7.5 m Abstand) sondern auch die der Gegenfahrbahn sowie ggf. Nebengeräusche enthalten sind. Die Diagramme sind dennoch bedeutsam, z.B. zur Identifizierung von Regenperioden oder starkem Wind, da in diesen Fällen die Messwerte verworfen werden müssen.

Die Diagramme zeigen u.a., dass das Grundgeräusch nachts in Herrenwies bei etwa 27 dB(A) liegt, in Gammertingen zwischen 35 und 40 dB(A).

Lange Regenphasen waren v.a. in der ersten Messwoche in Herrenwies zu verzeichnen, während sonst kaum Niederschlag gefallen ist. Die Windgeschwindigkeiten lagen in aller Regel unter 3 m/s.

4.3 Emissionspegel

4.3.1 Einzelereignispegel L_{T0}

Zunächst wurden aus den gemessenen Pegel-Zeitverläufen $L_{AF}(t)$ der Vorbeifahrten die Einzelereignispegel L_{T0} (mitunter auch als SEL bezeichnet) gemäß DIN 45642 gebildet. Sie dienen zur späteren Berechnung der Emissionspegel $L_{m,E}$.

4.3.2 Maximalpegel L_{AFmax}

Daneben wurden auch die Spitzenpegel L_{AFmax} der Vorbeifahrten direkt aus den Messreihen entnommen. Auch aus diesen Werten kann der Emissionspegel $L_{m,E}$ berechnet werden.

Der Auswertung der beobachteten Messungen (Anlage 5) liegen knapp 4.100 Datensätze zugrunde. Diese umfassen etwa 3.300 Pkw-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 11 und 139 km/h sowie etwa 800 Motorrad-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 14 und 157 km/h (vgl. Anlage 5.5).

Im Diagrammen in Anlage 5.4 sind die Maximalpegel aller ausgewerteten Vorbeifahrten über der Geschwindigkeit zusammengefasst dargestellt. Es zeigt sich, dass im Mittel die Maximalpegel von Motorrädern etwa 1 bis 2 dB über denen der Pkw liegen. Die einzelnen Maximalpegel streuen allerdings bei den Motorrädern weitaus stärker als bei den Pkw, insbesondere waren einige besonders laute Motorräder zu verzeichnen, deren Maximalpegel weit über der Regressionsgeraden liegen.

4.3.3 Emissionspegel $L_{m,E}$

Aus den Einzelereignispegeln L_{T0} wurde der Emissionspegel $L_{m,E}$ gemäß DIN 45642 ermittelt. Die Auswertung erfolgte getrennt für Pkw und Motorräder und zunächst getrennt für jeden Messpunkt bzw. jede Fahrtrichtung.

In den Diagrammen in Anlage 5 (beobachtete Messungen) und Anlage 6 (automatisierte Messungen) sind die Emissionspegel aller ausgewerteten Vorbeifahrten über der Geschwindigkeit dargestellt. In diese Diagramme wurde zur Information auch der Emissionspegel eingetragen, der sich rechnerisch nach RLS-90 für 1 Pkw/h (0 % Lkw-Anteil, $D_{Stg} = 0$, $D_{Str0} = 0$) bei der jeweiligen Geschwindigkeit ergibt. So ist neben dem Vergleich der Emissionspegel von Pkw und Motorrädern auch ein Vergleich mit den Rechenwerten der RLS-90 möglich.

Der Auswertung der beobachteten Messungen (Anlage 5) liegen knapp 4.100 Datensätze zugrunde. Diese umfassen etwa 3.300 Pkw-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 11 und 139 km/h sowie etwa 800 Motorrad-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 14 und 157 km/h (vgl. Anlage 5.5).

In den Diagrammen Anlage 5.1–.3 sind die Emissionspegel aller ausgewerteten Vorbeifahrten über der Geschwindigkeit zusammengefasst dargestellt.

Es zeigt sich, dass bei gleichen Geschwindigkeiten die Emissionspegel von Motorrädern und Pkw im Mittel gleich hoch sind (Anlage 5.1). Die einzelnen Emissionspegel streuen allerdings bei den Motorrädern weiter als bei den Pkw (Anlage 5.2. Anlage 5.3). Während bei den Pkw die Verteilung fast symmetrisch um die Regressionsgerade liegt (Anlage 5.3), kann bei den Motorrädern eine Asymmetrie festgestellt werden, bei der die Mehrzahl der Motorräder einen Emissionspegel unterhalb der Regressionsgeraden aufweist, aber eine geringe Anzahl mit teilweise sehr hohen Emissionspegeln vereinzelt weit über der Regressionsgeraden liegt (Anlage 5.2).

Nebenbei kann auch festgestellt werden, dass die Regressionsgeraden der Emissionspegel sowohl für Motorräder als auch für Pkw sehr gut mit den Rechenwerten nach RLS-90 übereinstimmt.

Zusätzliche Informationen zu den Emissionspegeln an den einzelnen Messpunkten und getrennt nach Fahrrichtungen können weiteren Diagrammen in Anlage 5.6–.26 entnommen werden.

Der Auswertung der automatisierten Messungen (Anlage 6) liegen etwa 13.200 Datensätze zugrunde. Diese umfassen etwa 12.100 Pkw-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 22 und 146 km/h sowie etwa 1.100 Motorrad-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 23 und 158 km/h (vgl. Anlage 6.4).

In den Diagrammen Anlage 6.1–.3 sind die Emissionspegel aller ausgewerteten Vorbeifahrten über der Geschwindigkeit zusammengefasst dargestellt.

Es zeigt sich, dass bei gleichen Geschwindigkeiten die Emissionspegel von Motorrädern und Pkw im Mittel etwa gleich hoch sind, zu höheren Geschwindigkeiten liegen die Emissionspegel der Motorräder um bis zu 1 dB unter denen der Pkw (Anlage 6.1). Die einzelnen Emissionspegel streuen bei den Motorrädern etwas stärker als bei den Pkw (Anlage 6.2. Anlage 6.3). Bei den Motorrädern kann eine leichte Asymmetrie festgestellt werden, bei der ein Teil der Motorräder einen Emissionspegel in einem begrenzten Bereich unterhalb der Regressionsgeraden aufweist, aber der andere Teil mit teilweise sehr hohen Emissionspegeln vereinzelt weit über der Regressionsgeraden liegt (Anlage 6.2).

Nebenbei kann auch festgestellt werden, dass die Regressionsgeraden der Emissionspegel für Motorräder gut mit den Rechenwerten nach RLS-90 übereinstimmt. Die Abweichung beträgt zwischen -1 und +1 dB. Auch die Regressionsgerade der Emissionspegel für Pkw deckt sich recht gut mit den Rechenwerten nach RLS-90. Die Abweichung beträgt lediglich 1 dB.

Zusätzliche Informationen zu den Emissionspegeln an den einzelnen Messpunkten und getrennt nach Fahrrichtungen können weiteren Diagrammen in Anlage 6.5–.16 entnommen werden.

In den Diagrammen in Anlage 7.1–8 ist die Häufigkeitsverteilung der vorgefundenen Geschwindigkeiten in verschiedenen Emissionspegel-Bereichen dargestellt.

In Anlage 7.1 sind zunächst noch alle etwa 13.200 Datensätze der automatisierten Messungen berücksichtigt. Diese umfassen etwa 12.100 Pkw-Vorbeifahrten mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 77 km/h sowie etwa 1.100 Motorrad-Vorbeifahrten mit einer geringfügig höheren Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/h. Es zeigt sich, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten bei Pkw in einem schmäleren Bereich (hier 50 bis 110 km/h) als die Motorräder (hier: 30 bis 120 km/h) liegen.

Bei annähernd gleichem Emissionspegel von 25 bis 30 dB(A) sind Motorräder im Durchschnitt 7 km/h schneller als Pkw (Anlage 7.3), im Bereich von 30 bis 35 dB(A) im Durchschnitt noch 5 km/h schneller (Anlage 7.4). Bei den höheren Emissionspegeln, z.B. im Bereich von 35 bis 40 dB(A) und im Bereich von 40 bis 45 dB(A), sind langsame Motorräder häufiger zu beobachten als langsame Pkw. Jedoch sind auch schnelle Motorräder häufiger zu beobachten als schnelle Pkw (Anlage 7.5–6). Bei den höchsten Emissionspegeln im Bereich von 45 bis 55 dB(A) sind zwar Pkw und Motorrädern zu finden, allerdings ist der relative Anteil der Motorräder gegenüber den Pkw hier besonders hoch (38%) und die Geschwindigkeit der Motorräder dabei im Durchschnitt 33 km/h größer als die der Pkw.

In den Diagrammen in Anlage 7.9–15 ist die Häufigkeitsverteilung der vorgefundenen Emissionspegel in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen dargestellt.

In Anlage 7.9 sind zunächst noch alle etwa 13.200 Datensätze der automatisierten Messungen berücksichtigt. Diese umfassen etwa 12.100 Pkw-Vorbeifahrten mit einem durchschnittlichen Emissionspegel von 35,1 dB(A) sowie etwa 1.100 Motorrad-Vorbeifahrten mit einem nur geringfügig niedrigeren Emissionspegel von 34,7 dB(A). Es zeigt sich, dass die leisen Vorbeifahrten mit Emissionspegeln unter 33 dB(A) der Motorradanteil höher ist als bei den lauten Vorbeifahrten mit Emissionspegeln von 33 bis 39 dB(A), in dem der Pkw Anteil höher liegt. Erst bei Emissionspegeln über 39 dB(A) ist der Motorradanteil wieder höher, allerdings bei einer geringen absoluten Anzahl von Vorbeifahrten.

In einem Geschwindigkeitsbereich um 70 km/h (65 bis 75 km/h) (Anlage 7.10) weisen Motorräder im Durchschnitt einen um 1 dB(A) niedrigeren Emissionspegel auf als Pkw, der allerdings auch deutlich weiter streut. Gleiches gilt für den Bereich um 80 km/h (75 bis 85 km/h) (Anlage 7.11) und um 90 km/h (85 bis 95 km/h) (Anlage 7.12). In einem Geschwindigkeitsbereich um 100 km/h (95 bis 105 km/h) (Anlage 7.13) und um 110 km/h (105 bis 115 km/h) (Anlage 7.14) weisen Motorräder im Durchschnitt noch einen um etwa 0,5 dB(A) niedrigeren Emissionspegel auf als Pkw, der allerdings auch hier deutlich weiter streut.

4.3.4 Regressionsberechnung $L_{m,E}$

Die Regressionsgeraden aus den Diagrammen in Anlage 5 und Anlage 6 sind in Anlage 8 nochmals zusammen gestellt – jedoch ohne die Darstellung der einzelnen Datenpunkte der Vorbeifahrten. Eine tabellarische Gegenüberstellung der Regressionskoeffizienten findet sich in Anlage 8.14.

Der Auswertung der beobachteten Messungen (Anlage 8.1) liegen knapp 4.100 Datensätze zugrunde. Diese umfassen etwa 3.300 Pkw-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 11 und 139 km/h sowie etwa 800 Motorrad-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 14 und 157 km/h. Es zeigt sich, dass im Mittel die Emissionspegel von Motorrädern und Pkw gleich hoch sind, unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit. Nebenbei kann auch festgestellt werden, dass die Regressionsgeraden der Emissionspegel sowohl für Motorräder als auch für Pkw sehr gut mit den Rechenwerten nach RLS–90 überein stimmt.

Die Regressionsgeraden der Emissionspegel an den einzelnen Messpunkten getrennt nach Fahrrichtungen können weiteren Diagrammen in Anlage 8.2–.8 entnommen werden. Die Diagramme unterscheiden sich durchaus, was mit den je nach Messpunkt und Fahrrichtung unterschiedlichen Verkehrssituationen begründet werden kann. Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass die Motorräder in der Regel einen niedrigeren oder gleich hohen Emissionspegel aufweisen wie die Pkw.

Der Auswertung der automatisierten Messungen (Anlage 8.9) liegen etwa 13.200 Datensätze zugrunde. Diese umfassen etwa 12.100 Pkw-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 22 und 146 km/h sowie etwa 1.100 Motorrad-Vorbeifahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 23 und 158 km/h. Es zeigt sich, dass im Mittel die Emissionspegel von Motorrädern und Pkw etwa gleich hoch sind, zu höheren Geschwindigkeiten liegen die Emissionspegel der Motorräder um bis zu 1 dB unter denen der Pkw. Nebenbei kann auch festgestellt werden, dass die Regressionsgeraden der Emissionspegel für Motorräder gut mit den Rechenwerten nach RLS-90 überein stimmt. Die Abweichung beträgt zwischen -1 und +1 dB. Auch die Regressionsgerade der Emissionspegel für Pkw deckt sich recht gut mit den Rechenwerten nach RLS-90. Die Abweichung beträgt lediglich 1 dB.

Die Regressionsgeraden der Emissionspegel an den einzelnen Messpunkten getrennt nach Fahrrichtungen können weiteren Diagrammen in Anlage 8.10–.13 entnommen werden. Die Diagramme unterscheiden sich durchaus, was mit den je nach Messpunkt und Fahrrichtung unterschiedlichen Verkehrssituationen begründet werden kann. Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass die Motorräder in der Regel einen niedrigeren oder gleich hohen Emissionspegel aufweisen wie die Pkw.

Weitere grafische Gegenüberstellungen der Regressionsgeraden finden sich in Anlage 8.14–.19, auf die im vorliegenden Bericht jedoch nicht näher eingegangen wird.

4.4 Frequenzzusammensetzung

4.4.1 Auswahl

Für die folgenden Analysen im Frequenzbereich wurden aus der Vielzahl der vorliegenden Datensätze besonders markante Vorbeifahrten ausgewählt.

Die erste Gruppe umfasst Vorbeifahrten mit besonders niedrigen Emissionspegeln. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $L_{m,E} \leq 28$ dB(A) enthalten (siehe Anlage 9.1). Es handelt sich um 16 Motorräder mit Geschwindigkeiten zwischen 43 und 72 km/h sowie 19 Pkw mit Geschwindigkeiten zwischen 35 und 71 km/h.

Die zweite Gruppe umfasst Vorbeifahrten mit besonders hohen Emissionspegeln. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $L_{m,E} \geq 40$ dB(A) enthalten (siehe Anlage 9.2). Es handelt sich um 27 Motorräder mit Geschwindigkeiten zwischen 69 und 139 km/h sowie 9 Pkw mit Geschwindigkeiten zwischen 90 und 128 km/h.

Die dritte Gruppe umfasst Vorbeifahrten im Geschwindigkeitsbereich um 100 km/h. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $95 \text{ km/h} \leq v \leq 105 \text{ km/h}$ enthalten (siehe Anlage 9.3). Es handelt sich um 25 Motorräder mit Emissionspegeln zwischen 31 und 41 dB(A) sowie 42 Pkw mit Emissionspegeln zwischen 32 und 42 dB(A).

4.4.2 Spektren

Bei den beobachteten Messungen wurden die Terzpegel $L_{Aeq}(f)$ mit einer zeitlichen Auflösung von 0,1 s aufgezeichnet. Für die folgenden Auswertungen wurden jeweils die Spektren der Vorbeifahrten zum Zeitpunkt der Pegelspitze herangezogen und gemittelt. In Anlage 10 finden sich drei Diagramme der Spektren (für niedrige Emissionspegel, hohe Emissionspegel und den Geschwindigkeitsbereich 100 km/h) und eine korrespondierende Tabelle.

Die Spektren für die Gruppe der Vorbeifahrten mit niedrigem Emissionspegel $L_{m,E} \leq 28$ dB(A) sind in Anlage 10.1 abgebildet. Das Spektrum der Pkw weist ein Maximum bei ca. 1 kHz auf. Unterhalb von 400 Hz und über 4 kHz liegen die Terzpegel bereits mehr als 10 dB unter dem Maximum. Das Spektrum der Motorräder weist ein Hauptmaximum bei 1,25 kHz auf und ein Nebenmaximum bei 100 Hz, dessen Terzpegel 5 dB unter dem des Hauptmaximums liegt. Der Frequenzgang ist flacher als bei den Pkw. Erst unter 63 Hz und über 12,5 kHz liegen die Terzpegel mehr als 10 dB unter dem Maximum.

Die Spektren für die Gruppe der Vorbeifahrten mit hohem Emissionspegel $L_{m,E} \geq 40$ dB(A) sind in Anlage 10.2 abgebildet. Das Spektrum der Pkw weist ein Maximum bei ca. 1 kHz auf. Unterhalb von 400 Hz und über 4 kHz liegen die Terzpegel bereits mehr als 10 dB unter dem Maximum, einschließlich des Nebenmaximums bei 125 Hz. Insofern unterscheidet sich das Spektrum nur geringfügig von dem Spektrum der Pkw mit niedrigen Emissionspegeln. Das Spektrum der Motorräder weist kein ausgeprägtes Maximum auf, sondern mehrere bei 250 Hz, 630 Hz und 2,5 kHz. Der Frequenzgang ist flacher als bei den Pkw. Zwischen 125 Hz und 4 kHz unterscheiden sich die Terzpegel um weniger als 5 dB. Erst unter 80 Hz und über 10 kHz liegen die Terzpegel mehr als 10 dB unter dem Maximum.

Die Spektren für die Gruppe der Vorbeifahrten um 100 km/h sind in Anlage 10.3 abgebildet. Das Spektrum der Pkw weist ein Maximum bei ca. 1 kHz auf. Unterhalb von 500 Hz und über 4 kHz liegen die Terzpegel bereits mehr als 10 dB unter dem Maximum, einschließlich des Nebenmaximums bei 125 Hz. Insofern unterscheidet sich das Spektrum nur geringfügig von dem Spektrum der Pkw mit hohen Emissionspegeln. Das Spektrum der Motorräder weist zwei Maxima bei 160 Hz und 1,6 kHz auf. Der Frequenzgang ist flacher als bei den Pkw. Erst unter 80 Hz und über 8 kHz liegen die Terzpegel mehr als 10 dB unter den Maxima.

4.4.3 Spektrogramme

Spektrogramme liegen für 135 Vorbeifahrten auf CD-ROM vor. Im ersten Teil finden sich die Pkw-Vorbeifahrten (Anlage 11.1–.69), im zweiten die Motorrad-Vorbeifahrten (Anlage 11.70–11.135), die jeweils nach Geschwindigkeit in aufsteigender Reihenfolge sortiert sind.

Im vorliegenden Dokument sind in Anlage 11 zwölf charakteristische Spektrogramme enthalten. Bei der Auswahl wurden vergleichbare Motorrad- und Pkw-Vorbeifahrten ausgesucht, deren Geschwindigkeiten sich jeweils um höchstens 2 % unterscheiden und deren Emissionspegel $L_{m,E}$ jeweils höchstens 0,2 dB voneinander abweichen. Aus jeder der drei Gruppen (niedrige Emissionspegel, hohe Emissionspegel und den Geschwindigkeitsbereich 100 km/h) wurden zwei Vergleichsbeispiele gewählt. Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht.

Gruppe	Pkw	Motorrad
Vorbeifahrten mit niedrigen Emissionspegeln	$L_{m,E} = 26,2 \text{ dB(A)}$ $v = 46 \text{ km/h}$ Anlage 11.7	$L_{m,E} = 26,3 \text{ dB(A)}$ $v = 46 \text{ km/h}$ Anlage 11.73
	$L_{m,E} = 27,6 \text{ dB(A)}$ $v = 51 \text{ km/h}$ Anlage 11.11	$L_{m,E} = 27,5 \text{ dB(A)}$ $v = 50 \text{ km/h}$ Anlage 11.76
Vorbeifahrten um 100 km/h	$L_{m,E} = 33,9 \text{ dB(A)}$ $v = 96 \text{ km/h}$ Anlage 11.30	$L_{m,E} = 33,7 \text{ dB(A)}$ 96 km/h Anlage 11.101
	$L_{m,E} = 34,1 \text{ dB(A)}$ $v = 104 \text{ km/h}$ Anlage 11.61	$L_{m,E} = 34,4 \text{ dB(A)}$ $v = 104 \text{ km/h}$ Anlage 11.119
Vorbeifahrten mit hohen Emissionspegeln	$L_{m,E} = 40,4 \text{ dB(A)}$ $v = 115 \text{ km/h}$ Anlage 11.65	$L_{m,E} = 40,2 \text{ dB(A)}$ 113 km/h Anlage 11.125
	$L_{m,E} = 41,2 \text{ dB(A)}$ $v = 118 \text{ km/h}$ Anlage 11.66	$L_{m,E} = 41,1 \text{ dB(A)}$ $v = 117 \text{ km/h}$ Anlage 11.127

Die Spektrogramme für die Gruppe der Vorbeifahrten mit niedrigem Emissionspegel $L_{m,E} \leq 28 \text{ dB(A)}$ weisen keine auffälligen Unterschiede zwischen Pkw und Motorrädern auf. Bei den Motorrädern kann ein etwas breitbandigeres Spektrum erkannt werden.

Deutlicher wird der Unterschied bei den Spektrogrammen für die Gruppe der Vorbeifahrten um 100 km/h. Die Geräusche der Pkw liegen hauptsächlich im Bereich 500 Hz bis 2 kHz, lediglich während eines kurzen Zeitraums von 1 bis 2 s bei der Vorbeifahrt am Messpunkt weitet sich der Bereich auf 100 Hz bis 10 kHz auf, und ein Maximum entsteht um 1 kHz. Hingegen liegt das Geräusch der Motorräder über einen längeren Zeitraum der Vorbeifahrt im Bereich 100 Hz bis 4 kHz – allerdings ohne eine ausgeprägte Spitze.

Am deutlichsten sichtbar werden die Unterschiede bei den Spektrogrammen für die Gruppe der Vorbeifahrten mit hohem Emissionspegel $L_{m,E} \geq 40 \text{ dB(A)}$. Das Spektrum der Pkw weist ein deutliches Maximum bei ca. 1 bis 2 kHz auf. Vor und nach dem Passieren des Pkw am Messpunkt sinkt sowohl der Pegel als auch die Bandbreite des Geräusches deutlich. Das Spektrum der Motorräder weist kein ausgeprägtes Maximum auf, sondern eine ganze Reihe von Maxima. Vor und nach dem Passieren des Motorrads am Messpunkt sinkt die Bandbreite des Geräusches weniger stark als bei Pkw.

4.5 Psychoakustische Parameter

4.5.1 Psychoakustik

Die Psychoakustik beschreibt den Zusammenhang zwischen der menschlichen Empfindung von Schall als Hörereignis und den physikalischen Schallfeldgrößen als Schallereignis. Sie untersucht das Verhältnis von objektiv-physikalischem Reiz (Schallwellen) zum wahrgenommenen Eindruck beim Menschen. Typische psychoakustische Empfindungsgrößen sind z.B. Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, Schwankungsbreite, Tonhöhe, Tonhaltigkeit, Impulshaltigkeit und Klangfarbe.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Parameter Lautheit, Schärfe und Rauigkeit analysiert.

Die Lautheit ist eine Hörempfindung, die auf einer Skala "leise – laut" eingestuft wird. Ihre Einheit ist *son*. Einem Sinuston mit der Frequenz 1 kHz und einem Schalldruckpegel 40 dB ist per Definition die Lautheit 1 *son* zugeordnet [4] [5] [6]. Eine Verdopplung bzw. Halbierung der Lautheit entspricht einer Verdopplung bzw. Halbierung der Hörempfindung.

Die Rauigkeit ist eine Hörempfindung, die auf einer Skala "glatt – rau" eingestuft wird. Sie wird z.B. durch rasche Amplitudenschwankungen des Schallsignals hervorgerufen [4]. Ihre Einheit ist *asper*. Einem Sinuston mit der Frequenz 1 kHz und einem Schalldruckpegel 60 dB, der mit einer Frequenz von 70 Hz und einem Modulationsgrad von 1 amplitudenmoduliert ist, wird per Definition die Rauigkeit 1 *asper* zugeordnet. Eine Verdopplung bzw. Halbierung der Rauigkeit entspricht einer Verdopplung bzw. Halbierung der Hörempfindung. Als Beispiele für besonders raue Geräusche können das Summen eines elektrischen Rasierapparats, das röhrende Motorengeräusch eines Sportwagens, das gesprochene "rollende R" und das Brüllen eines Löwen genannt werden.

Die Schärfe ist eine Hörempfindung, die durch hochfrequente Anteile im Geräusch verursacht wird. Ihre Einheit ist *acum*. Einem Schmalbandrauschen bei der Frequenz 1 kHz und einem Schalldruckpegel 60 dB ist per Definition die Schärfe 1 *acum* zugeordnet [8] [9]. Eine Verdopplung bzw. Halbierung der Schärfe entspricht einer Verdopplung bzw. Halbierung der Hörempfindung. Als Beispiele für besonders scharfe Geräusche können das Zirpen einer Zikade, das Schreien eines Babys, das Bremsenquietschen einer Bahn, das Quietschen einer Kreide auf einer Tafel, das Öffnen eines Druckluftventils oder das Staubsaugen genannt werden.

4.5.2 Auswertung

Für die psychoakustischen Analysen wurden aus der Vielzahl der vorliegenden Datensätze besonders markante Vorbeifahrten ausgewählt (vgl. Kap. 4.4.1).

Die erste Gruppe umfasst Vorbeifahrten mit besonders niedrigen Emissionspegeln. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $L_{m,E} \leq 28$ dB(A) enthalten (siehe Anlage 9.1). Es handelt sich um 16 Motorräder mit Geschwindigkeiten zwischen 43 und 72 km/h sowie 19 Pkw mit Geschwindigkeiten zwischen 35 und 71 km/h.

Die zweite Gruppe umfasst Vorbeifahrten mit besonders hohen Emissionspegeln. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $L_{m,E} \geq 40$ dB(A) enthalten (siehe Anlage 9.2). Es handelt sich um 27 Motorräder mit Geschwindigkeiten zwischen 69 und 139 km/h sowie 9 Pkw mit Geschwindigkeiten zwischen 90 und 128 km/h.

Die dritte Gruppe umfasst Vorbeifahrten im Geschwindigkeitsbereich um 100 km/h. Hier sind alle Datensätze der beobachteten Messungen mit $95 \text{ km/h} \leq v \leq 105 \text{ km/h}$ enthalten (siehe Anlage 9.3). Es handelt sich um 25 Motorräder mit Emissionspegeln zwischen 31 und 41 dB(A) sowie 42 Pkw mit Emissionspegeln zwischen 32 und 42 dB(A).

Zur Auswertung wurden die bei den beobachteten Messungen aufgezeichneten Audiodaten herangezogen.

Um eine gute Vergleichbarkeit zu erreichen, wurden die Aufzeichnungen so zugeschnitten, dass sie sich auf einen konstanten Streckenabschnitt beginnend 30 m vor und endend 30 m nach dem Mikrofon, also auf insgesamt 60 m Weglänge beziehen. Dazu wurde die Mikrofonposition mit dem Pegelmaximum der Vorbeifahrt gleichgesetzt, das geschwindigkeitsabhängige Zeitfenster für 60 m Weglänge berechnet und das Zeitsignal symmetrisch zum Pegelmaximum geschnitten.

Für gleiche Geschwindigkeiten ergeben sich folglich auch immer gleiche Zeitfenster und somit auch vergleichbare Werte für Lautheit, Rauigkeit und Schärfe, was für den direkten Vergleich von Pkw und Motorrädern im Vordergrund steht. Überdies besitzen aber auch unterschiedliche Geschwindigkeiten den immer gleichen Bezugswert von 60 m Vorbeifahrtstrecke.

Die Auswertung erfolgte auf Basis dieser geschnittenen Zeitdaten mit dem EDV-Programm ArtemiS [9], das die Lautheit nach DIN 45631 A1 [5] [6] berechnet, die Rauigkeit nach Aures und die Schärfe nach DIN 45692 [8].

Die Ergebnisse finden sich in Anlage 12.

4.5.3 Lautheit

Der Vergleich der Lautheit der untersuchten Vorbeifahrten erfolgt zum einen durch die maximale Lautheit der Vorbeifahrt N_{\max} und zum anderen durch das 5 % Perzentil der Lautheit N_5 . In Anlage 12.1–4 sind die Auswertungsergebnisse grafisch dargestellt.

Es zeigt sich deutlich, dass bei gleichem Emissionspegel $L_{m,E}$ Motorräder eine höhere Lautheit aufweisen als Pkw (Anlage 12.1/.3). Der Unterschied beträgt bei niedrigen Emissionspegeln etwa 10 sone (+50 %) und bei höheren Emissionspegeln etwa 20 sone (+40%).

Weiter zeigt sich klar, dass bei gleicher Geschwindigkeit Motorräder eine höhere Lautheit aufweisen als Pkw (Anlage 12.2/.4). Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst die Lautheit sowohl bei Motorrädern als auch bei Pkw an, wobei auch der Unterschied zwischen Pkw und Motorrädern ansteigt. Er beträgt bei 50 km/h etwa 5 bis 10 sone (+20 %) und bei 100 km/h etwa 20 sone (+50 %).

Darüber hinaus kann in Anlage 12.1 abgelesen werden, dass bei gleicher Lautheit Pkw einen um etwa 4 dB(A) höheren Emissionspegel aufweisen als Motorräder.

4.5.4 Rauigkeit

Der Vergleich der Rauigkeit der untersuchten Vorbeifahrten erfolgt zum einen durch die maximale Rauigkeit der Vorbeifahrt R_{\max} und zum anderen durch den Mittelwert der Rauigkeit R_m . In Anlage 12.5–8 sind die Auswertungsergebnisse grafisch dargestellt.

Es zeigt sich, dass bei gleichem Emissionspegel $L_{m,E}$ Motorräder und Pkw im Mittel keine oder nur geringe Unterschiede in der Rauigkeit aufweisen (Anlage 12.5/.7). Bei höheren Emissionspegeln streut die Rauigkeit der Motorräder allerdings sehr stark und es finden sich einzelne Motorräder mit auffallend hoher Rauigkeit.

Weiter zeigt sich, dass bei gleicher Geschwindigkeit Motorräder und Pkw im Mittel keine oder nur geringe Unterschiede in der Rauigkeit aufweisen (Anlage 12.6/.8). Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst die Rauigkeit sowohl bei Pkw als auch bei Motorrädern. Auffällig sind einzelne Motorräder mit besonders hoher Rauigkeit, die aber nicht im Zusammenhang mit extremen Geschwindigkeiten stehen, sondern im Bereich zwischen 70 und 100 km/h zu finden sind. Pkw mit auffallend hoher Rauigkeit sind hingegen nicht zu verzeichnen.

4.5.5 Schärfe

Der Vergleich der Schärfe der untersuchten Vorbeifahrten erfolgt zum einen durch die maximale Schärfe der Vorbeifahrt S_{\max} und zum anderen durch den Mittelwert der Schärfe S_m . In Anlage 12.9–.12 sind die Auswertungsergebnisse grafisch dargestellt.

Es ist allerdings kein Zusammenhang zwischen Schärfe, Kfz-Typ und Geschwindigkeit zu erkennen. Bei gleichem Emissionspegel $L_{m,E}$ finden sich sowohl Motorräder als auch Pkw mit besonders hoher Schärfe und ebenso mit besonders niedriger Schärfe (Anlage 12.9/.11). Ebenso finden sich bei gleicher Geschwindigkeit sowohl Motorräder als auch Pkw mit besonders hoher Schärfe und ebenso mit besonders niedriger Schärfe (Anlage 12.10/.12).

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Datenbasis

Dieser Untersuchung liegen über 13.000 Vorbeifahrten (davon über 1.000 Motorradvorbeifahrten) aus unbeobachteten Messungen und etwa 4.000 Vorbeifahrten (davon etwa 800 Motorradvorbeifahrten) aus beobachteten Messungen zugrunde. Damit beruht die Untersuchung auf einer sehr breiten Datenbasis.

5.2 Messtechnisch ermittelte Emissionspegel $L_{m,E}$

Die Schallabstrahlung einer Straße bzw. eines Fahrzeugs wird durch den Emissionspegel $L_{m,E}$ beschrieben, der sich über eine Stunde gemittelt in 4 m Höhe und 25 m Abstand von der Schallquelle bei freier Schallausbreitung ergibt. Er kann durch Messung (z.B. nach DIN 45642) oder durch Berechnung (z.B. nach RLS-90) ermittelt werden. Nach RLS-90 berechnen sich für 1 Pkw in einer Stunde Emissionspegel zwischen 37 dB(A) bei 30 km/h und 43 dB(A) bei 130 km/h. Motorräder werden nach RLS-90 nicht gesondert erfasst, sondern wie Pkw behandelt.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass bei gleichen Geschwindigkeiten die Emissionspegel von Motorrädern und Pkw im Mittel etwa gleich hoch sind. Die Emissionspegel streuen allerdings bei den Motorrädern weiter als bei den Pkw. Während bei den Pkw die Verteilung fast symmetrisch um die Regressionsgerade liegt, kann bei den Motorrädern eine Asymmetrie festgestellt werden, bei der die Mehrzahl der Motorräder Emissionspegel unterhalb der Regressionsgeraden aufweist, aber eine geringe Anzahl mit teilweise sehr hohen Emissionspegel vereinzelt weit über der Regressionsgeraden liegt.

Bei den leisen Vorbeifahrten mit Emissionspegeln unter 33 dB(A) liegt der relative Motorradanteil höher als bei den lauten Vorbeifahrten mit Emissionspegeln von 33 bis 39 dB(A), in dem der Pkw-Anteil höher liegt. Erst bei Emissionspegeln über 39 dB(A) ist der Motorradanteil wieder höher, allerdings bei einer geringen absoluten Anzahl von Vorbeifahrten.

In einem Geschwindigkeitsbereich von 65 bis 95 km/h weisen Motorräder im Durchschnitt um 1 dB(A) niedrigere Emissionspegel auf als Pkw, die allerdings auch deutlich weiter streuen. In einem Geschwindigkeitsbereich von 95 bis 115 km/h weisen Motorräder im Durchschnitt noch um etwa 0,5 dB(A) niedrigere Emissionspegel auf als Pkw, die allerdings auch hier deutlich weiter streuen.

Motorräder sind demnach in der Regel leiser als Pkw. Ein möglicher Grund für die bei gleicher Geschwindigkeit niedrigeren Emissionspegel von Motorrädern gegenüber Pkw mag im geringeren Rollgeräusch liegen, das lediglich an zwei Reifen entsteht, die darüber hinaus in der Regel eine geringere Breite als Pkw-Reifen aufweisen. Ein weiterer Grund mag im um etwa 15 % geringeren Luftwiderstand der Motorräder liegen.

Allerdings finden sich auch vereinzelt besonders laute Motorräder. Sie werden vermutlich von den Betroffenen stärker wahrgenommen, als dies die energetische Mittelung der Emissionspegel der einzelnen Fahrzeuge zum Gesamt-Emissionspegel der Straße zum Ausdruck bringt. Gründe für die höheren Emissionspegel können z.B. in modifizierten Auspuffanlagen oder in besonders lautstarken Fahrweisen (Fahrt in hohen Drehzahlbereichen) liegen. Während die zulässige Geräuschemission der Motorräder gesetzlich geregelt ist und deren Einhaltung grundsätzlich auch geprüft werden kann, ist eine Einflussnahme auf die Fahrweise nur schwer vorstellbar. Sie setzt Empathie der Geräuscherzeuger für die Betroffenen voraus.

5.3 Grenzen der RLS–90

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten bei Pkw weniger um die Durchschnittsgeschwindigkeit streuen als bei Motorrädern. Bei niedrigen Emissionspegeln unter 35 dB(A) sind Motorräder im Durchschnitt 6 km/h schneller als Pkw. Bei den höheren Emissionspegeln im Bereich von 35 bis 45 dB(A) sind langsame Motorräder häufiger zu beobachten als langsame Pkw. Jedoch sind auch schnelle Motorräder häufiger zu beobachten als schnelle Pkw. Bei den höchsten Emissionspegeln im Bereich über 45 dB(A) sind zwar sowohl Pkw als auch Motorrädern zu finden, allerdings ist der relative Anteil der Motorräder gegenüber den Pkw hier besonders hoch (38 %) und die Geschwindigkeit der Motorräder dabei im Durchschnitt 33 km/h höher als die der Pkw.

Dies weist auf ein Phänomen hin, das durch die geltenden Vorschriften (RLS–90) gar nicht nachgebildet werden kann: Motorradvorbeifahrten können auch deswegen lauter empfunden werden als Pkw-Vorbeifahrten, weil die Motorräder schneller (mitunter auch schneller als zulässig) verkehren als die Pkw. Nach RLS–90 ist bei der Berechnung von Verkehrsgeräuschen aber stets die zulässige Höchstgeschwindigkeit zugrunde zu legen, nicht die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit.

Die Messungen zeigen aber klar auf, dass die ermittelten Emissionspegel sowohl für Motorräder als auch für Pkw sehr gut mit den Rechenwerten nach RLS–90 überein stimmen. Insofern werden Motorräder, die in RLS–90 den Pkw zugeordnet sind, dort korrekt berücksichtigt.

5.4 Psychoakustische Erkenntnisse

Durch eine Berechnung von Straßenverkehrsgeräuschen nach RLS–90, der das Prinzip der energetischen Mittelung von Schalldruckpegeln zugrunde liegt, lässt sich eine höhere Lästigkeit, die bei den Betroffenen durch Motorradvorbeifahrten hervorgerufen werden kann, nicht ausdrücken.

Die Einbeziehung einer mittleren subjektiven Wahrnehmung bzw. Belästigung des Menschen in die Beurteilung von Verkehrsgeräuschen könnte z.B. durch Zuschläge auf Emissionspegel einzelner Fahrzeugarten oder durch entsprechend angepasste Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften erfolgen.

Dass dies durchaus berechtigt ist, darauf weisen die psychoakustischen Auswertungen hin, die allerdings im Rahmen dieser Untersuchung nicht im Vordergrund standen und nur für eine geringe Anzahl ausgewählter Vorbeifahrten (69 Pkw, 66 Krad) durchgeführt wurden. Hier besteht noch weiterer Auswertungsbedarf, um eine ähnlich breite Datenbasis zu erreichen, wie bei der Ermittlung der Emissionspegel. Zur Untermauerung der Erkenntnisse wären zusätzlich psychoakustische Hörversuche wünschenswert.

Die Auswertung der psychoakustischen Lautheit N zeigt dabei deutlich, dass bei gleichem Emissionspegel $L_{m,E}$ Motorräder eine höhere Lautheit aufweisen als Pkw. Der Unterschied beträgt bei niedrigen Emissionspegeln etwa 10 sone (+50 %) und bei höheren Emissionspegeln etwa 20 sone (+40%). Weiter zeigt sich klar, dass bei gleicher Geschwindigkeit Motorräder eine höhere Lautheit aufweisen als Pkw. Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst die Lautheit sowohl bei Motorrädern als auch bei Pkw an, wobei auch der Unterschied zwischen Pkw und Motorrädern ansteigt. Er beträgt bei 50 km/h etwa 5 bis 10 sone (+20 %) und bei 100 km/h etwa 20 sone (+50 %). Bei gleicher Lautheit weisen Pkw um etwa 4 dB(A) höhere Emissionspegel auf als Motorräder.

Dies bestätigt die bisherigen Vermutungen und die vielfach geäußerten Ansichten der Lärm-betroffenen, dass Motorräder (im Sinne der psychoakustischen Wahrnehmung) lauter sind als Pkw, auch wenn die physikalisch messbaren Emissionspegel $L_{m,E}$ gleich hoch sind. Insofern wird auch bestätigt, dass die erhöhte Störwirkung der Motorräder im Bezug auf die Lautheit der Vorbeifahrten mit den eingeführten Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften nicht ausreichend abgebildet wird.

Die Auswertung der psychoakustischen Rauigkeit R zeigt, dass bei gleichem Emissionspegel $L_{m,E}$ Motorräder und Pkw im Mittel keine oder nur geringe Unterschiede in der Rauigkeit aufweisen. Bei höheren Emissionspegeln streut die Rauigkeit der Motorräder allerdings sehr stark und es finden sich einzelne Motorräder mit auffallend hoher Rauigkeit. Weiter zeigt sich, dass bei gleicher Geschwindigkeit Motorräder und Pkw im Mittel keine oder nur geringe Unterschiede in der Rauigkeit aufweisen. Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst die Rauigkeit sowohl bei Pkw als auch bei Motorrädern. Auffällig sind einzelne Motorräder mit besonders hoher Rauigkeit, die aber nicht im Zusammenhang mit extremen Geschwindigkeiten stehen, sondern im Bereich zwischen 70 und 100 km/h zu finden sind. Pkw mit auffallend hoher Rauigkeit sind hingegen nicht zu verzeichnen.

Auch hier findet sich also ein Hinweis, dass Motorräder (im Sinne der psychoakustischen Wahrnehmung einer Rauigkeit) auffälliger sind als Pkw, auch wenn die physikalisch messbaren Emissionspegel $L_{m,E}$ gleich hoch sind. Eine mögliche erhöhte Störwirkung der Motorräder im Bezug auf die Rauigkeit des Geräusches wird mit den eingeführten Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften nicht ausreichend abgebildet.

5.5 Anregungen für alternative Berechnungs- und Beurteilungsverfahren

Ähnlich wie bei der Beurteilung des Schienenlärms, der aufgrund seiner geringeren Lästigkeit gegenüber dem Straßenverkehrslärm einen wissenschaftlich ermittelten *Schienenbonus* von 5 dB(A) genießt¹, könnte auf den Emissionspegel der Motorräder nach den vorliegenden Erkenntnissen ein *Motorradmalus* aufgeschlagen werden, um den Lautheitsunterschied in den geltenden Berechnungs- oder Beurteilungsvorschriften zu berücksichtigen. Zur Untermauerung der Erkenntnisse wären zusätzlich psychoakustische Hörversuche wünschenswert.

Allerdings lässt sich zeigen, dass der Effekt im resultierenden Emissionspegel der Straße nur gering ist. Der Emissionspegel der hier untersuchten L 83 (1.500 Kfz/24h, 4 % Lkw-Anteil) beträgt nach RLS-90 58,0 dB(A). Wenn für den darin enthaltenen Teil-Emissionspegel der Motorräder (24 %) ein *Motorradmalus* von 4 dB berücksichtigt wird, dann erhöht sich der Emissionspegel der L 83 um 1,1 dB auf insgesamt 59,1 dB(A).

Noch geringer fällt dieser Unterschied bei Straßen mit niedrigem Motorradanteil aus. Der Emissionspegel der hier untersuchten B 32 (4.600 Kfz/24h, 7 % Lkw-Anteil) beträgt nach RLS-90 63,6 dB(A). Wenn für den darin enthaltenen Teil-Emissionspegel der Motorräder (7 %) ein *Motorradmalus* von 4 dB berücksichtigt wird, dann erhöht sich der Emissionspegel der B 32 um 0,3 dB auf insgesamt 63,9 dB(A).

Ob sich die Problematik bei der Beurteilung der erhöhten Störwirkung von Motorrädern auf diese Weise verbessern lässt, kann bezweifelt werden, da der Motorradanteil auf den meisten Straßen niedrig ist und oft der Lkw-Anteil den Emissionspegel dominiert (z.B. bei Bundesstraßen).

¹ Die Einführung des Schienenbonus in Deutschland beruht auf Lärmwirkungsuntersuchungen aus den 1970er- und 1980er-Jahren. Zwischenzeitlich haben sich die Betriebsbedingungen (insbesondere die Anzahl der Güterzüge nachts) stark geändert, so dass der Schienenbonus heute stark umstritten ist.

Auch mit Blick auf die zu Grunde zu legende DTV (und damit auch auf den Motorradanteil), die das über ein ganzes Jahr betrachtete durchschnittliche Verkehrsaufkommen beschreibt, zeigt sich ein weiteres Problem. Der Anteil der Motorradfahrer ist erfahrungsgemäß nur in der warmen Jahreszeit besonders hoch. Im Winter verkehren kaum Motorräder, entsprechend wird auch der durchschnittliche Motorradanteil am Gesamtverkehr entsprechend niedrig.

In diesem Zusammenhang wäre ggf. zu überlegen, ob die Berechnung und Beurteilung nicht auf den ungünstigsten (d.h. lautesten) Monat oder gar auf den ungünstigsten Tag (an Sommer-Weekenden verkehren wiederum mehr Motorräder als an Werktagen im Sommer) bezogen werden sollte, statt auf ein ganzes Jahr.

Ein völlig anderer Beurteilungsansatz wäre eventuell Ziel führender, denn beim Motorradfahren handelt es sich oft nicht um einen Transportvorgang, sondern um eine reine Freizeitbeschäftigung. Daher wäre zu prüfen, ob eine Beurteilung als *Verkehrslärm* adäquat ist, oder ob eine Beurteilung analog zum *Freizeitlärm* treffender ist.

Zur Beurteilung des Freizeitlärms stehen eigene Beurteilungsvorschriften zur Verfügung (Freizeitlärmrichtlinie, Sportanlagenlärmschutzverordnung). Diese Vorschriften berücksichtigen z.B. auch besonders schutzbedürftige Zeiten in der Nacht (*lauteste volle Nachtstunde*) und am Tag (Ruhezeiten am Morgen, Mittag und Abend). Eine Mittelung des Lärms über ein durchschnittliches Jahr ist dort nicht vorgesehen, vielmehr sind typische Tage (z.B. Sonntag bei schönem Wetter) zu beurteilen.

Eine andere Möglichkeit zur besseren Berücksichtigung der Störwirkung von Kfz-Vorbeifahrten wäre die Abkehr vom äquivalenten Dauerschallpegel und damit von der Mittelung des Lärms über längere Zeiträume hin zur Beurteilung von Geräuschspitzen und deren Häufigkeiten, ähnlich wie bei der Beurteilung von Fluglärm.

6 Ausblick

Es konnte festgestellt werden, dass die als störend wahrgenommenen Verkehrsgeräusche von Motorrädern bei freizeitorientierter Nutzung mit den derzeit geltenden Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften nicht angemessen berechnet und beurteilt werden können. Die subjektive Wahrnehmung bzw. Belästigung des Menschen wird nicht adäquat nachgebildet und bewertet.

In der vorliegenden Untersuchung wurden nur statische Fahrzustände untersucht (Vorbeifahrten), die in weiteren Untersuchungen noch um dynamische Fahrzustände ergänzt werden könnten. Hier dürften vor allem die für Motorräder typischen und noch weit entfernt störenden Beschleunigungsvorgänge interessante Aspekte liefern.

Die Erkenntnisse im psychoakustischen Bereich, der nicht Schwerpunkt dieser Untersuchung war, sollten weiter vertieft und durch Hörversuche ergänzt werden. In diesem Zusammenhang sollte auch auf Immissionsmessungen an weiter von der Straße entfernten Messpunkten zurück gegriffen werden. In größeren Abständen sind zwar in der Regel keine Konflikte im Sinne der Verkehrslärmschutzverordnung mehr zu erwarten, jedoch kann die subjektive Belästigung auch weiter entfernt von der Straße noch sehr hoch sein.

Es wird angeregt, auf politischer Ebene die bestehende Vorschriftenlage zu diskutieren und die Möglichkeiten einer Anpassung zu erörtern, um der Freizeitorientierung des Motorradfahrens und den Interessen der Lärmbetroffenen besser gerecht zu werden.

Greifenberg, den 07.12.2010

ACCON GmbH



Dipl.-Ing. Univ. Christian Fend

Grundlagenverzeichnis

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721, 1193) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3180)
- [2] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036, BGBl. III 2129-8-1-16) geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 19. September 2006 (BGBl. I S. 2146);
- [3] "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS–90", Bundesministerium für Verkehr, Ausgabe 1990, berichtigter Nachdruck 1992 (VkBl. 1992 S. 208)
- [4] DIN 1320 "Akustik – Begriffe", Dezember 2009
- [5] DIN 45631 "Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum – Verfahren nach E. Zwicker ", März 1991
- [6] DIN 45631 / A1 "Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum – Verfahren nach E. Zwicker – Änderung 1: Berechnung der Lautheit zeitvarianter Geräusche", Entwurf, Januar 2008
- [7] DIN 45642 "Messung von Verkehrsgeräuschen", Juni 2004
- [8] DIN 45692 "Messtechnische Simulation der Hörempfindung Schärfe", August 2009
- [9] ArtemiS, EDV-Programm zur Bewertung von Schallmessungen mit psychoakustischen Kenngrößen, Head Acoustics GmbH, Herzogenrath
- [10] Cadna/A, EDV-Programm zur Berechnung und Beurteilung von Lärmimmissionen im Freien, DataKustik GmbH, Greifenberg

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Beschreibung der Messorte
Anlage 2	Auswertung der Verkehrsmengen
Anlage 2.1.	Diagramm Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.2.	Diagramm Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.3.	Diagramm Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.4.	Diagramm Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.5.	Diagramm Tagesgang Leopoldshafen
Anlage 2.6.	Tabelle Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.7.	Tabelle Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.8.	Tabelle Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.9.	Tabelle Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.10.	Tabelle Tagesgang Leopoldshafen
Anlage 2.11.	Diagramm Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.12.	Diagramm Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.13.	Diagramm Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.14.	Diagramm Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.15.	Tabelle Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.16.	Tabelle Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.17.	Tabelle Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.18.	Tabelle Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 3	Auswertung der Geschwindigkeiten
Anlage 3.1.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.2.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.3.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.4.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.5.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.6.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.7.	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (1-km/h-Klassen)

- Anlage 3.8. Diagramm Geschwindigkeitsverteilung
Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (10-km/h-Klassen)
- Anlage 3.9. Diagramm Geschwindigkeitsverteilung
Leopoldshafen (1-km/h-Klassen)
- Anlage 3.10. Diagramm Geschwindigkeitsverteilung
Leopoldshafen (10-km/h-Klassen)

- Anlage 4 Zeit-Verlauf der Messwerte in 15-Minuten Intervallen
- Anlage 4.1. Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: L_{Aeq} , L_{95}
- Anlage 4.2. Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: Winddaten
- Anlage 4.3. Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: Wetterdaten
- Anlage 4.4. Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
- Anlage 4.5. Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: Winddaten
- Anlage 4.6. Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: Wetterdaten
- Anlage 4.7. Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
- Anlage 4.8. Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: Winddaten
- Anlage 4.9. Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: Wetterdaten
- Anlage 4.10. Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
- Anlage 4.11. Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: Winddaten
- Anlage 4.12. Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: Wetterdaten
- Anlage 4.13. Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
- Anlage 4.14. Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: Winddaten
- Anlage 4.15. Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: Wetterdaten

- Anlage 5 Auswertung der Emissionspegel (beobachtete Messungen)
- Anlage 5.1. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad und Pkw
- Anlage 5.2. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad
- Anlage 5.3. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Pkw
- Anlage 5.4. Diagramm $L_{AFmax}(v)$ Krad und Pkw
- Anlage 5.5. Tabelle Zusatzinformationen
- Anlage 5.6. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad und Pkw
- Anlage 5.7. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad
- Anlage 5.8. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Pkw
- Anlage 5.9. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad und Pkw
- Anlage 5.10. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad
- Anlage 5.11. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Pkw
- Anlage 5.12. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad und Pkw
- Anlage 5.13. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad
- Anlage 5.14. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Pkw

Anlage 5.15.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad und Pkw
Anlage 5.16.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad
Anlage 5.17.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Pkw
Anlage 5.18.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad und Pkw
Anlage 5.19.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad
Anlage 5.20.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Pkw
Anlage 5.21.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad und Pkw
Anlage 5.22.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad
Anlage 5.23.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Pkw
Anlage 5.24.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Krad und Pkw
Anlage 5.25.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Krad
Anlage 5.26.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Pkw
Anlage 6	Auswertung der Emissionspegel (automatisierte Messungen)
Anlage 6.1.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad und Pkw
Anlage 6.2.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad
Anlage 6.3.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Pkw
Anlage 6.4.	Tabelle Zusatzinformationen
Anlage 6.5.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad und Pkw
Anlage 6.6.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad
Anlage 6.7.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Pkw
Anlage 6.8.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad und Pkw
Anlage 6.9.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad
Anlage 6.10.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Pkw
Anlage 6.11.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad und Pkw
Anlage 6.12.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad
Anlage 6.13.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Pkw
Anlage 6.14.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad und Pkw
Anlage 6.15.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad
Anlage 6.16.	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Pkw
Anlage 7	Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeiten und der Emissionspegel
Anlage 7.1.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit
Anlage 7.2.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 20..30$ dB(A)
Anlage 7.3.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 25..30$ dB(A)
Anlage 7.4.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 30..35$ dB(A)
Anlage 7.5.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 35..40$ dB(A)
Anlage 7.6.	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 40..45$ dB(A)

- Anlage 7.7. Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 40..50$ dB(A)
- Anlage 7.8. Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 45..55$ dB(A)
- Anlage 7.9. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$
- Anlage 7.10. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 65..75$ km/h
- Anlage 7.11. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 75..85$ km/h
- Anlage 7.12. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 85..95$ km/h
- Anlage 7.13. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 95..105$ km/h
- Anlage 7.14. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 105..115$ km/h
- Anlage 7.15. Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 100..160$ km/h
- Anlage 8. Regressionsanalyse der Emissionspegel
- Anlage 8.1. Diagramm $L_{m,E}(v)$ (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.2. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.3. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.4. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.5. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.6. Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.7. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.8. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre (beobachtete Messungen)
- Anlage 8.9. Diagramm $L_{m,E}(v)$ (automatisierte Messungen)
- Anlage 8.10. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (automatisierte Messungen)
- Anlage 8.11. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (automatisierte Messungen)
- Anlage 8.12. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (automatisierte Messungen)
- Anlage 8.13. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (automatisierte Messungen)
- Anlage 8.14. Tabelle Regressionskoeffizienten
- Anlage 8.15. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Herrenwies, Fahrtrichtung Sand – Fahrtrichtung Herrenwies
- Anlage 8.16. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen – Fahrtrichtung Gammertingen
- Anlage 8.17. Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen – Fahrtrichtung Rheinfähre

- Anlage 9 Ausgewählte Vorbeifahrten für folgende Analysen
- Anlage 9.1. Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} < 28$ dB(A)
- Anlage 9.2. Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} > 40$ dB(A)
- Anlage 9.3. Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $v = 95..105$ km/h
- Anlage 10 Spektren ausgewählter Vorbeifahrten
- Anlage 10.1. Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} < 28$ dB(A)
- Anlage 10.2. Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} > 40$ dB(A)
- Anlage 10.3. Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $v = 95..105$ km/h
- Anlage 10.4. Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ aller ausgewählten Vorbeifahrten
- Anlage 11 Spektrogramme ausgewählter Vorbeifahrten
- Anmerkung:
 Im vorliegenden Dokument sind 12 Spektrogramme beispielhaft abgebildet.
 Eine vollständige Zusammenstellung aller 135 Spektrogramme ist auf CD-
 ROM erhältlich.
- Anlage 12 Psychoakustische Auswertungen
- Anlage 12.1. Diagramm Höchstwerte der Lautheit $N_{max}(L_{m,E})$
- Anlage 12.2. Diagramm Höchstwerte der Lautheit $N_{max}(v)$
- Anlage 12.3. Diagramm 5%-Perzentile der Lautheit $N_5(L_{m,E})$
- Anlage 12.4. Diagramm 5%-Perzentile der Lautheit $N_5(v)$
- Anlage 12.5. Diagramm Höchstwerte der Rauigkeit $R_{max}(L_{m,E})$
- Anlage 12.6. Diagramm Höchstwerte der Rauigkeit $R_{max}(v)$
- Anlage 12.7. Diagramm Mittelwerte der Rauigkeit $R_m(L_{m,E})$
- Anlage 12.8. Diagramm Mittelwerte der Rauigkeit $R_m(v)$
- Anlage 12.9. Diagramm Höchstwerte der Schärfe $S_{max}(L_{m,E})$
- Anlage 12.10. Diagramm Höchstwerte der Schärfe $S_{max}(v)$
- Anlage 12.11. Diagramm Mittelwerte der Schärfe $S_m(L_{m,E})$
- Anlage 12.12. Diagramm Mittelwerte der Schärfe $S_m(v)$

Anlage 1

Beschreibung der Messorte

1. Messpunkt Herrenwies

Lage:

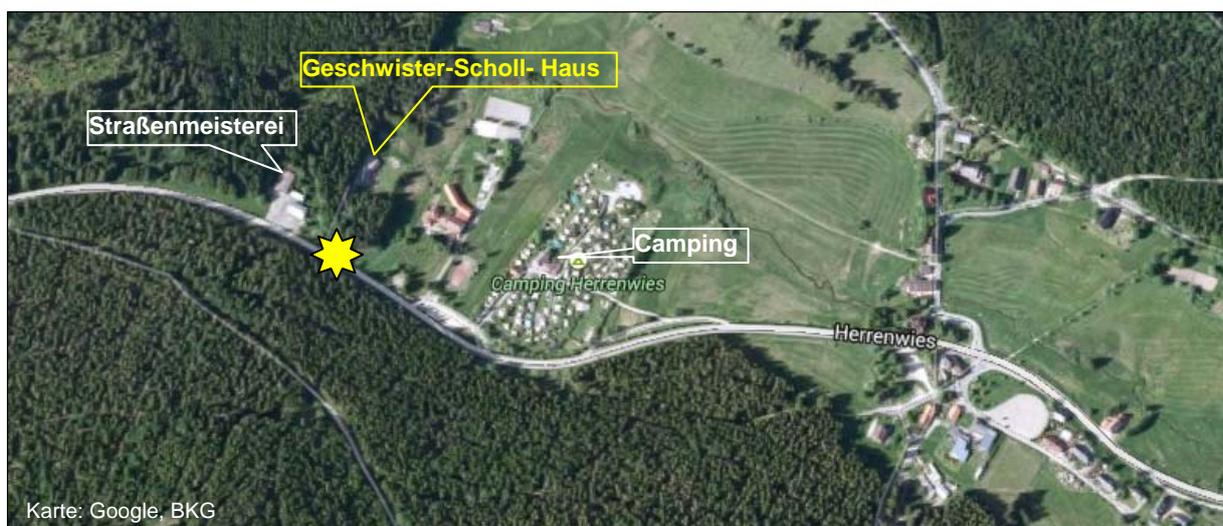
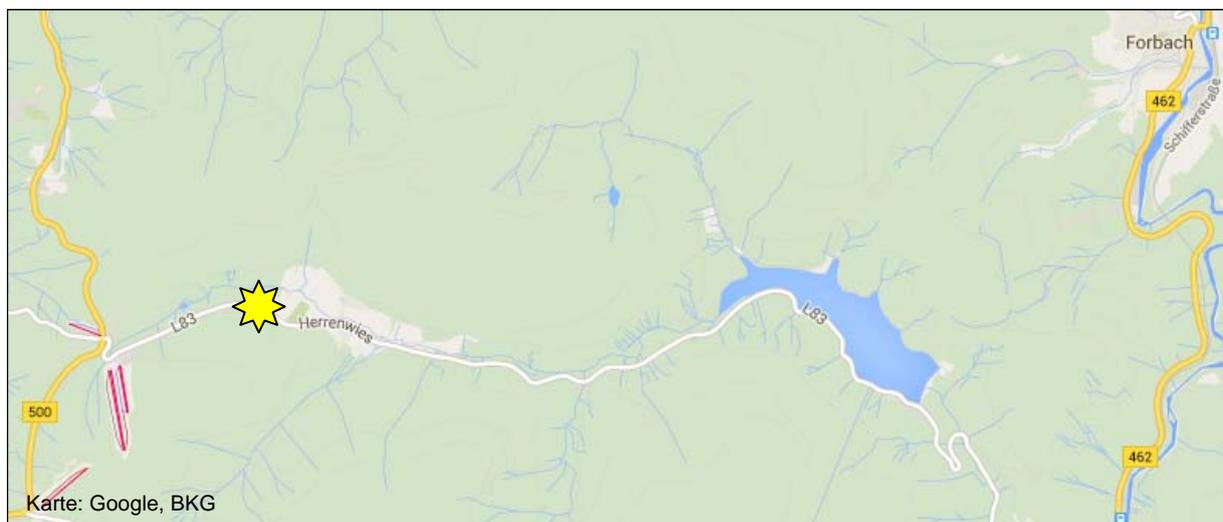
Landesstraße L 83, westlich Herrenwies

nahe Geschwister-Scholl-Haus

Herrenwies 33a

76596 Forbach-Herrenwies

Lagepläne:



Abbildungen:



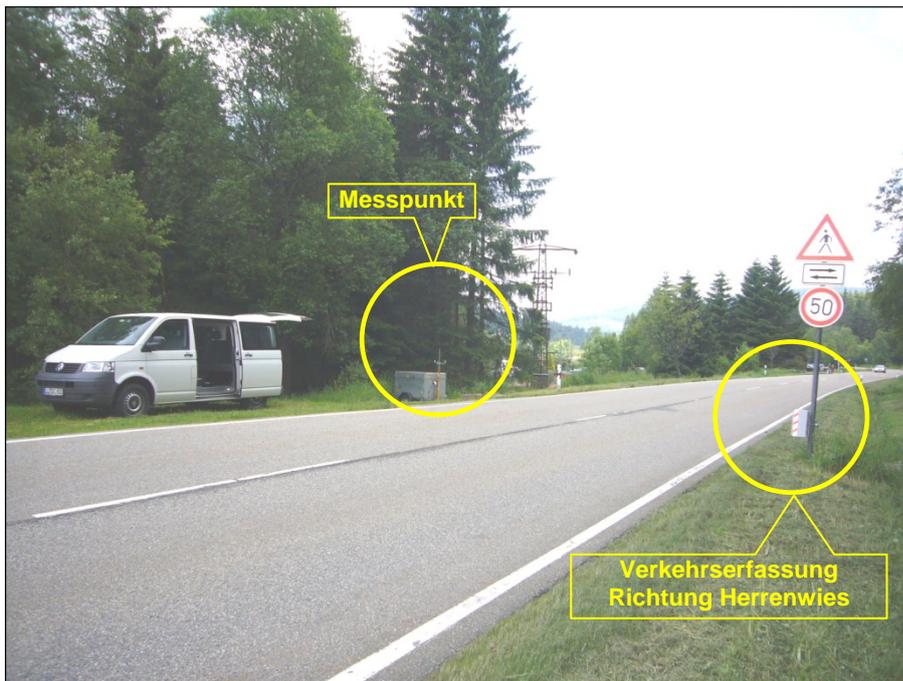
Blick Richtung Osten (Herrenwies). Im Vordergrund die Straßenmeisterei, 20 m weiter befinden sich die Zufahrt zum Geschwister-Scholl-Haus und der Messpunkt.



Blick vom Messpunkt in Richtung Westen (Fahrtrichtung Sand).



Blick vom Messpunkt in Richtung Osten (Fahrtrichtung Herrenwies).



Blick Richtung Westen (Herrenwies).



Blick Richtung Westen (Herrenwies).

Zulässige Höchstgeschwindigkeit:

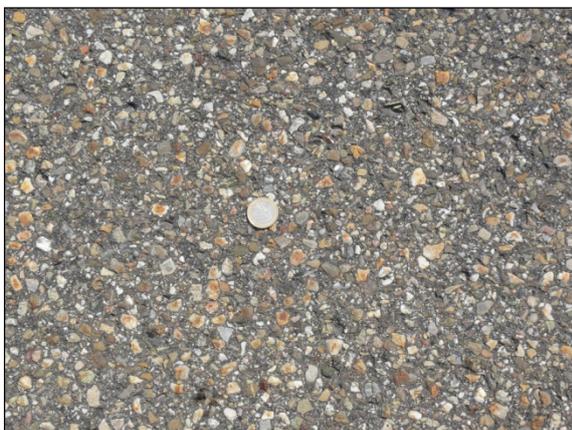
Richtung Sand: unbegrenzt (100 km/h)
 Richtung Herrenwies: 50 km/h (Verkehrszeichen etwa auf Höhe Messpunkt)

Steigung: 2,8 % (ansteigend in Richtung Sand)

Straßenoberfläche:

Fahrbahndeckschicht: Asphaltbeton 0/11
 Herstellungsjahr: 1986
 Straßenschäden: keine

Abbildungen der Straßenoberfläche:



2. Messpunkt Gammertingen

Lage:

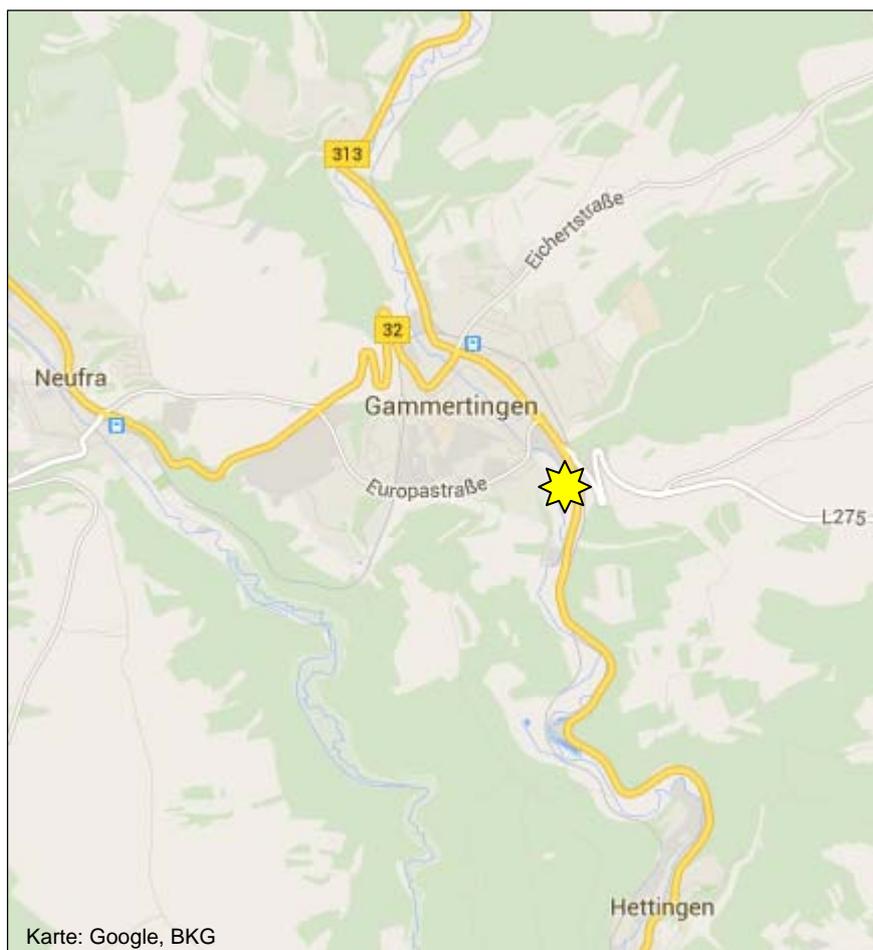
Bundesstraße B 32, südlich Gammertingen

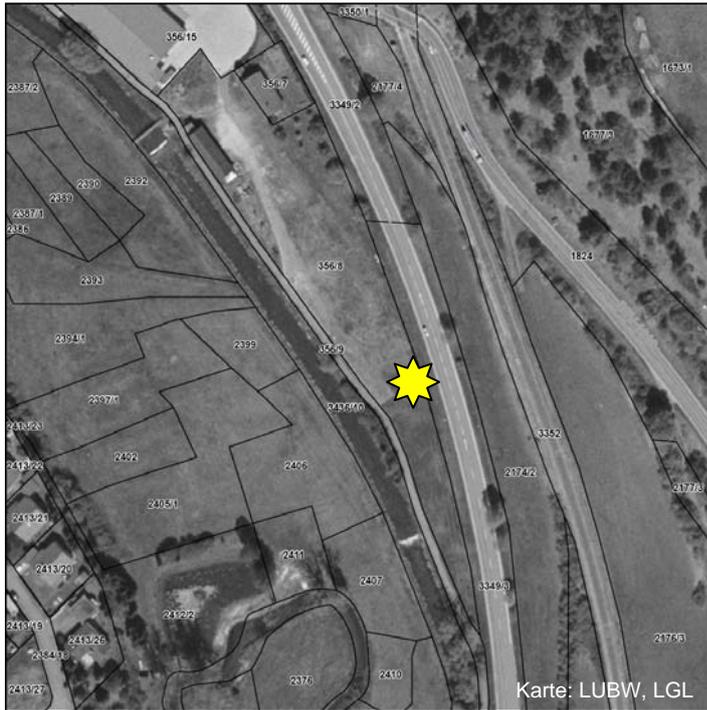
Flur-Nr. 356/8

Gemeinde Gammertingen

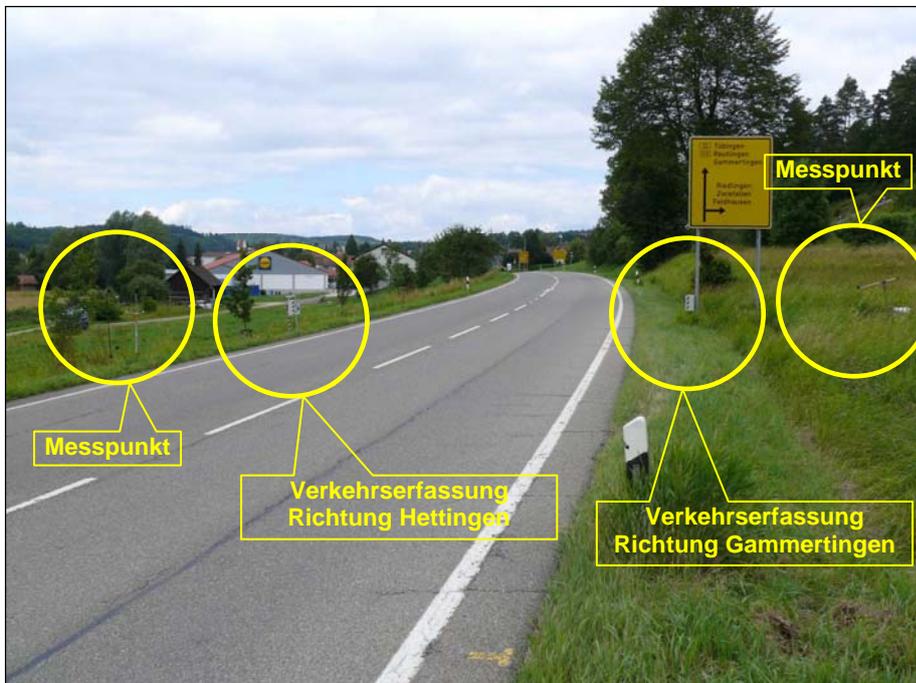
72501 Gammertingen

Lagepläne:

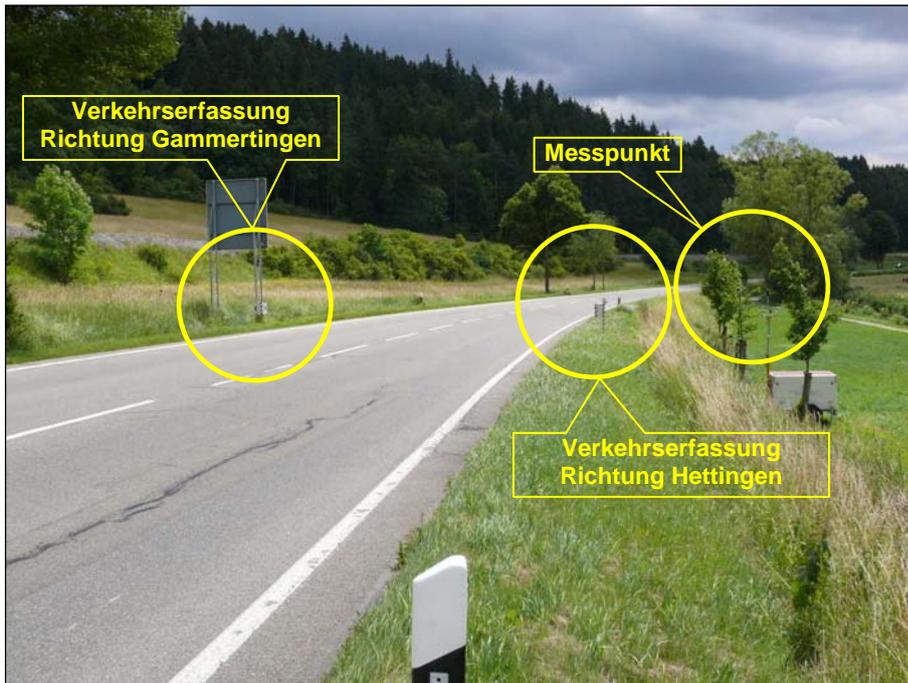




Abbildungen:



Blick von Süden Richtung Messpunkt (Richtung Gammertingen).



Blick von Norden Richtung Messpunkt (Richtung Hettingen).



Blick vom Straßenrand in Richtung Norden (Fahrtrichtung Gammertingen).



Blick vom Straßenrand in Richtung Süden (Fahrtrichtung Hettingen).

Zulässige Höchstgeschwindigkeit:

Richtung Hettingen: unbegrenzt (100 km/h)

Richtung Gammertingen: unbegrenzt (100 km/h)

(Ortseingang Gammertingen ca. 200 m vom Messpunkt entfernt)

Steigung: ca. 2,2 % (ansteigend in Richtung Gammertingen)

Straßenoberfläche:

Fahrbahndeckschicht: Dünnschichtbelag 1,0 cm auf Asphaltfeinbeton 3,5 cm

Herstellungsjahr: 1985 / 1976

Straßenschäden: keine

Abbildungen der Straßenoberfläche:

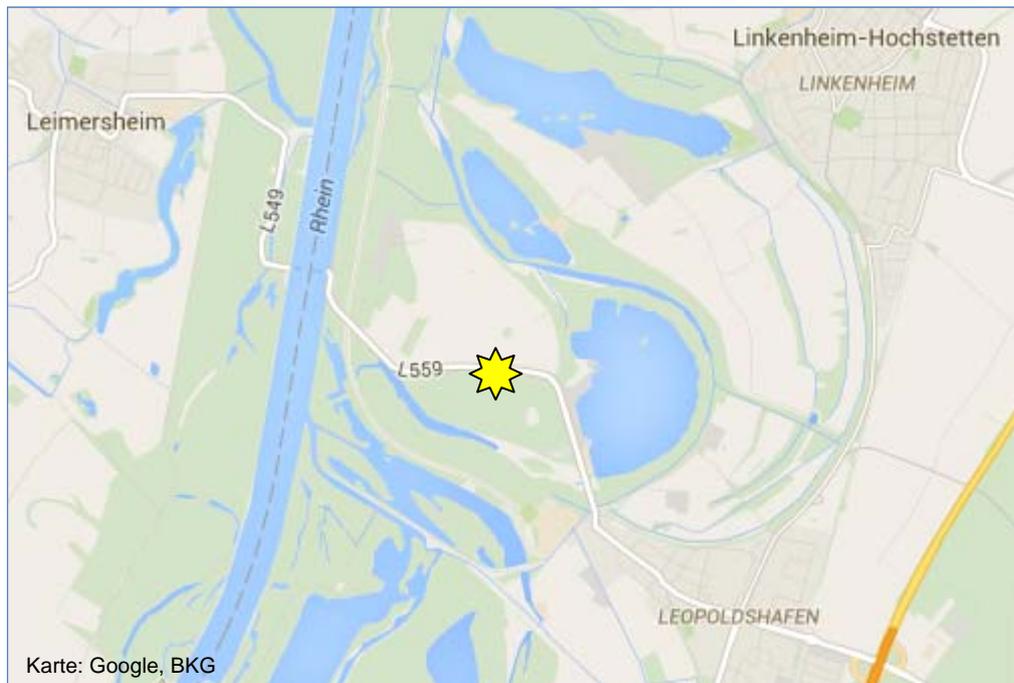


3. Messpunkt Leopoldshafen – L 559 Mitte

Lage:

Landesstraße L 559 (Leopoldstraße),
etwa auf halber Strecke zwischen Rheinfähre und Leopoldshafen.

Lageplan:



Abbildungen:



Blickrichtung Nord.



Blickrichtung Süd.

Zulässige Höchstgeschwindigkeit:

Richtung Rheinfähre: unbegrenzt (100 km/h)

Richtung Leopoldshafen: unbegrenzt (100 km/h)

Steigung: 0 %

Straßenoberfläche:

Fahrbahndeckschicht: Oberflächenbehandlung 8/11

Herstellungsjahr: 1985/1986

Straßenschäden: keine

4. Messpunkt Leopoldshafen-Rheindamm

Lage:

Landesstraße L 559 (Leopoldstraße) nahe Rheinfähre.

Lageplan:



Abbildung:



Blickrichtung Süd.

Zulässige Höchstgeschwindigkeit:

Richtung Rheinfähre: 70 km/h
Richtung Leopoldshafen: unbegrenzt (100 km/h)
(50 km/h bis kurz vor dem Messpunkt)

Steigung: 0 %

Straßenoberfläche:

Fahrbahndeckschicht: Oberflächenbehandlung 8/11
Herstellungsjahr: 1985/1986
Straßenschäden: keine

Anlage 2

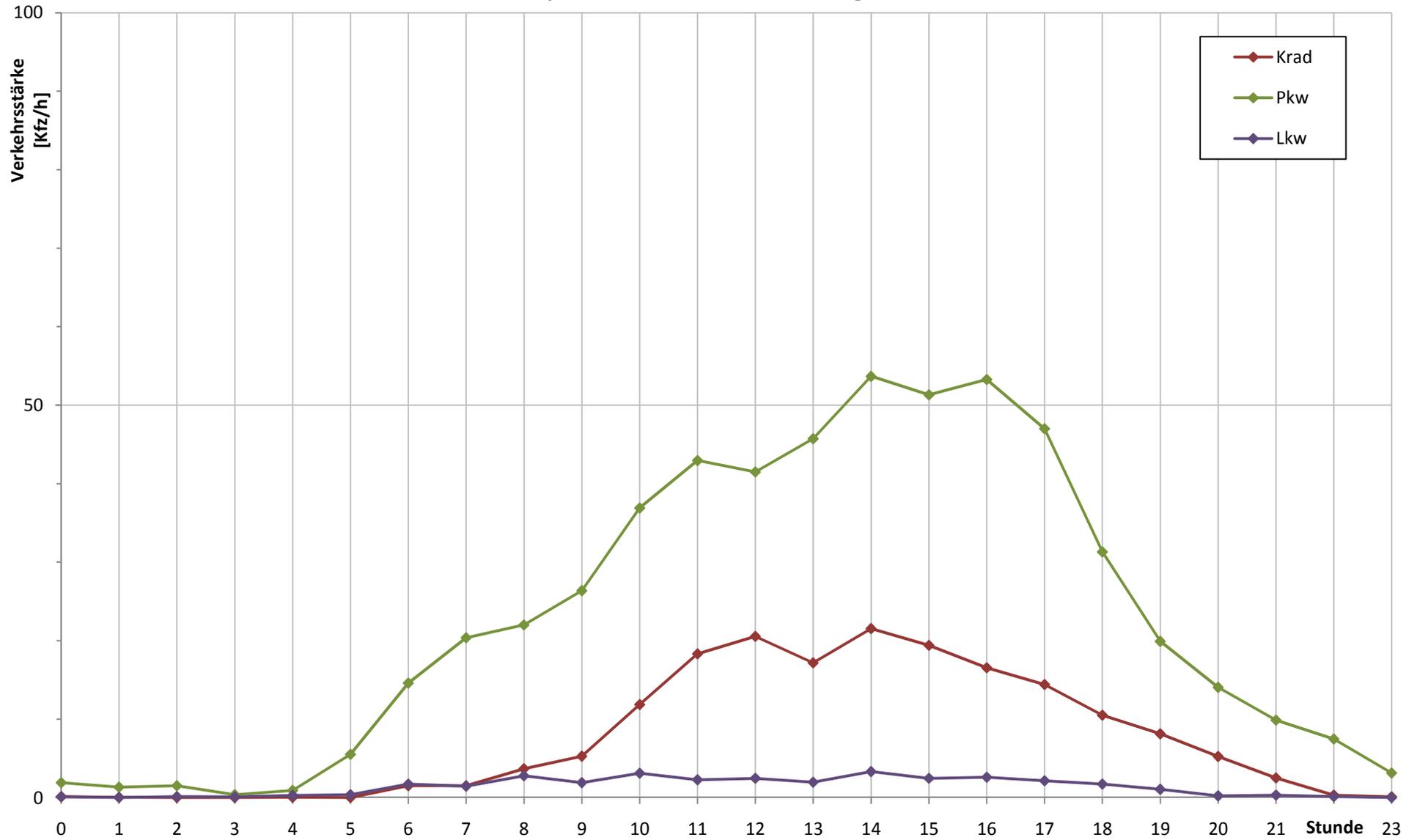
Auswertung der Verkehrsmengen

Anlage 2.1	Diagramm Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.2	Diagramm Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.3	Diagramm Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.4	Diagramm Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.5	Diagramm Tagesgang Leopoldshafen
Anlage 2.6	Tabelle Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.7	Tabelle Tagesgang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.8	Tabelle Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.9	Tabelle Tagesgang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.10	Tabelle Tagesgang Leopoldshafen
Anlage 2.11	Diagramm Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.12	Diagramm Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.13	Diagramm Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.14	Diagramm Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 2.15	Tabelle Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Anlage 2.16	Tabelle Wochengang Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 2.17	Tabelle Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Anlage 2.18	Tabelle Wochengang Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen

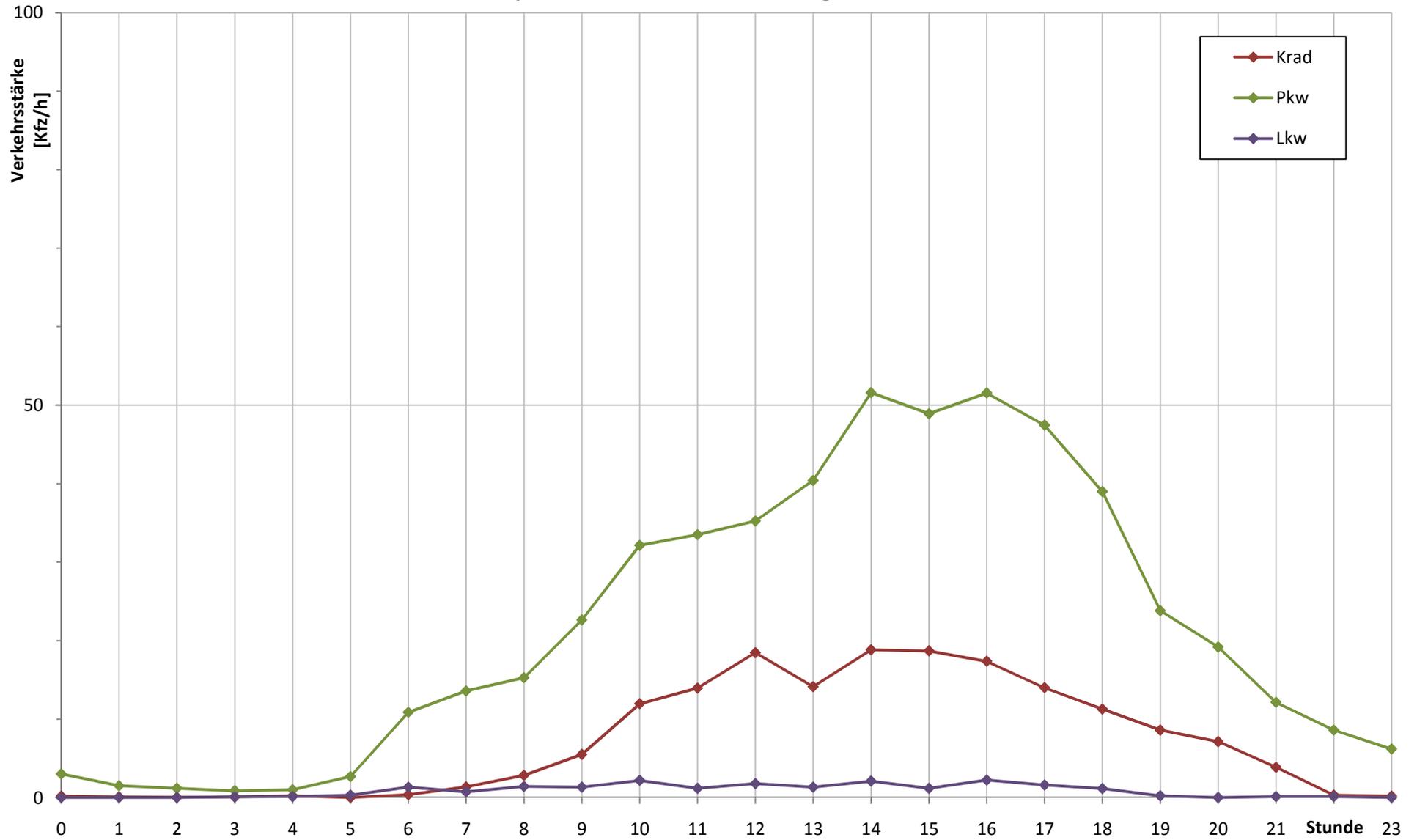
Anmerkung:

zur besseren Lesbarkeit der Tabellen werden die Zahlen gerundet dargestellt.
Die Berechnungen in den Tabellen beruhen jedoch auf den ungerundeten
Zwischenergebnissen.

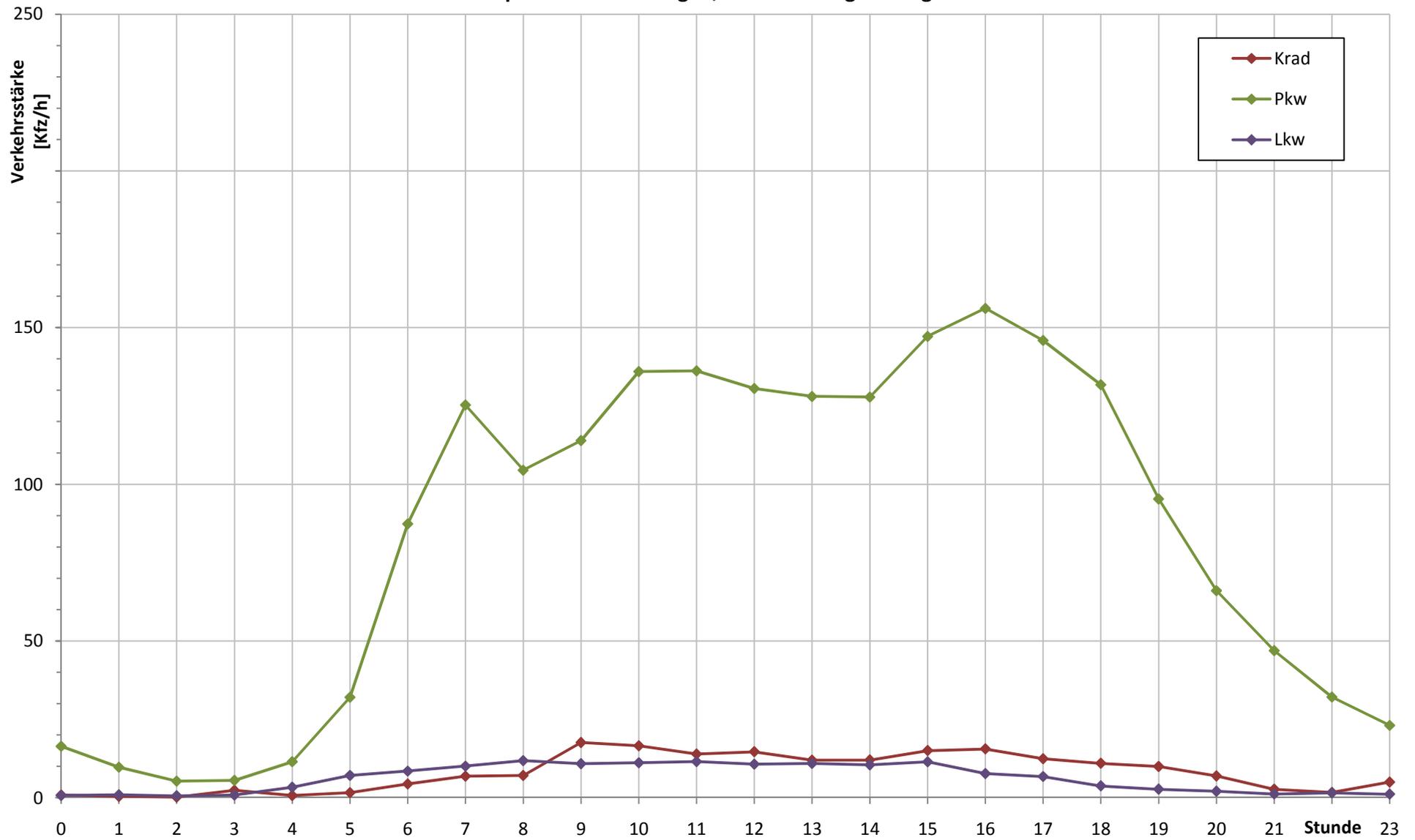
**Stündliche Verkehrsstärke, Tagesgang
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand**



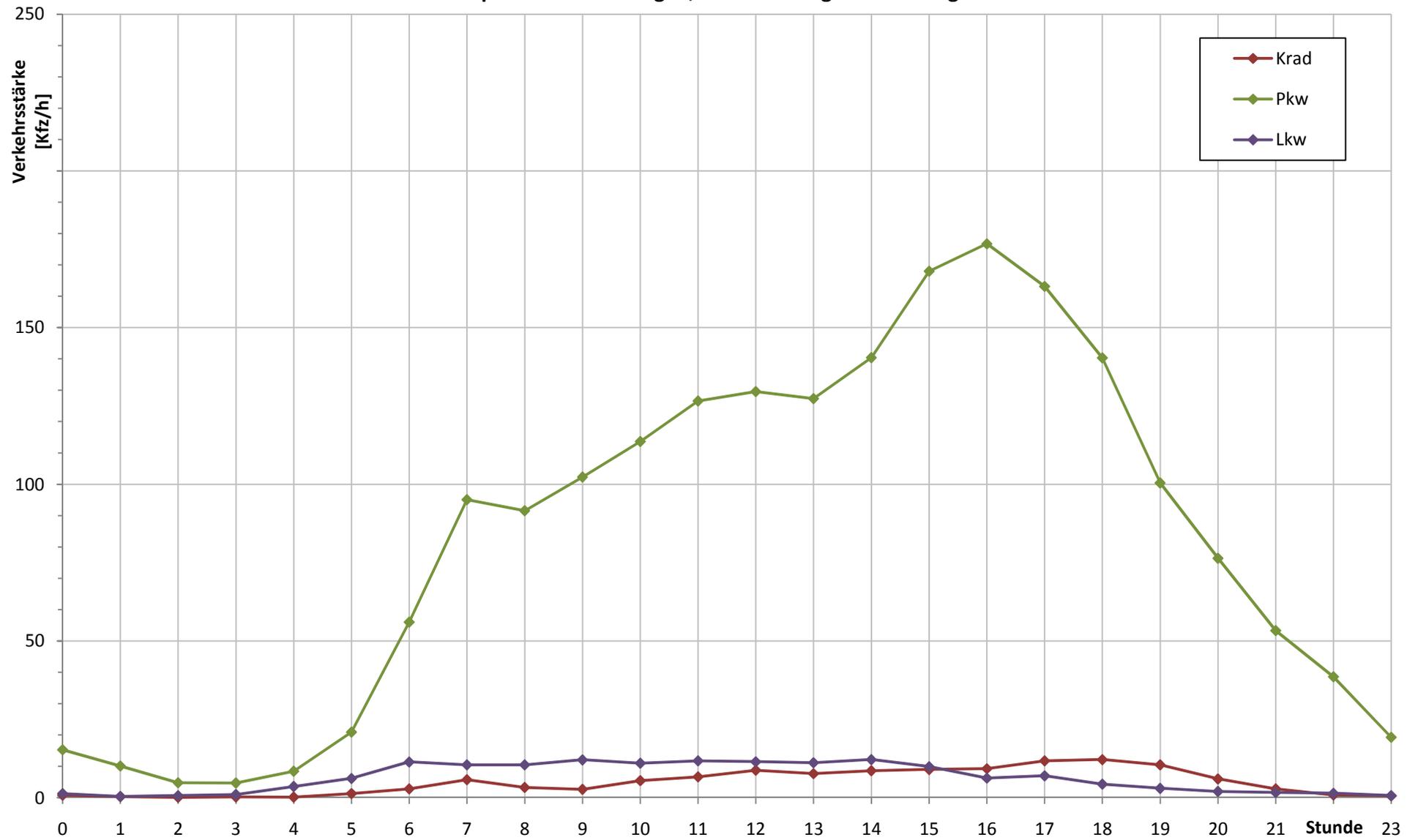
**Stündliche Verkehrsstärke, Tagesgang
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies**



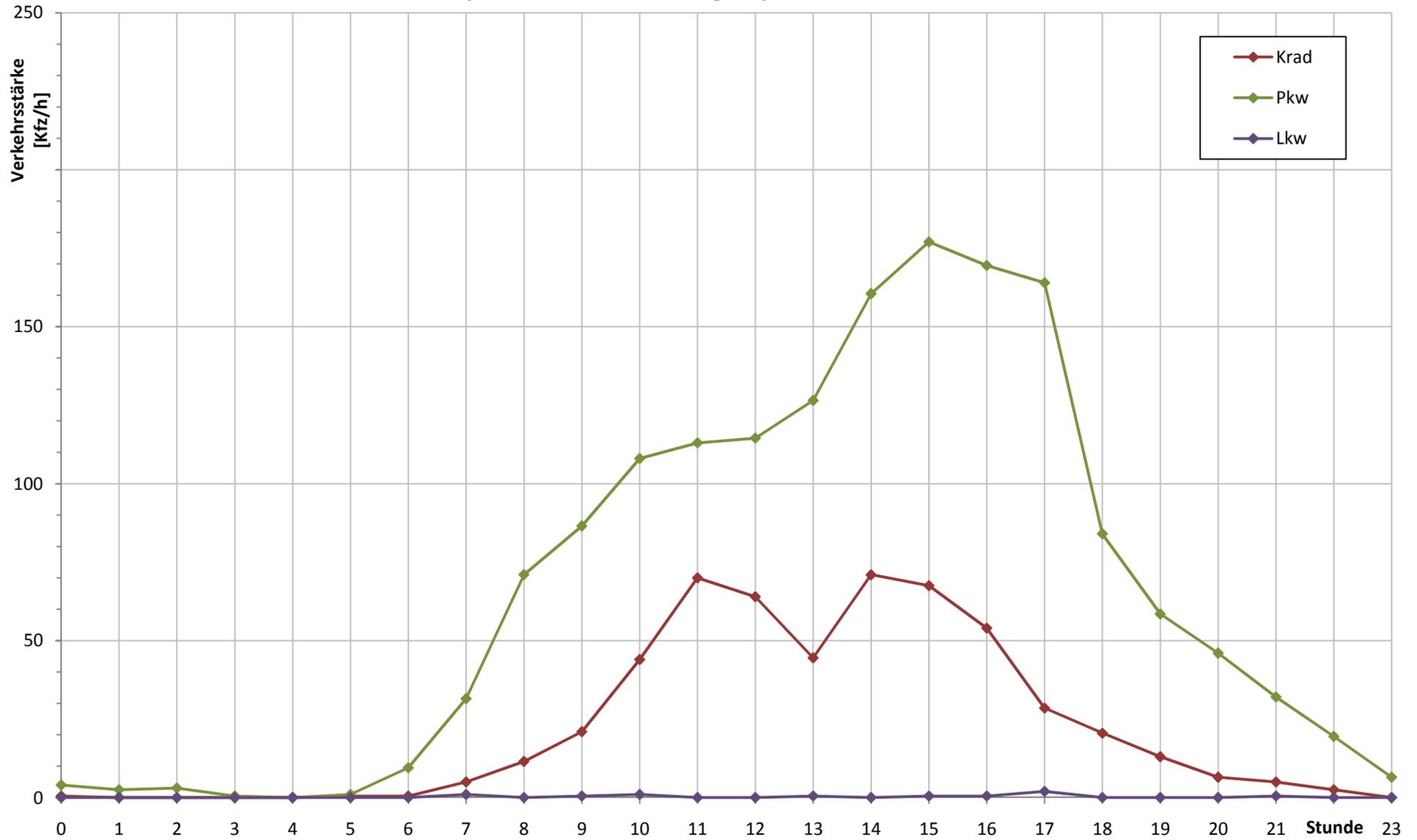
**Stündliche Verkehrsstärke, Tagesgang
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen**



Stündliche Verkehrsstärke, Tagesgang
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen



Stündliche Verkehrsstärke Messpunkt L 559, Fahrtrichtung Leopoldshafen / Rheinfähre



Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Mi, 2009-06-10 14:00 bis Mi, 2009-07-01 13:59 (22 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
0	0	2	0	2	6%	89%	4%
1	0	1	0	1	3%	97%	0%
2	0	2	0	2	0%	92%	8%
3	0	0	0	0	0%	80%	20%
4	0	1	0	1	4%	74%	22%
5	0	6	0	6	0%	94%	6%
6	2	15	2	18	8%	82%	10%
7	2	20	1	23	6%	87%	6%
8	4	22	3	28	13%	77%	10%
9	5	26	2	34	16%	79%	6%
10	12	37	3	52	23%	71%	6%
11	18	43	2	64	29%	68%	4%
12	21	42	2	65	32%	64%	4%
13	17	46	2	65	26%	70%	3%
14	22	54	3	79	27%	68%	4%
15	19	51	2	73	27%	70%	3%
16	17	53	3	72	23%	74%	4%
17	14	47	2	64	23%	74%	3%
18	11	31	2	44	24%	72%	4%
19	8	20	1	29	28%	68%	4%
20	5	14	0	20	27%	72%	1%
21	3	10	0	13	20%	78%	3%
22	0	7	0	8	4%	94%	2%
23	0	3	0	3	3%	97%	0%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Tag (6-22 Uhr)	178	531	31	740	24%	72%	4%
Nacht (22-6 Uhr)	1	22	1	24	3%	93%	5%
Ganztags (0-24 Uhr)	179	553	33	764	23%	72%	4%

Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Mi, 2009-06-10 14:00 bis Mi, 2009-07-01 13:59 (22 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
0	0	3	0	3	6%	94%	0%
1	0	2	0	2	6%	94%	0%
2	0	1	0	1	4%	96%	0%
3	0	1	0	1	9%	83%	9%
4	0	1	0	1	17%	73%	10%
5	0	3	0	3	0%	89%	11%
6	0	11	1	13	3%	87%	11%
7	1	14	1	16	9%	87%	5%
8	3	15	1	20	14%	78%	7%
9	6	23	1	29	19%	77%	4%
10	12	32	2	46	26%	69%	5%
11	14	34	1	49	29%	69%	2%
12	18	35	2	55	33%	64%	3%
13	14	40	1	56	25%	72%	2%
14	19	52	2	73	26%	71%	3%
15	19	49	1	69	27%	71%	2%
16	17	52	2	71	24%	72%	3%
17	14	47	2	63	22%	75%	3%
18	11	39	1	51	22%	76%	2%
19	9	24	0	33	26%	73%	1%
20	7	19	0	26	27%	73%	0%
21	4	12	0	16	24%	75%	1%
22	0	9	0	9	4%	95%	2%
23	0	6	0	6	3%	97%	0%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Tag (6-22 Uhr)	168	497	20	685	25%	73%	3%
Nacht (22-6 Uhr)	1	25	1	27	4%	93%	3%
Ganztags (0-24 Uhr)	169	522	21	712	24%	73%	3%

Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Do, 2009-07-02 15:00 bis Mo, 2009-07-20 14:59 (19 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
0	1	16	1	18	5%	91%	4%
1	0	10	1	11	3%	88%	8%
2	0	5	1	6	3%	88%	10%
3	2	5	1	9	27%	63%	10%
4	1	11	3	15	4%	74%	21%
5	2	32	7	41	4%	79%	17%
6	4	87	8	100	4%	87%	8%
7	7	125	10	142	5%	88%	7%
8	7	105	12	123	6%	85%	10%
9	18	114	11	142	12%	80%	8%
10	17	136	11	164	10%	83%	7%
11	14	136	12	162	9%	84%	7%
12	15	131	11	156	9%	84%	7%
13	12	128	11	151	8%	85%	7%
14	12	128	10	150	8%	85%	7%
15	15	147	11	174	9%	85%	7%
16	16	156	8	179	9%	87%	4%
17	12	146	7	165	8%	88%	4%
18	11	132	4	146	7%	90%	3%
19	10	95	3	108	9%	88%	2%
20	7	66	2	75	9%	88%	3%
21	3	47	1	51	5%	92%	2%
22	2	32	2	35	5%	91%	4%
23	5	23	1	29	17%	79%	4%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Tag (6-22 Uhr)	178	1.879	132	2.189	8%	86%	6%
Nacht (22-6 Uhr)	13	135	16	164	8%	83%	10%
Ganztags (0-24 Uhr)	191	2.015	148	2.353	8%	86%	6%

Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Do, 2009-07-09 13:00 bis Mo, 2009-07-20 12:59 (12 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
0	1	15	1	17	4%	88%	8%
1	0	10	0	11	3%	93%	4%
2	0	5	1	6	2%	86%	12%
3	0	5	1	6	4%	79%	17%
4	0	8	4	12	1%	69%	29%
5	1	21	6	28	5%	74%	22%
6	3	56	11	70	4%	80%	16%
7	6	95	11	111	5%	85%	9%
8	3	92	11	105	3%	87%	10%
9	3	102	12	117	2%	87%	10%
10	5	114	11	130	4%	87%	8%
11	7	127	12	145	5%	87%	8%
12	9	130	12	150	6%	86%	8%
13	8	127	11	146	5%	87%	8%
14	9	140	12	161	5%	87%	8%
15	9	168	10	187	5%	90%	5%
16	9	177	6	192	5%	92%	3%
17	12	163	7	182	6%	90%	4%
18	12	140	4	157	8%	89%	3%
19	11	100	3	114	9%	88%	3%
20	6	76	2	84	7%	91%	2%
21	3	53	2	58	5%	92%	3%
22	1	39	1	41	2%	94%	3%
23	1	19	1	21	3%	94%	3%

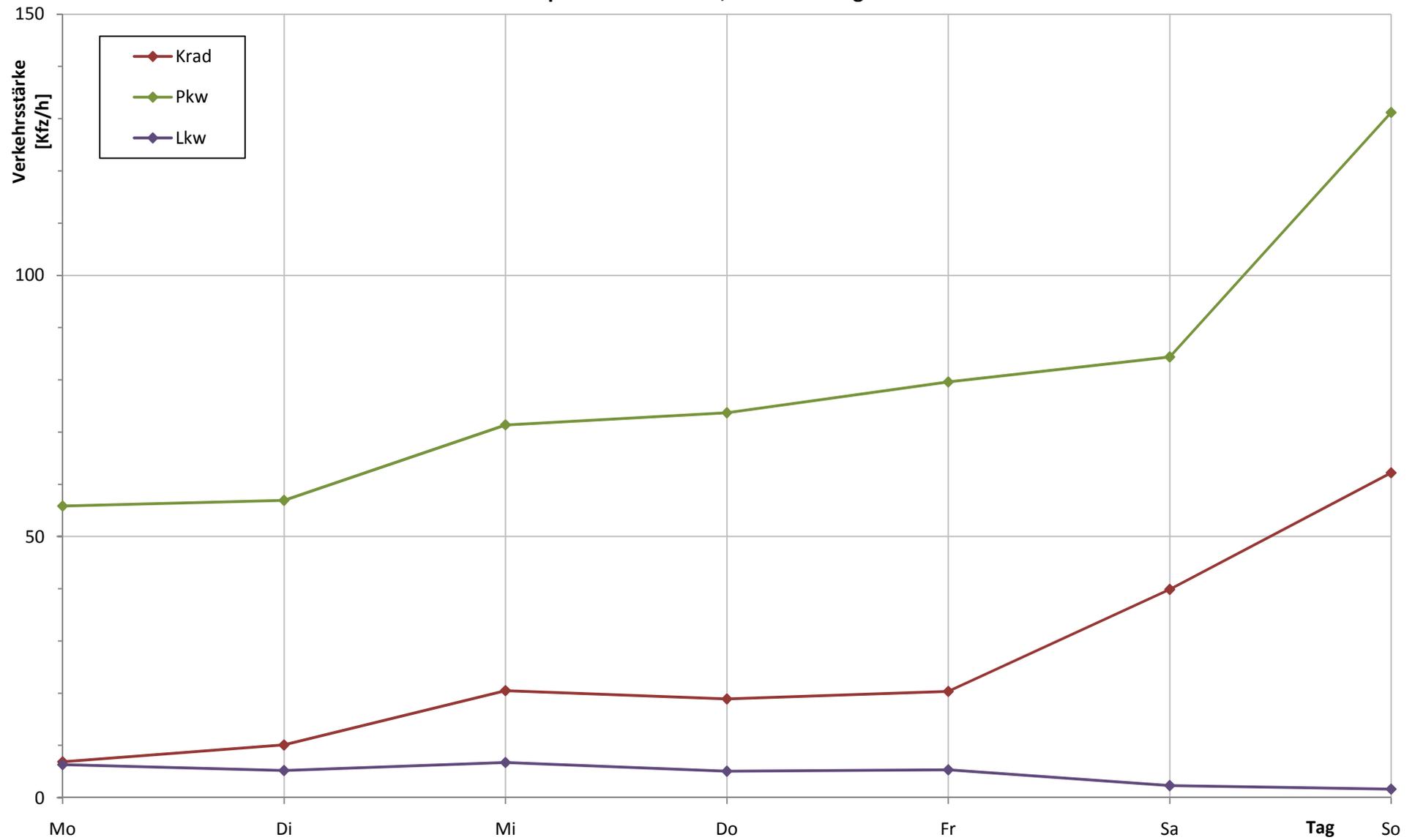
Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Tag (6-22 Uhr)	113	1.861	136	2.110	5%	88%	6%
Nacht (22-6 Uhr)	4	122	15	142	3%	86%	11%
Ganztags (0-24 Uhr)	117	1.983	152	2.252	5%	88%	7%

**Messpunkt L 559, Fahrtrichtung Leopoldshafen / Rheinfähre
So, 2009-05-17 und Sa, 2009-05-30 (2 Tage)**

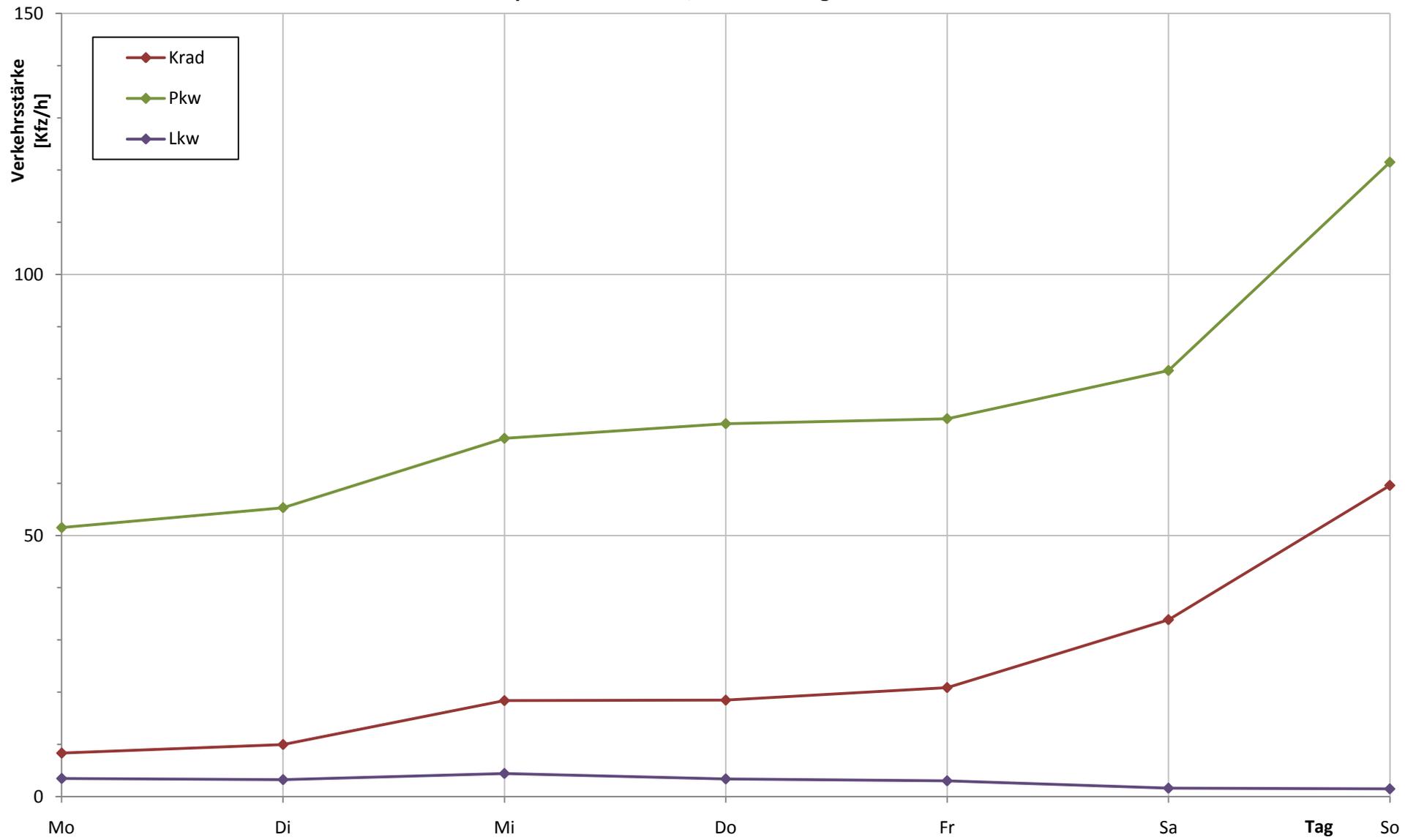
Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
0	1	4	0	5	11%	89%	0%
1	0	3	0	3	0%	100%	0%
2	0	3	0	3	0%	100%	0%
3	0	1	0	1	0%	100%	0%
4	0	0	0	0			
5	1	1	0	2	33%	67%	0%
6	1	10	0	10	5%	95%	0%
7	5	32	1	38	13%	84%	3%
8	12	71	0	83	14%	86%	0%
9	21	87	1	108	19%	80%	0%
10	44	108	1	153	29%	71%	1%
11	70	113	0	183	38%	62%	0%
12	64	115	0	179	36%	64%	0%
13	45	127	1	172	26%	74%	0%
14	71	161	0	232	31%	69%	0%
15	68	177	1	245	28%	72%	0%
16	54	170	1	224	24%	76%	0%
17	29	164	2	195	15%	84%	1%
18	21	84	0	105	20%	80%	0%
19	13	59	0	72	18%	82%	0%
20	7	46	0	53	12%	88%	0%
21	5	32	1	38	13%	85%	1%
22	3	20	0	22	11%	89%	0%
23	0	7	0	7	0%	100%	0%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Tag (6-22 Uhr)	527	1.552	7	2.085	25%	74%	0%
Nacht (22-6 Uhr)	4	37	0	41	9%	91%	0%
Ganztags (0-24 Uhr)	530	1.589	7	2.126	25%	75%	0%

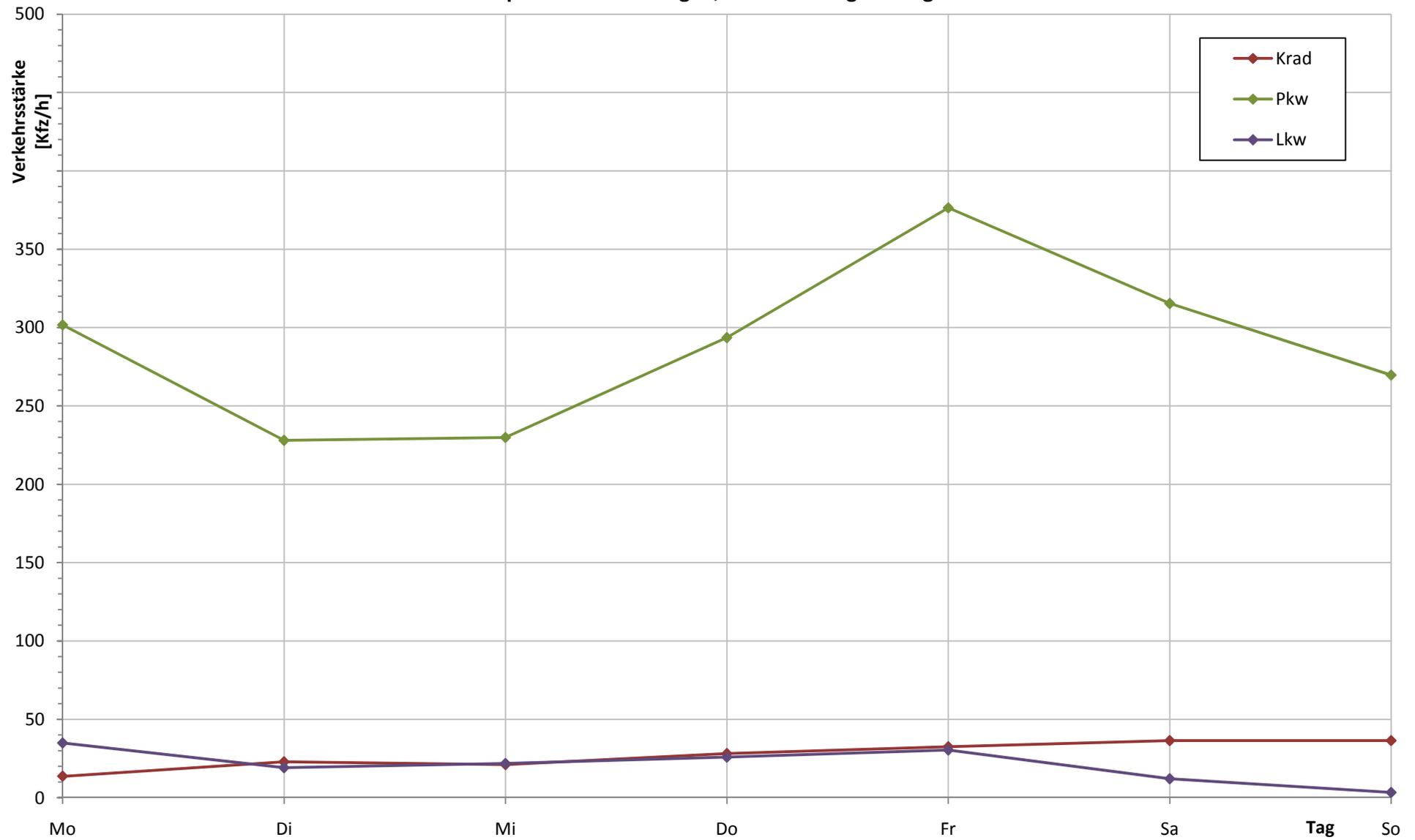
Stündliche Verkehrsstärke, Wochengang
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand



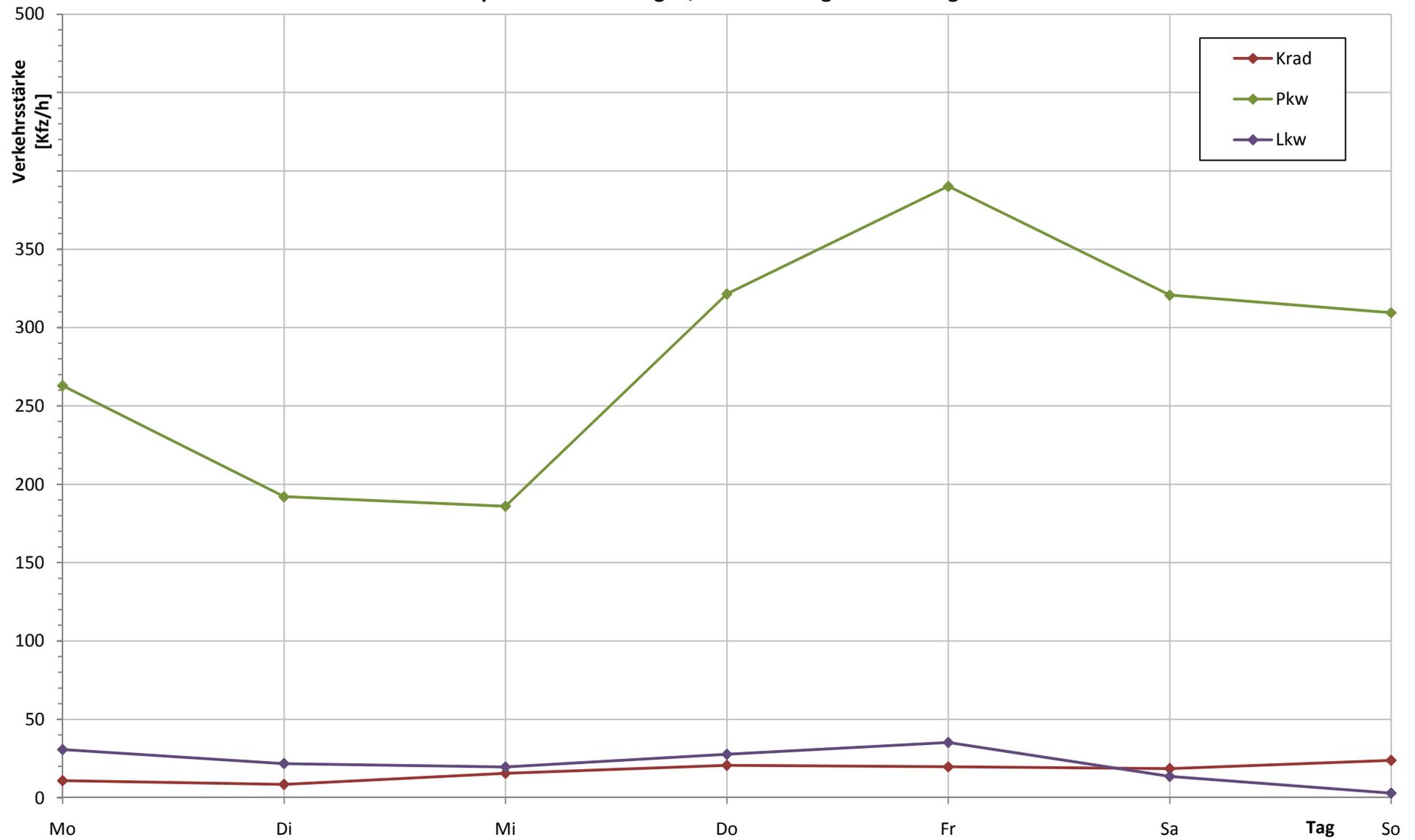
Stündliche Verkehrsstärke, Wochengang
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies



Stündliche Verkehrsstärke, Wochengang
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen



Stündliche Verkehrsstärke, Wochengang
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen



Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand
Mi, 2009-06-10 14:00 bis Mi, 2009-07-01 13:59 (22 Tage)

Tag	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo	7	56	6	69	10%	81%	9%
Di	10	57	5	72	14%	79%	7%
Mi	21	71	7	99	21%	72%	7%
Do	19	74	5	98	19%	75%	5%
Fr	20	80	5	105	19%	76%	5%
Sa	40	84	2	127	32%	67%	2%
So	62	131	2	195	32%	67%	1%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo-Fr	77	337	29	443	17%	76%	6%
Sa-So	102	216	4	322	32%	67%	1%
Mo-So	179	553	33	764	23%	72%	4%

Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies
Mi, 2009-06-10 14:00 bis Mi, 2009-07-01 13:59 (22 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo	8	52	3	63	13%	81%	5%
Di	10	55	3	69	15%	81%	5%
Mi	18	69	4	91	20%	75%	5%
Do	18	71	3	93	20%	77%	4%
Fr	21	72	3	96	22%	75%	3%
Sa	34	82	2	117	29%	70%	1%
So	60	122	1	183	33%	67%	1%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo-Fr	76	319	17	413	18%	77%	4%
Sa-So	93	203	3	300	31%	68%	1%
Mo-So	169	522	21	712	24%	73%	3%

Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen
Do, 2009-07-02 15:00 bis Mo, 2009-07-20 14:59 (19 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo	14	302	35	350	4%	86%	10%
Di	23	228	19	270	8%	84%	7%
Mi	21	230	22	273	8%	84%	8%
Do	28	294	26	348	8%	84%	7%
Fr	32	376	30	439	7%	86%	7%
Sa	36	315	12	364	10%	87%	3%
So	36	270	3	309	12%	87%	1%

Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo-Fr	118	1.430	132	1.680	7%	85%	8%
Sa-So	73	585	15	673	11%	87%	2%
Mo-So	191	2.015	148	2.353	8%	86%	6%

Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen
Do, 2009-07-09 13:00 bis Mo, 2009-07-20 12:59 (12 Tage)

Stunde	Stündliche Verkehrsstärke M [Kfz/h]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo	11	263	31	305	4%	86%	10%
Di	8	192	22	222	4%	86%	10%
Mi	16	186	20	221	7%	84%	9%
Do	21	322	28	370	6%	87%	8%
Fr	20	390	35	445	4%	88%	8%
Sa	19	321	14	353	5%	91%	4%
So	24	310	3	336	7%	92%	1%

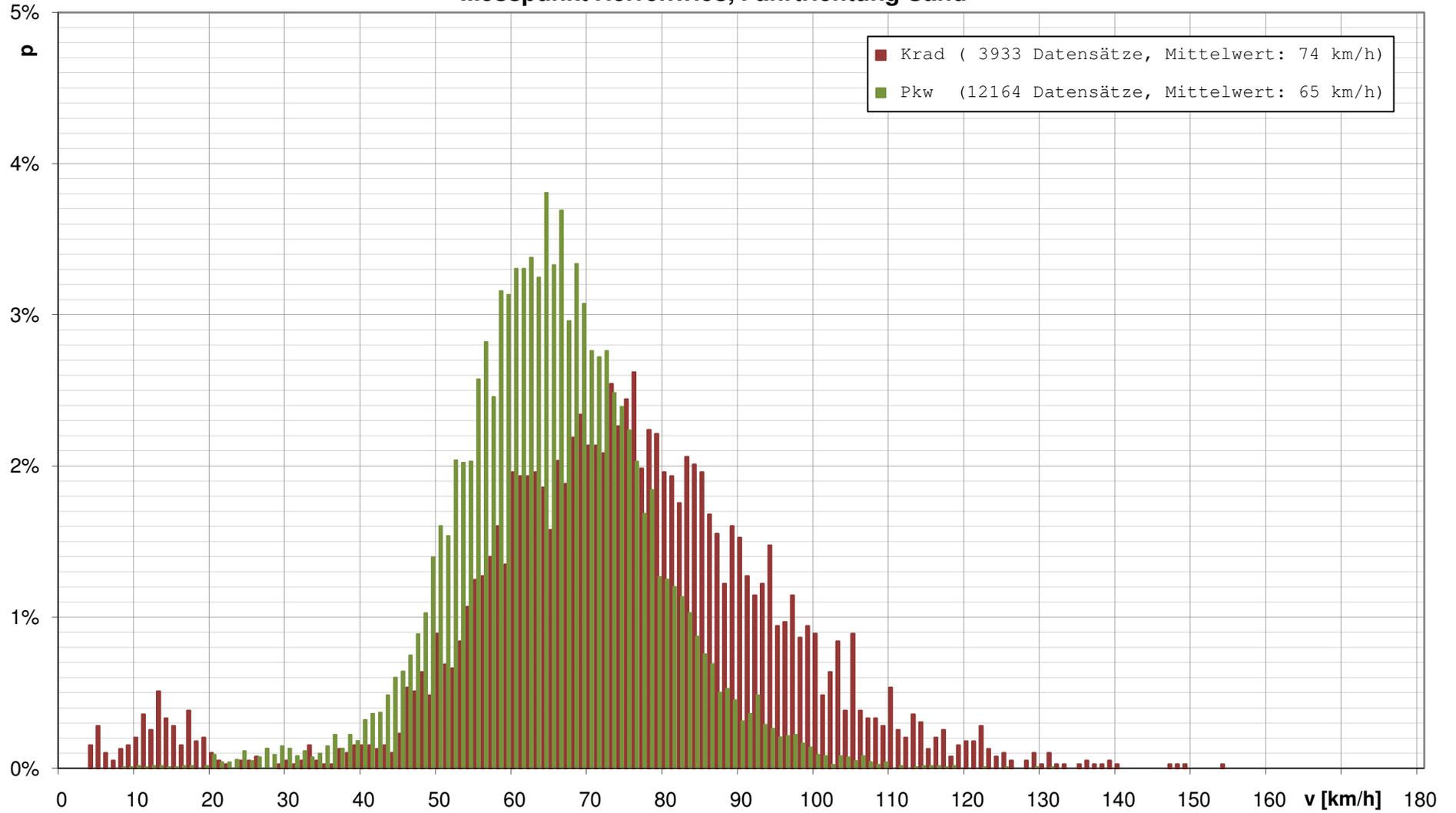
Zeitraum	Verkehrsstärke M [Kfz]				Anteil am Gesamtverkehr p		
	Krad	Pkw	Lkw	ges	Krad	Pkw	Lkw
Mo-Fr	75	1.353	135	1.563	5%	87%	9%
Sa-So	42	630	16	689	6%	91%	2%
Mo-So	117	1.983	152	2.252	5%	88%	7%

Anlage 3

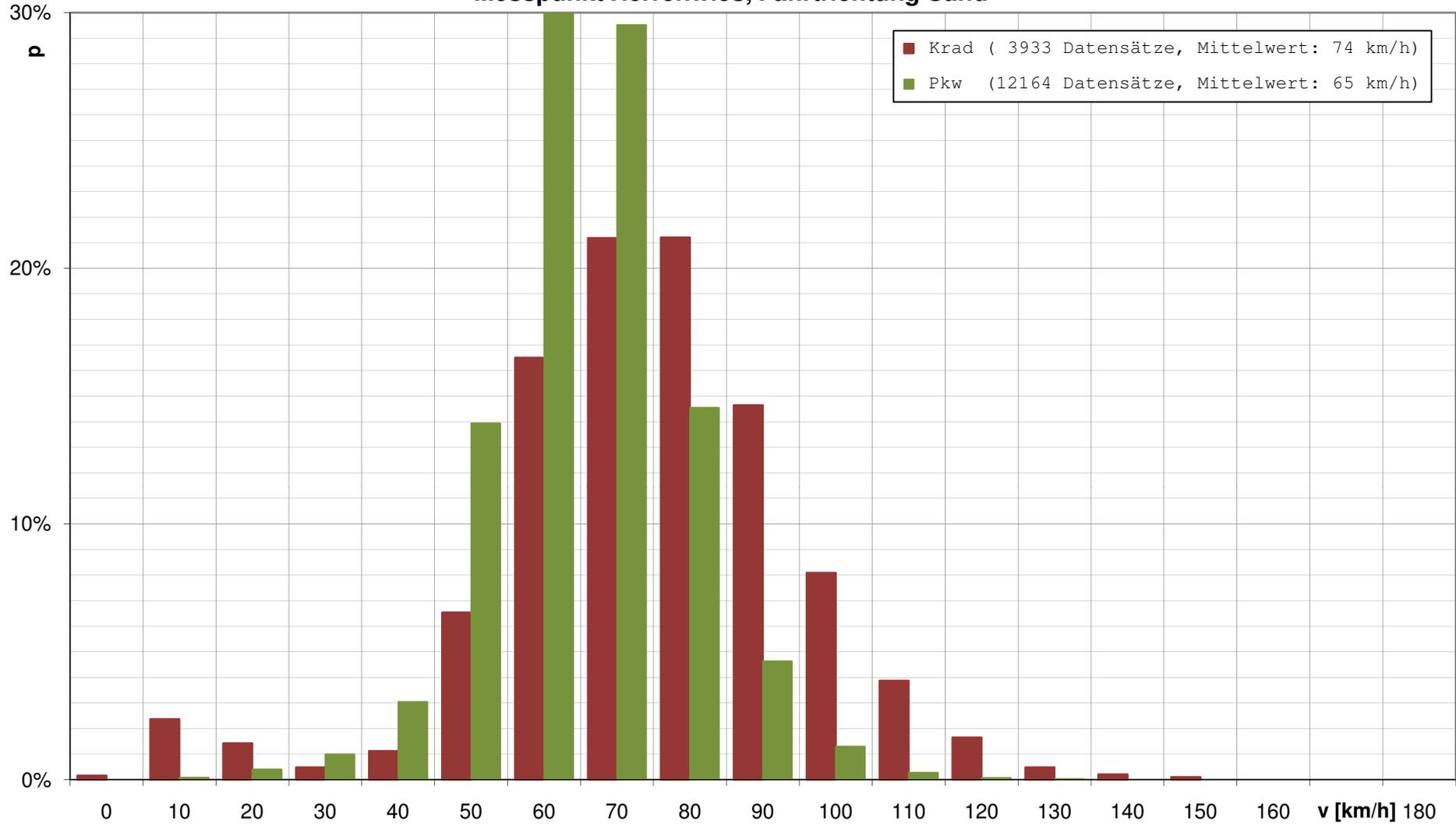
Auswertung der Geschwindigkeiten

Anlage 3.1	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.2	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.3	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.4	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.5	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.6	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.7	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.8	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (10-km/h-Klassen)
Anlage 3.9	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Leopoldshafen (1-km/h-Klassen)
Anlage 3.10	Diagramm Geschwindigkeitsverteilung Leopoldshafen (10-km/h-Klassen)

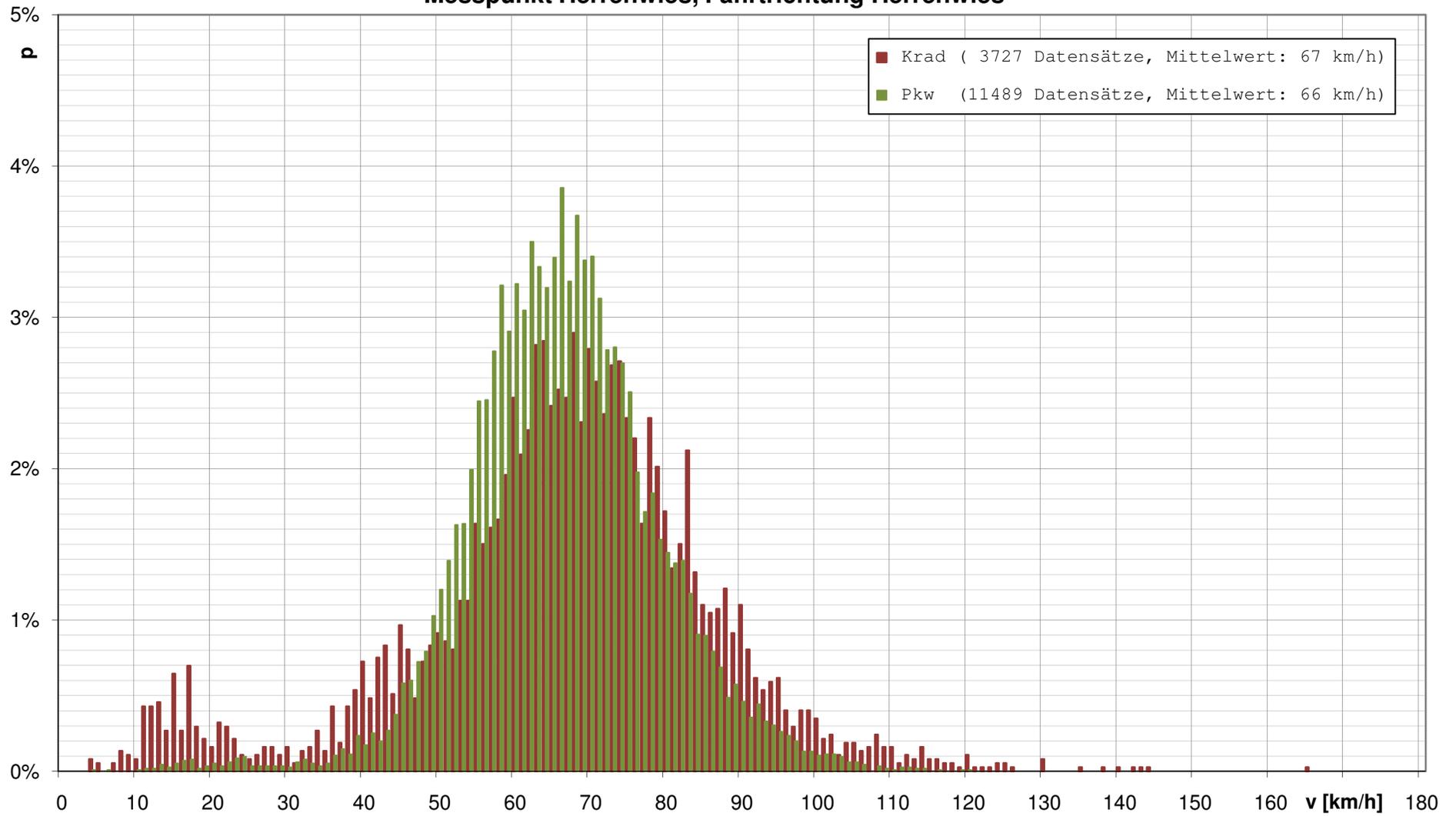
Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand



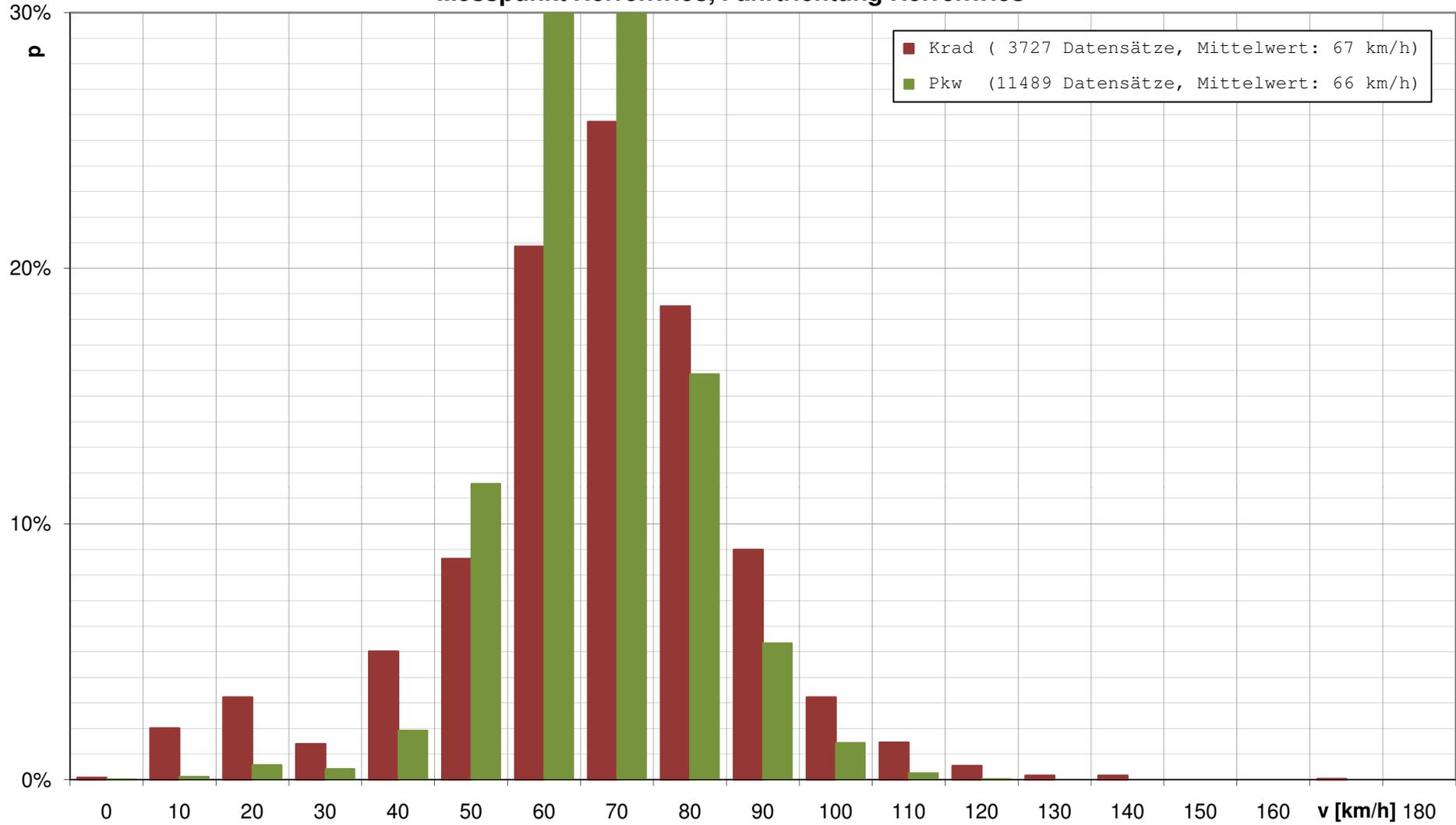
**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Sand**



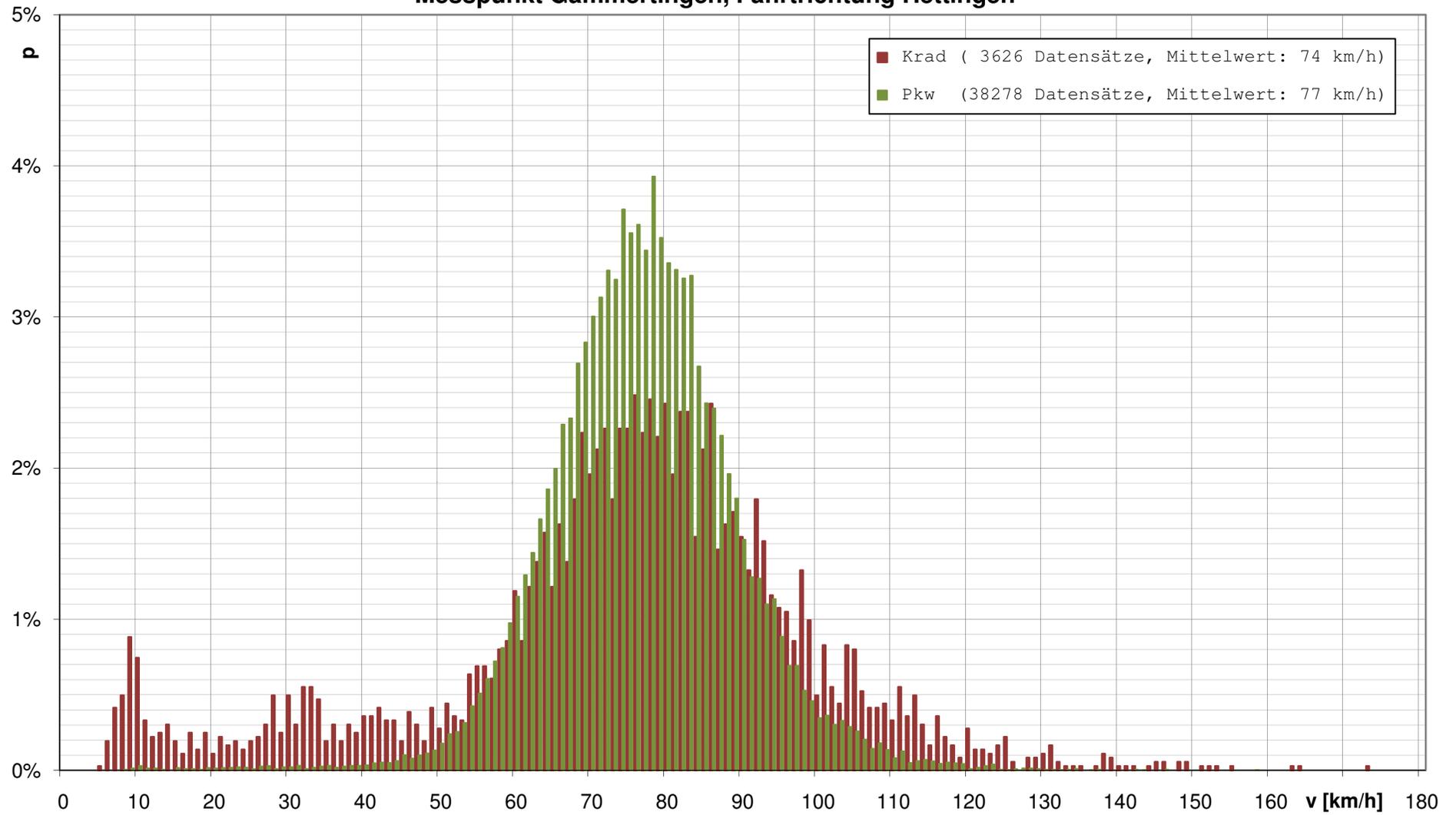
Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies



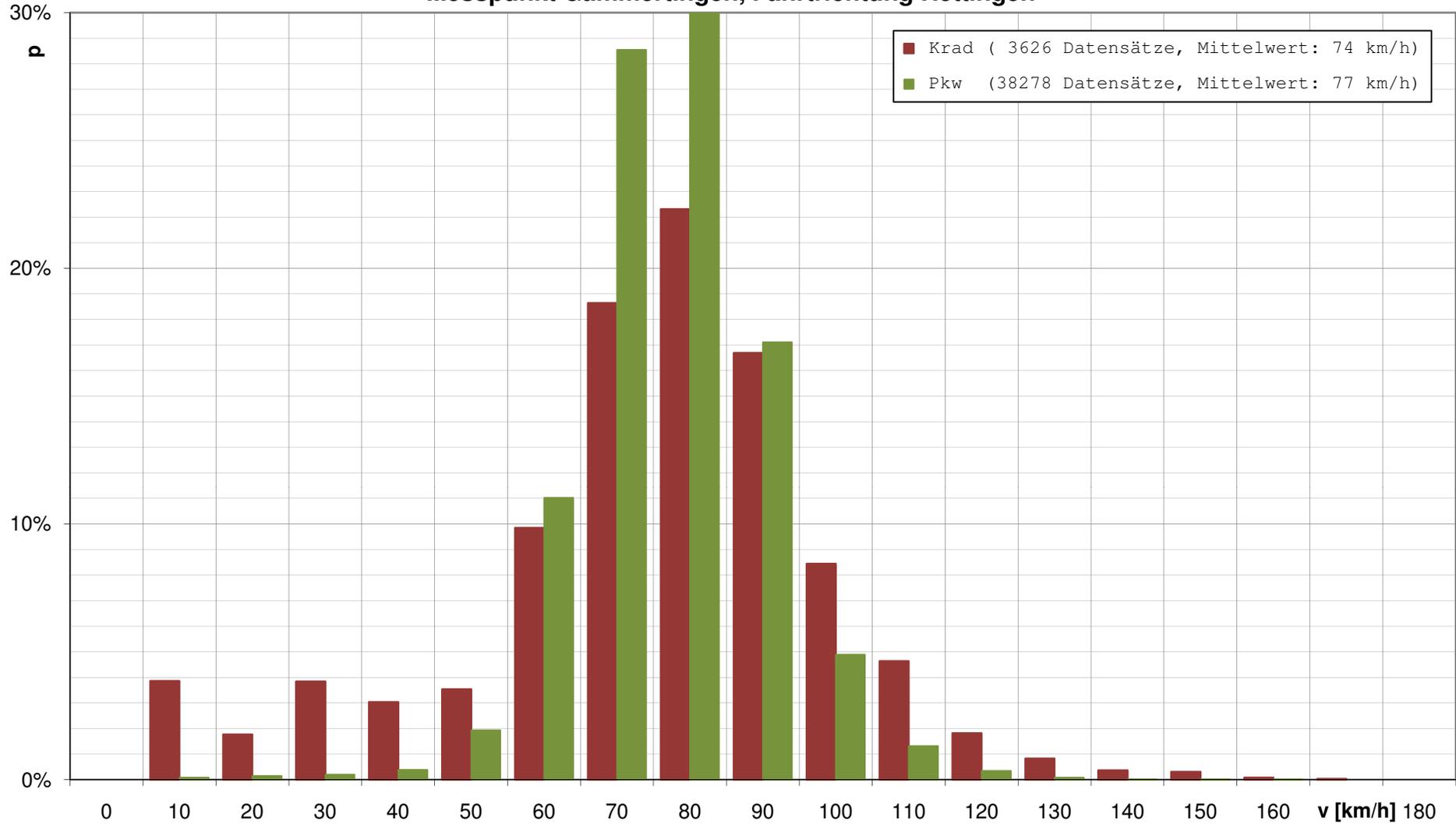
**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies**



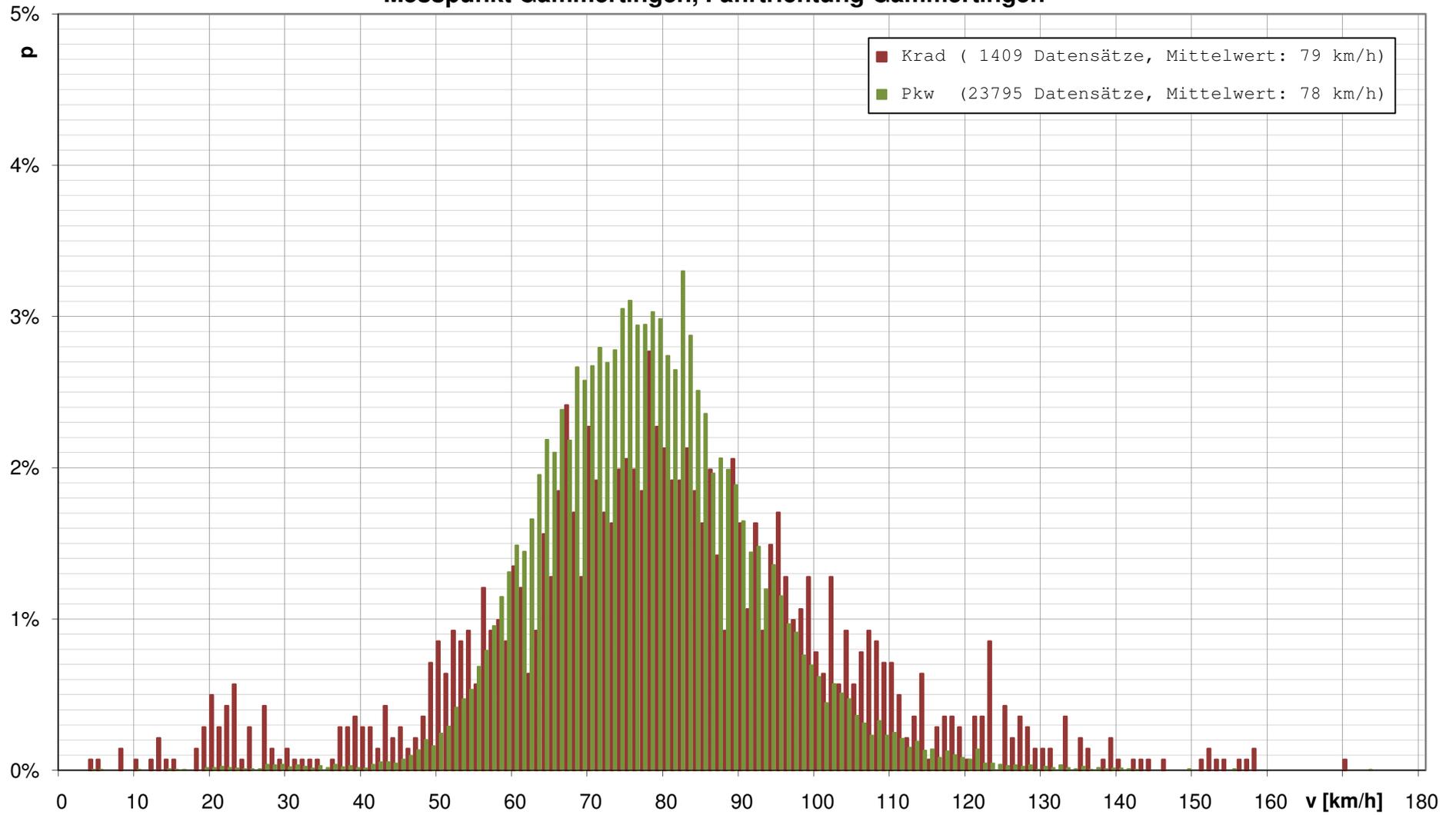
Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen



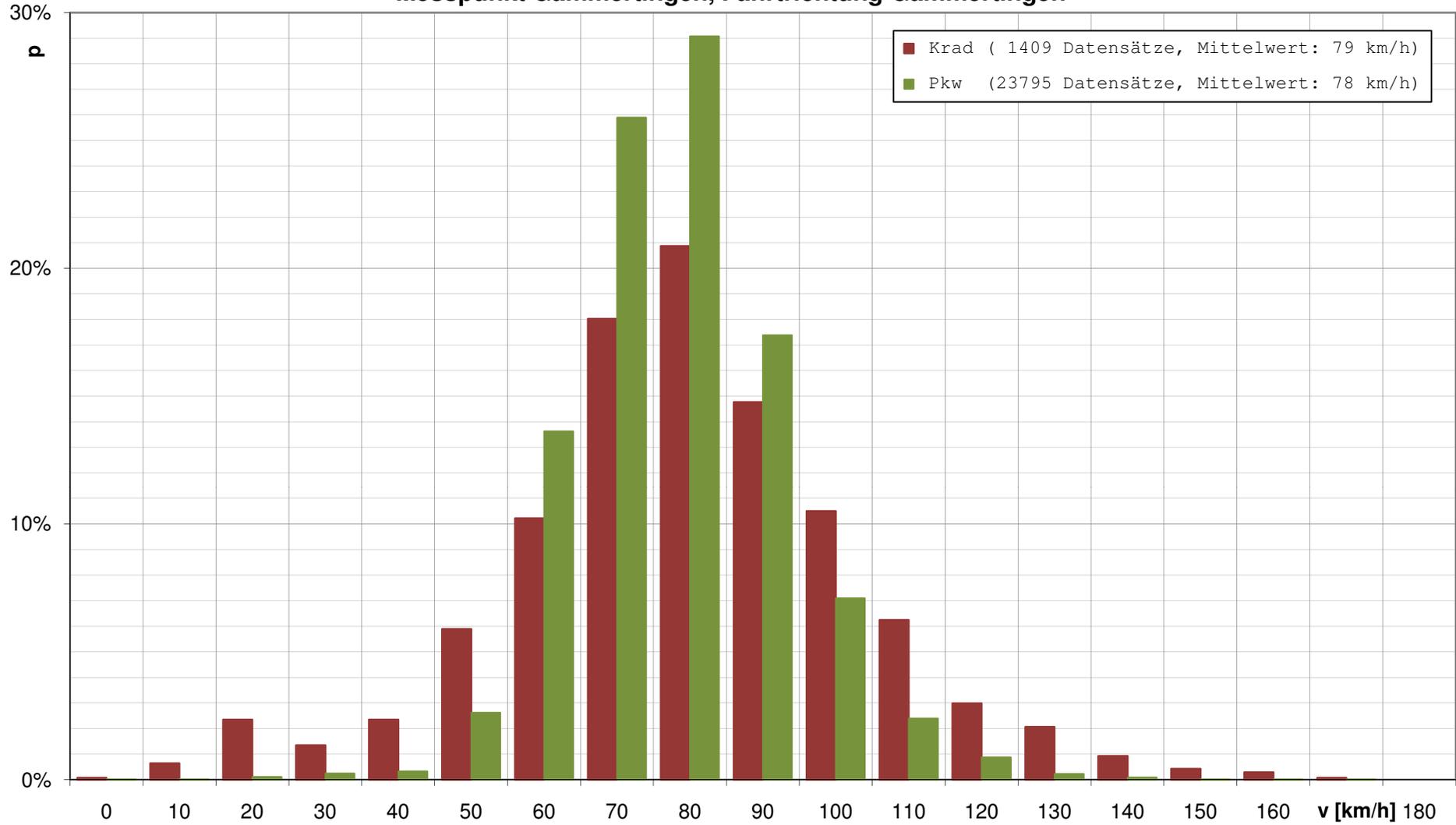
**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen**



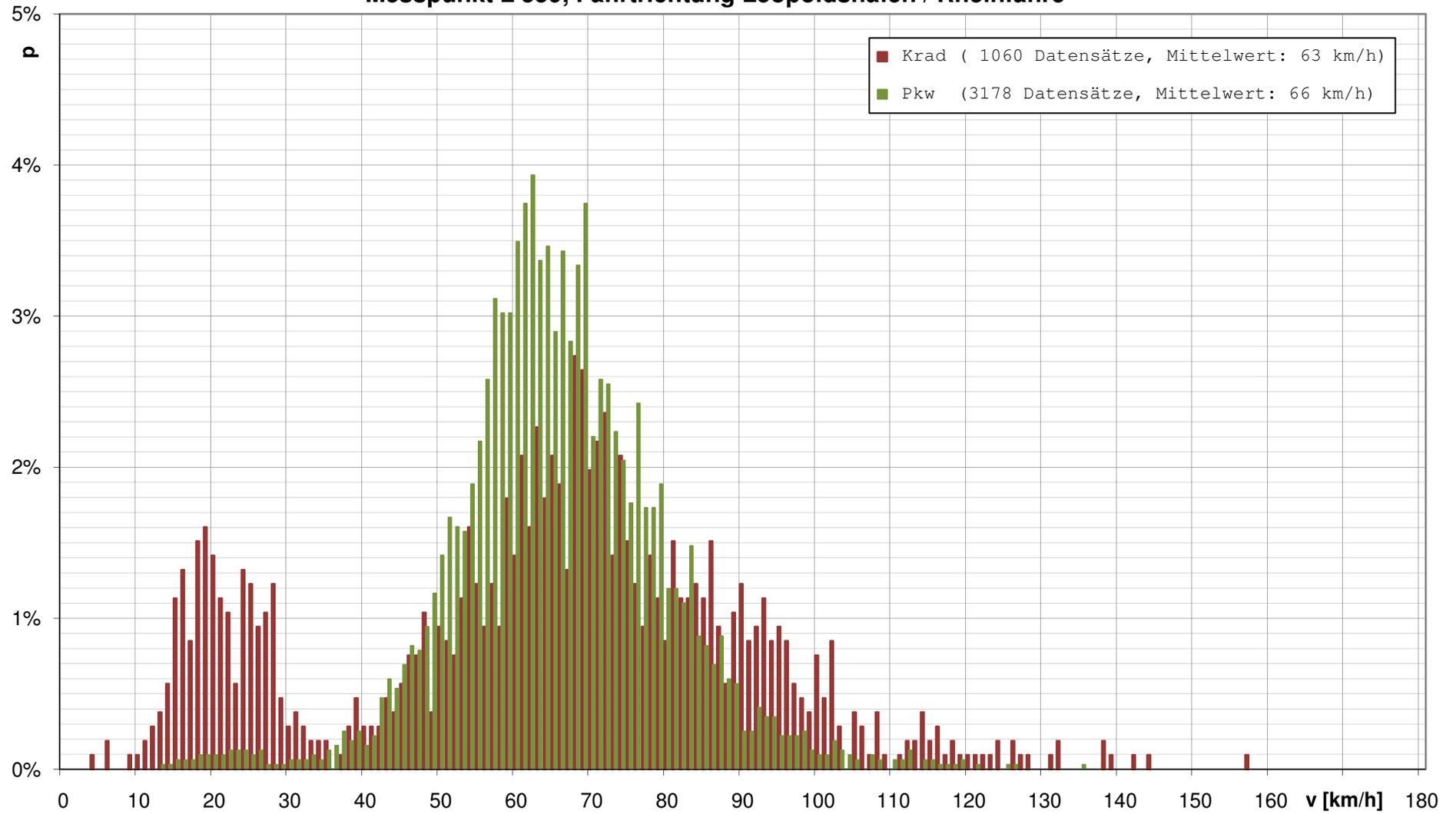
Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen



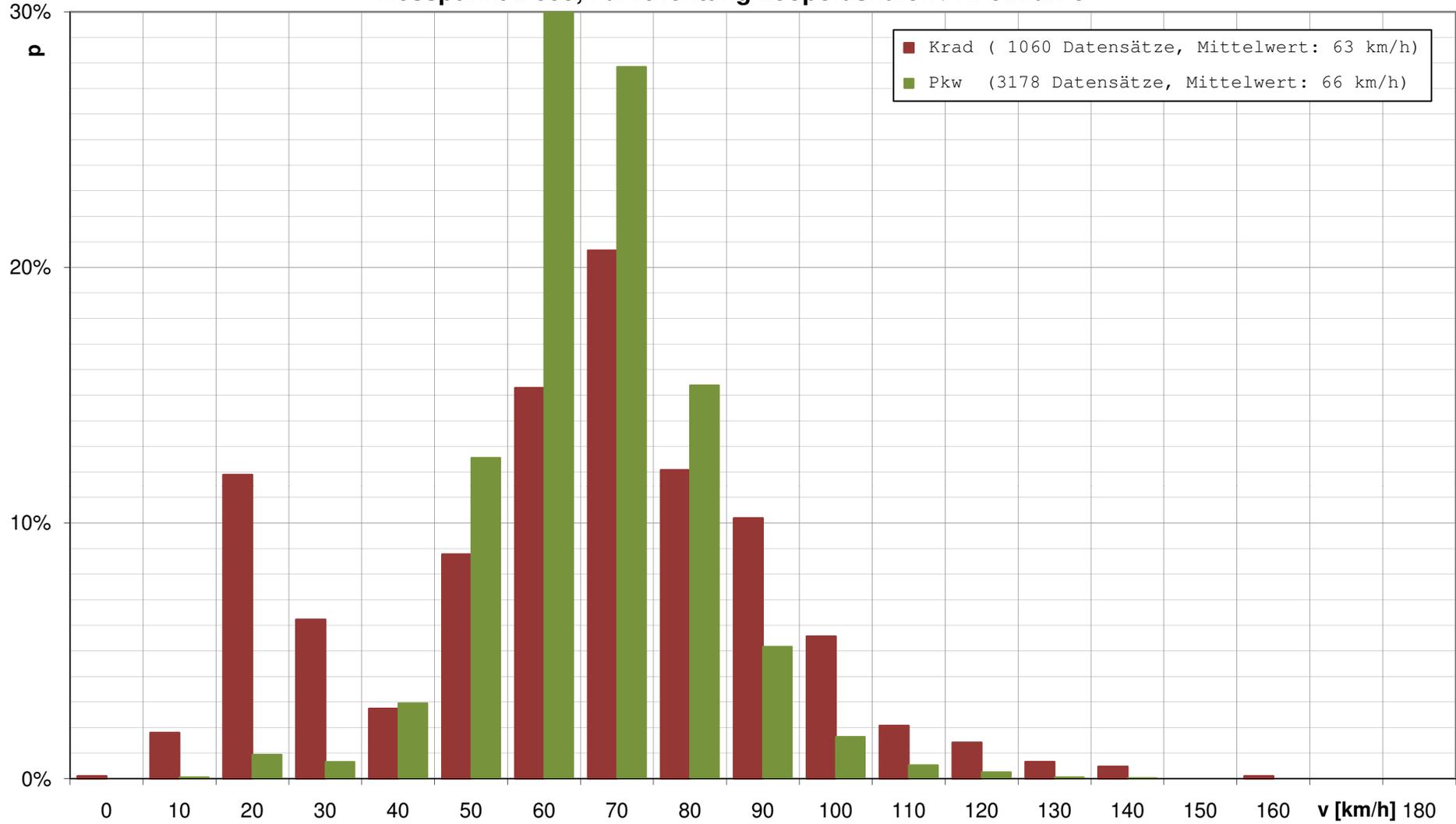
**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen**



**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt L 559, Fahrtrichtung Leopoldshafen / Rheinfähre**



**Geschwindigkeitsverteilung für Krad und Pkw
Messpunkt L 559, Fahrtrichtung Leopoldshafen / Rheinfähre**

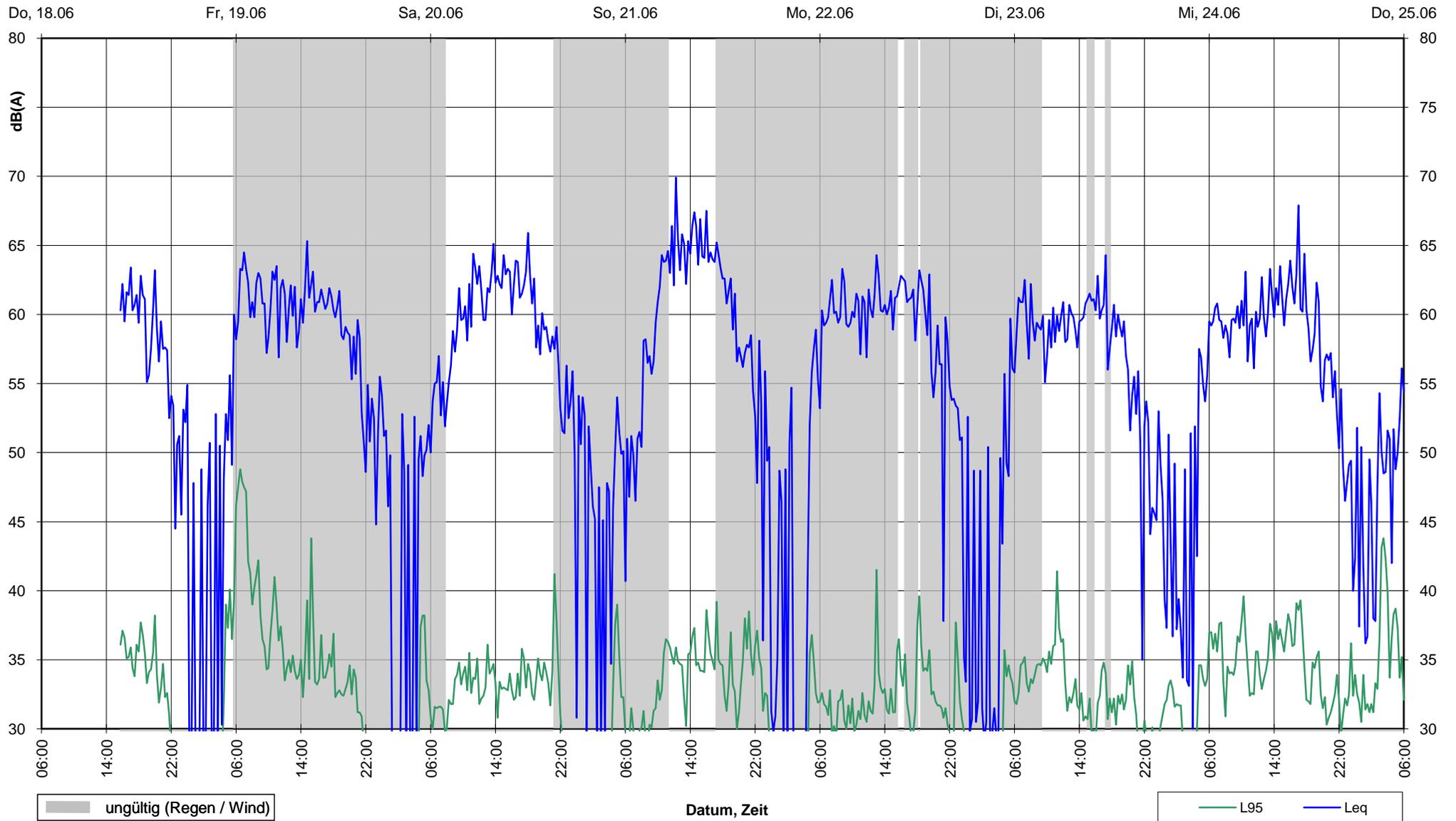


Anlage 4

Zeit-Verlauf der Messwerte in 15-Minuten Intervallen

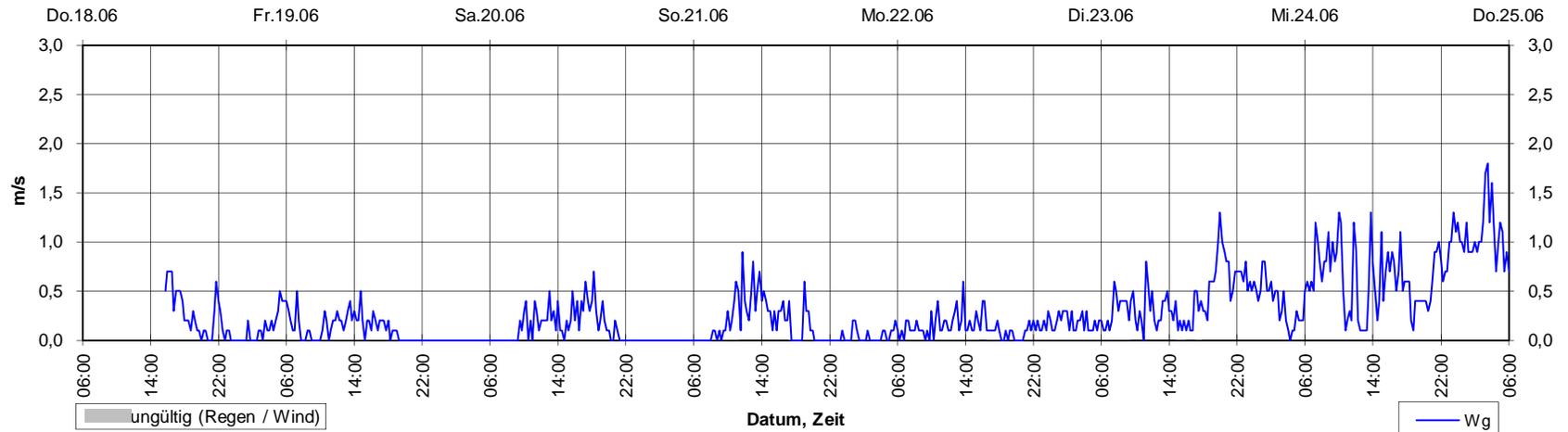
Anlage 4.1	Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: L_{Aeq} , L_{95}
Anlage 4.2	Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: Winddaten
Anlage 4.3	Diagramm MP Herrenwies, 18.06.2009 – 25.06.2009: Wetterdaten
Anlage 4.4	Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
Anlage 4.5	Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: Winddaten
Anlage 4.6	Diagramm MP Herrenwies, 26.06.2009 – 02.07.2009: Wetterdaten
Anlage 4.7	Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
Anlage 4.8	Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: Winddaten
Anlage 4.9	Diagramm MP Gammertingen, 02.07.2009 – 09.07.2009: Wetterdaten
Anlage 4.10	Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
Anlage 4.11	Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: Winddaten
Anlage 4.12	Diagramm MP Gammertingen, 09.07.2009 – 16.07.2009: Wetterdaten
Anlage 4.13	Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: L_{Aeq} , L_{95}
Anlage 4.14	Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: Winddaten
Anlage 4.15	Diagramm MP Gammertingen, 16.07.2009 – 21.07.2009: Wetterdaten

15 Minuten Mittelwerte - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

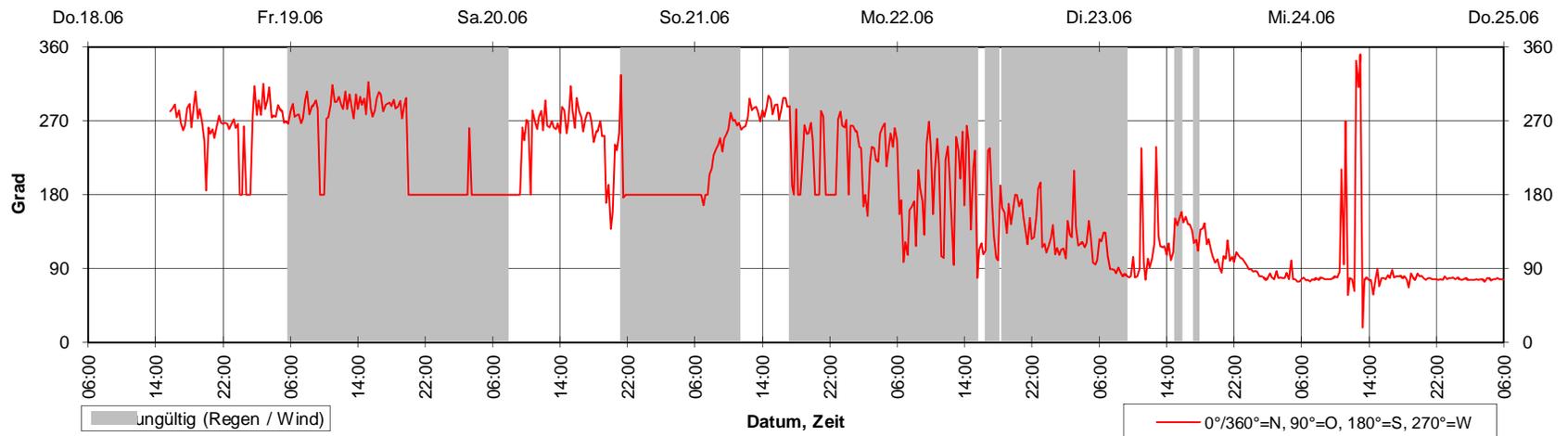


Winddaten - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

Windgeschwindigkeit

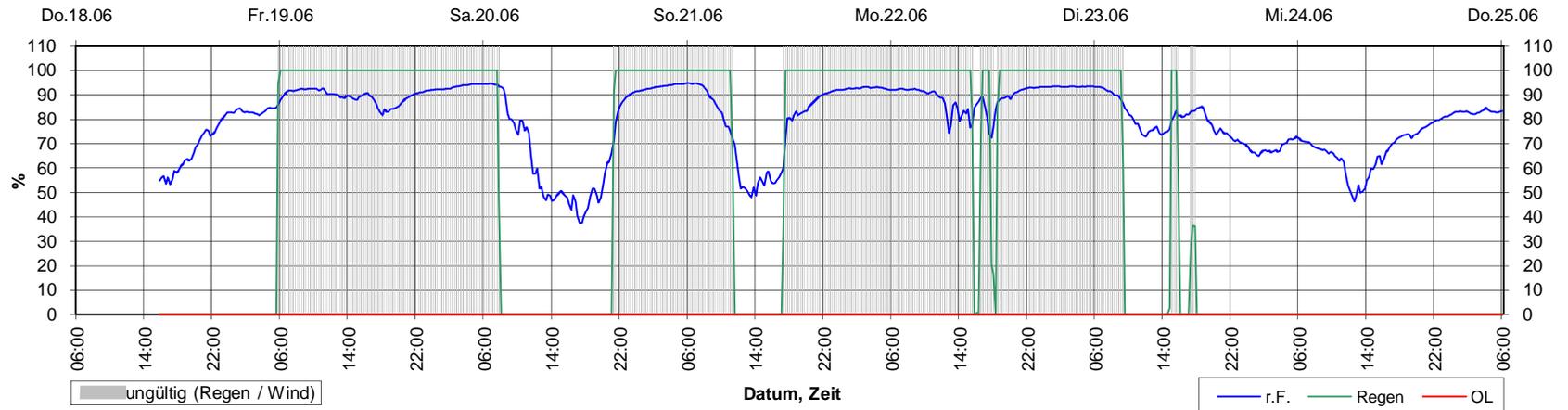


Windrichtung

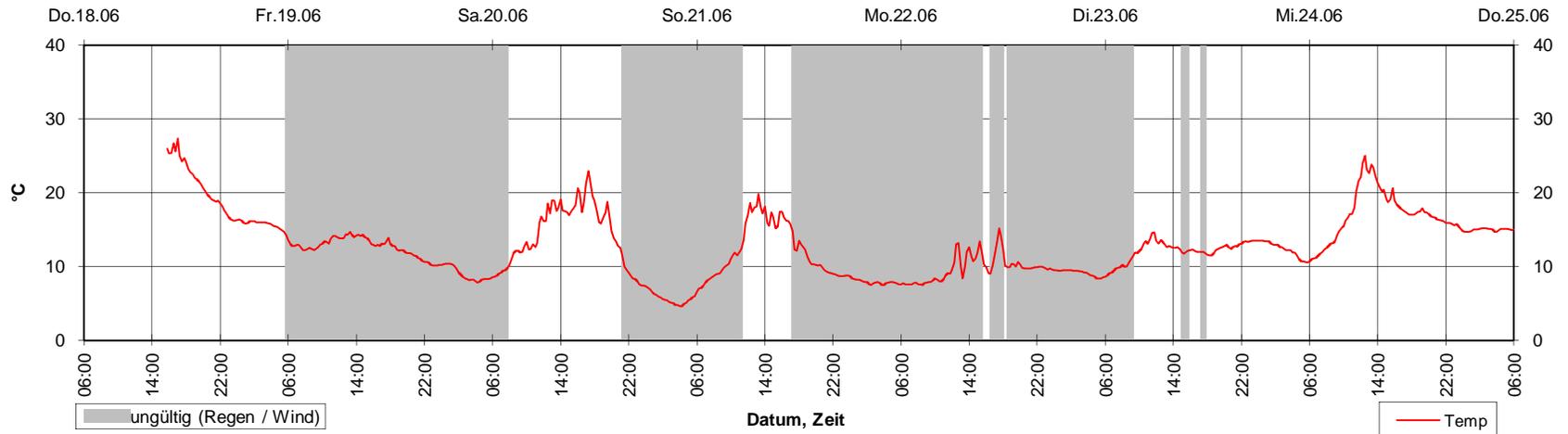


Meteorologie - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

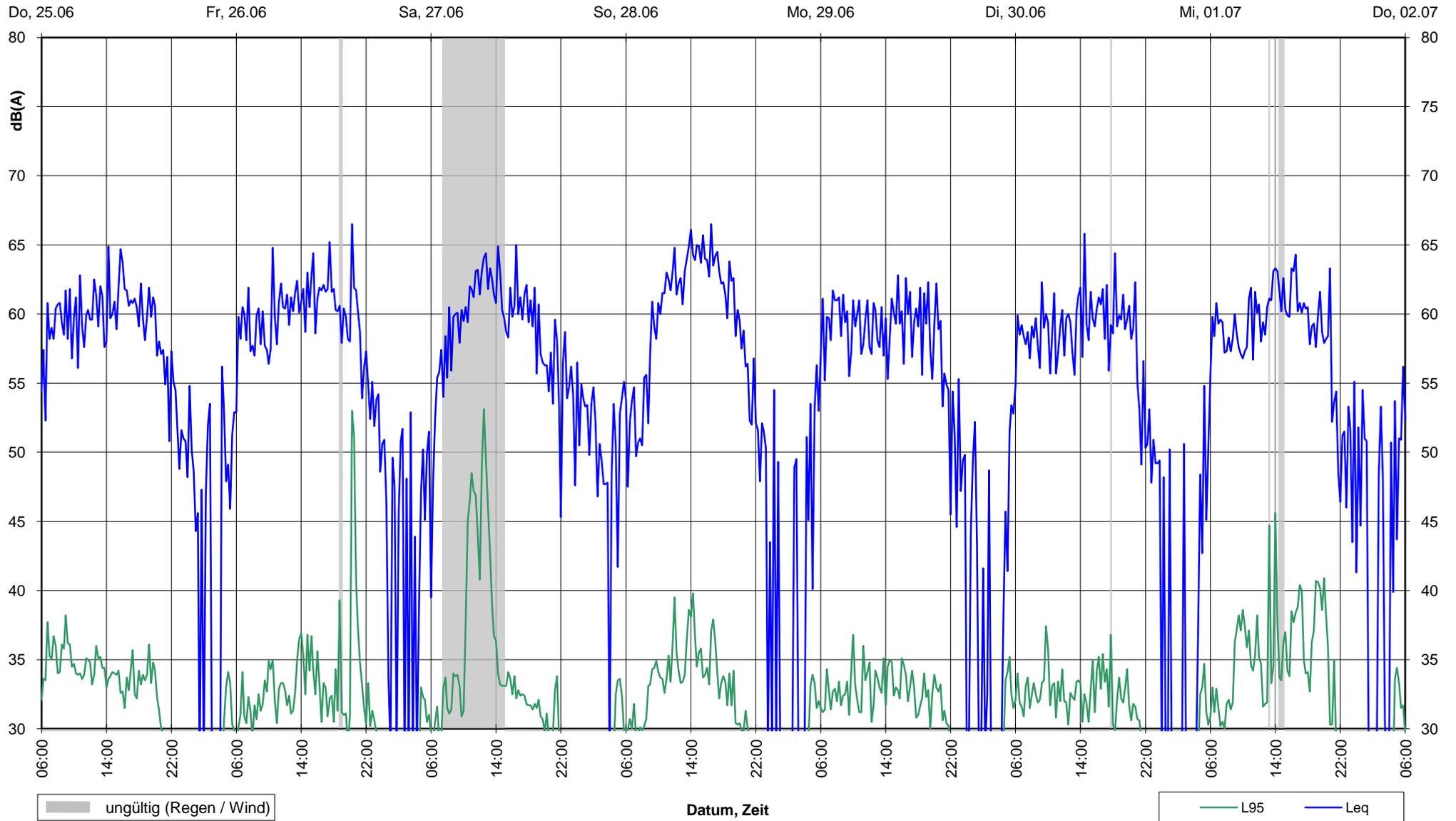
Regenanteil, relative Luftfeuchte, Overload



Temperatur

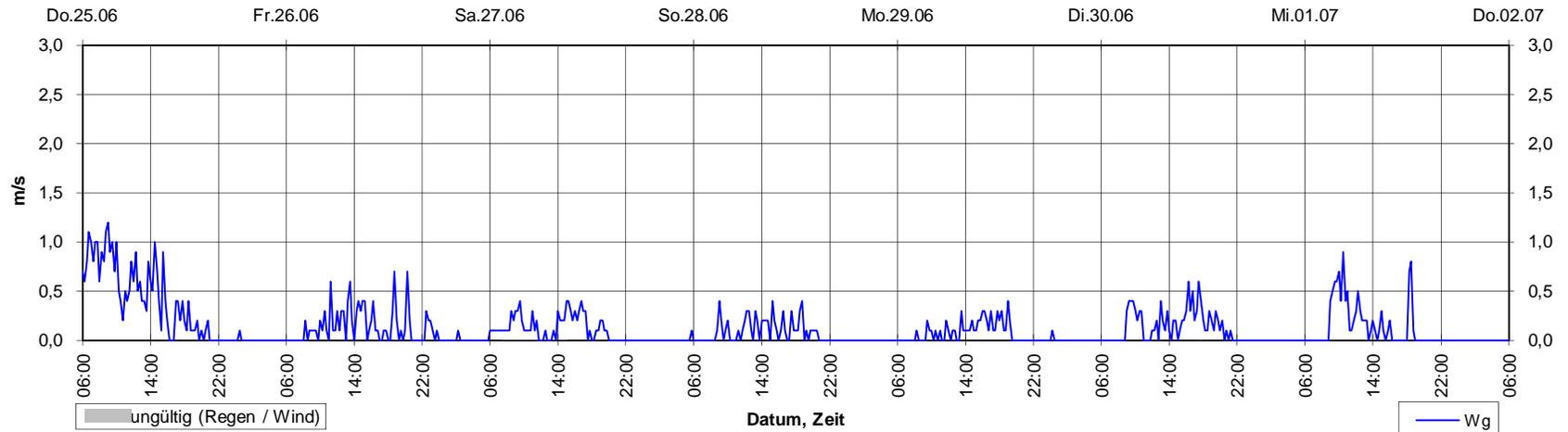


15 Minuten Mittelwerte - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

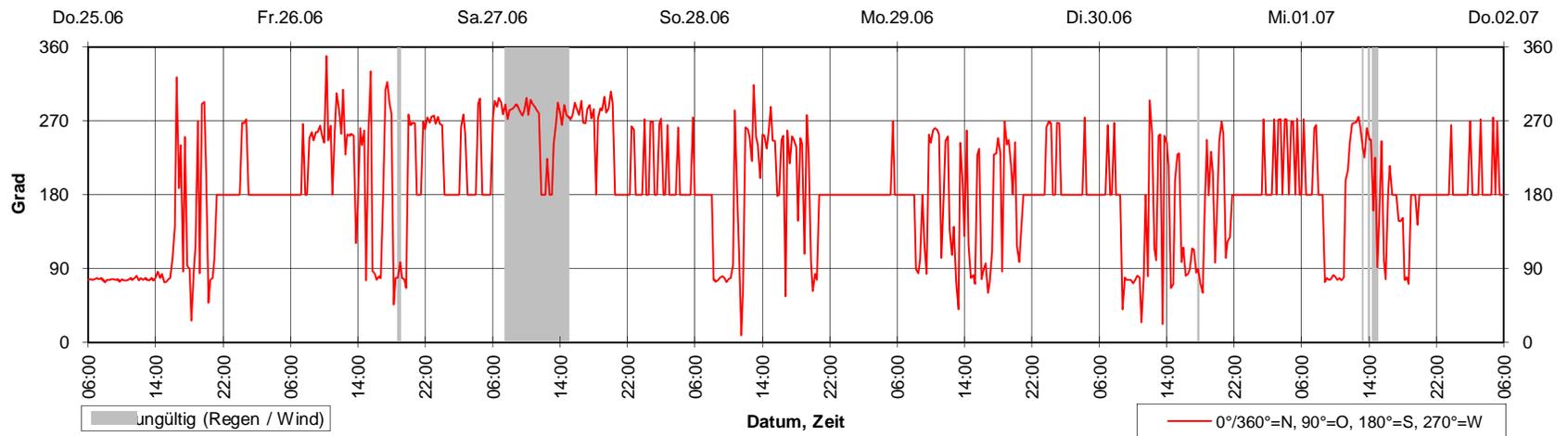


Winddaten - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

Windgeschwindigkeit

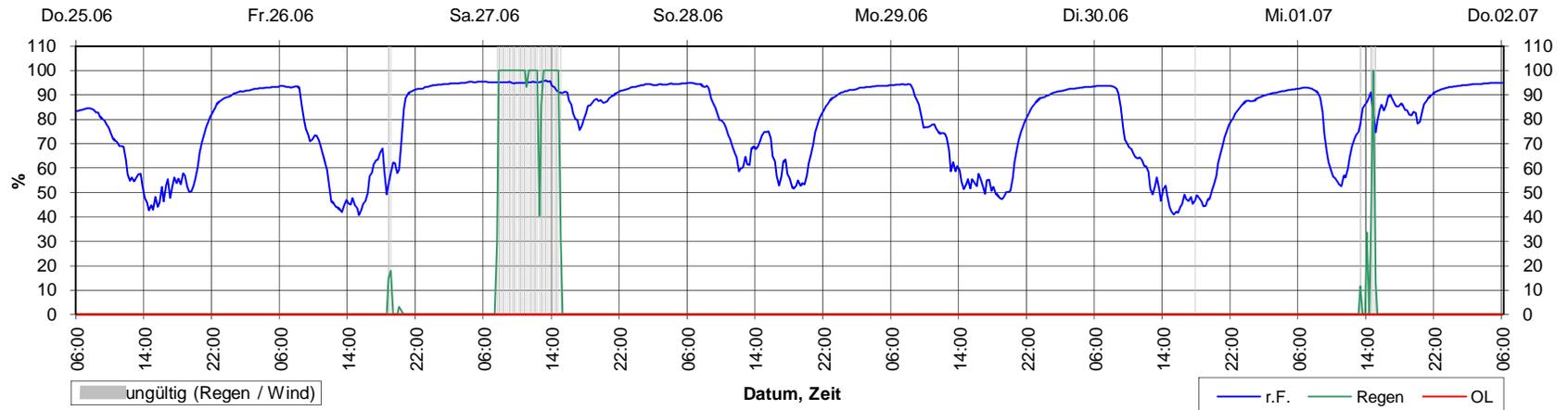


Windrichtung



Meteorologie - MP Herrenwies - 18.06.2009 bis 02.07.2009

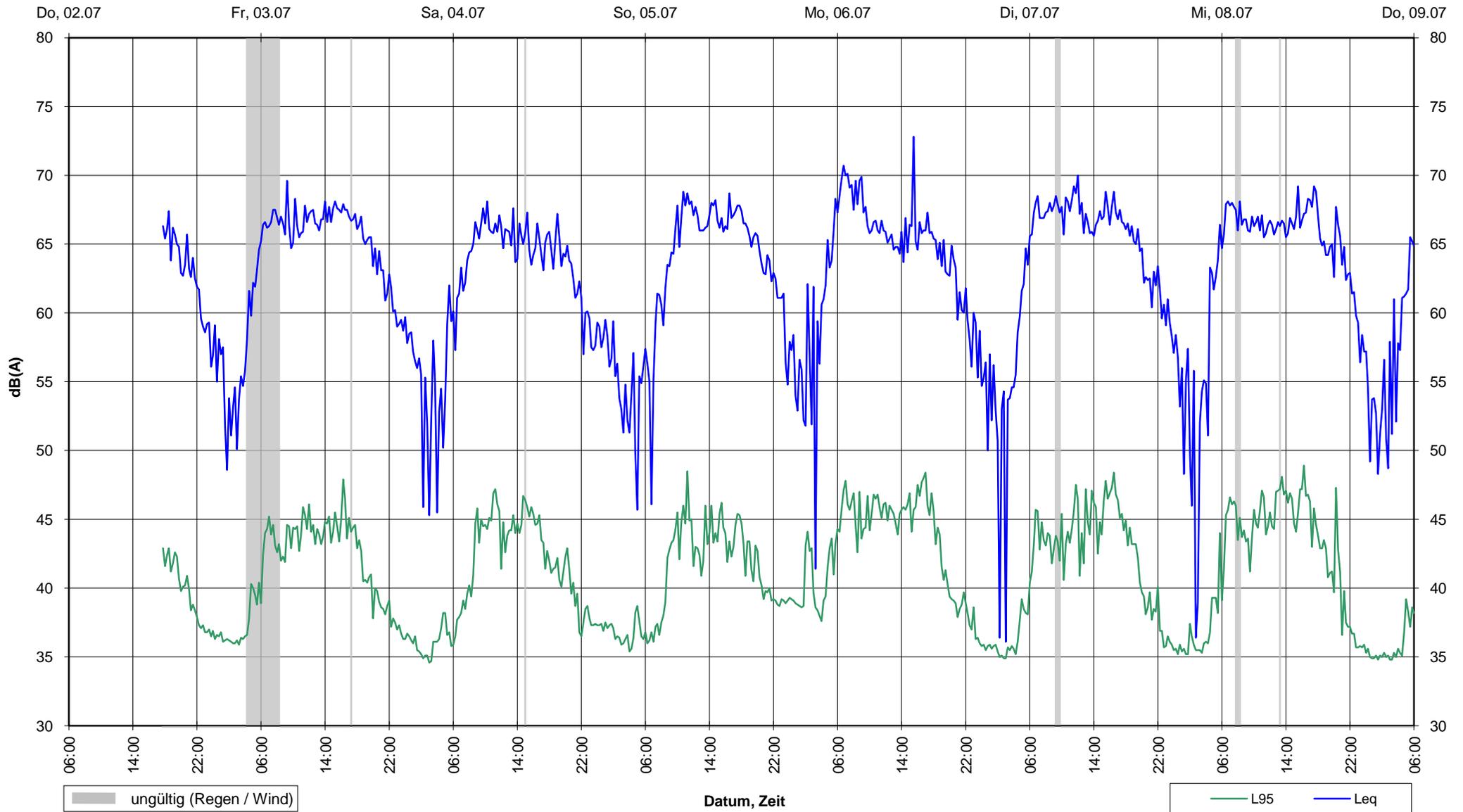
Regenanteil, relative Luftfeuchte, Overload



Temperatur

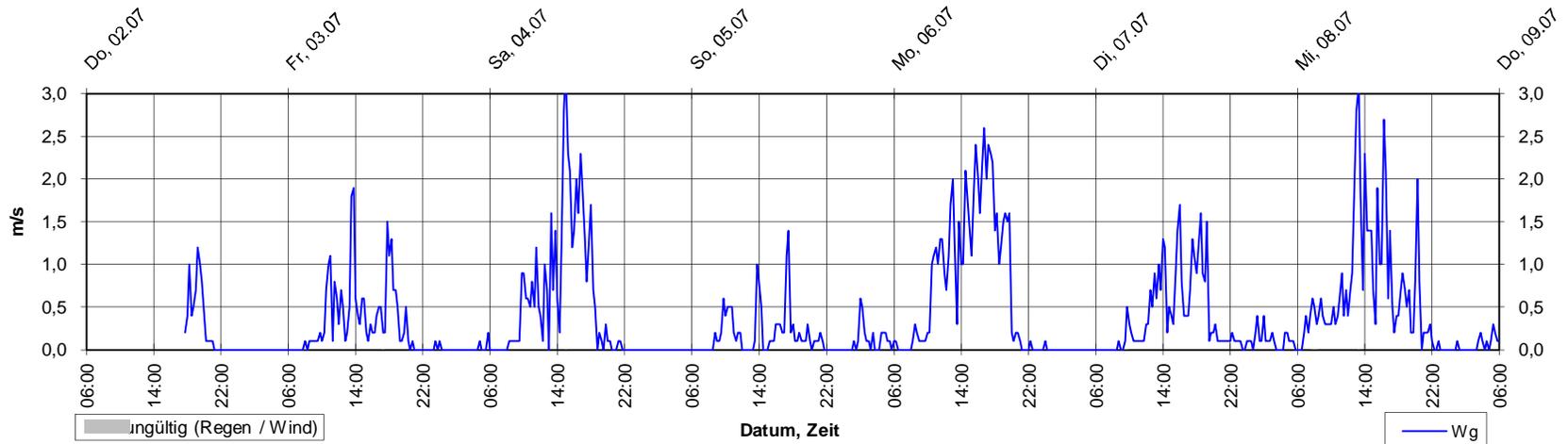


15 Minuten Mittelwerte - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

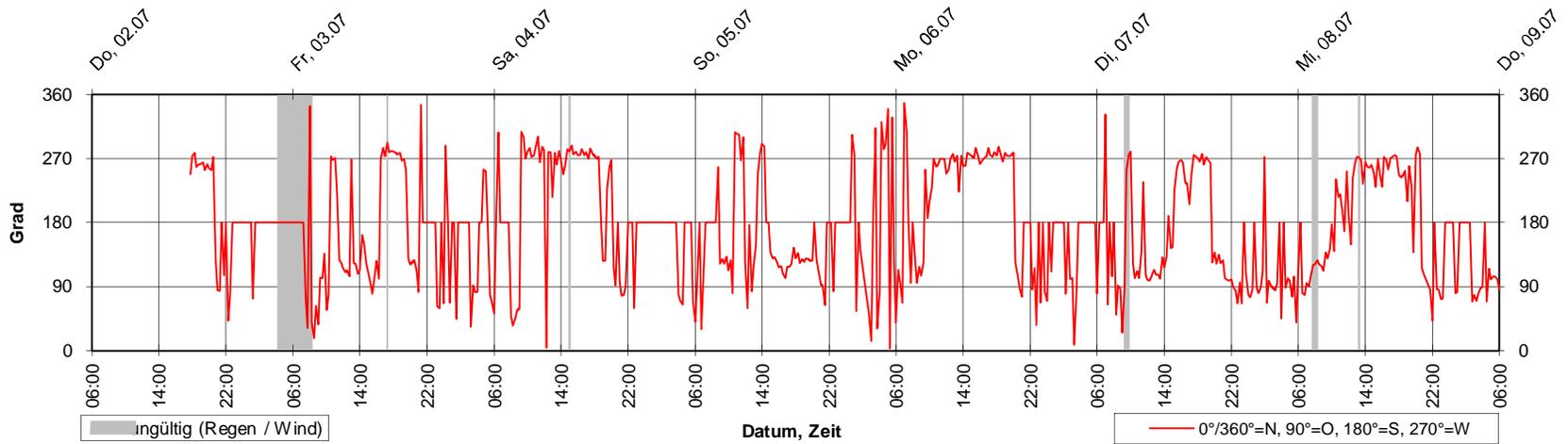


Winddaten - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

Windgeschwindigkeit

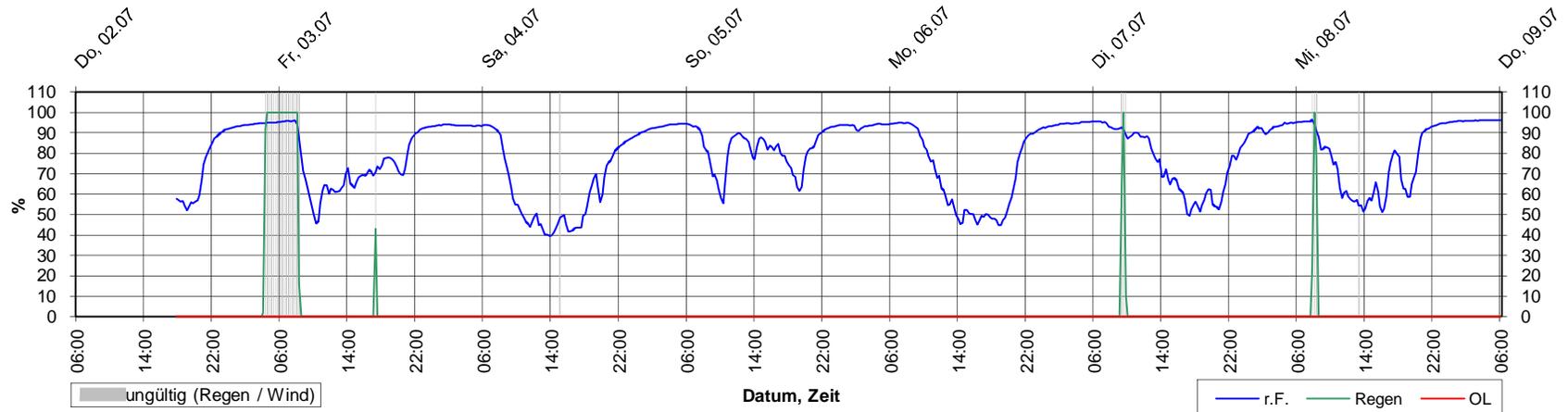


Windrichtung

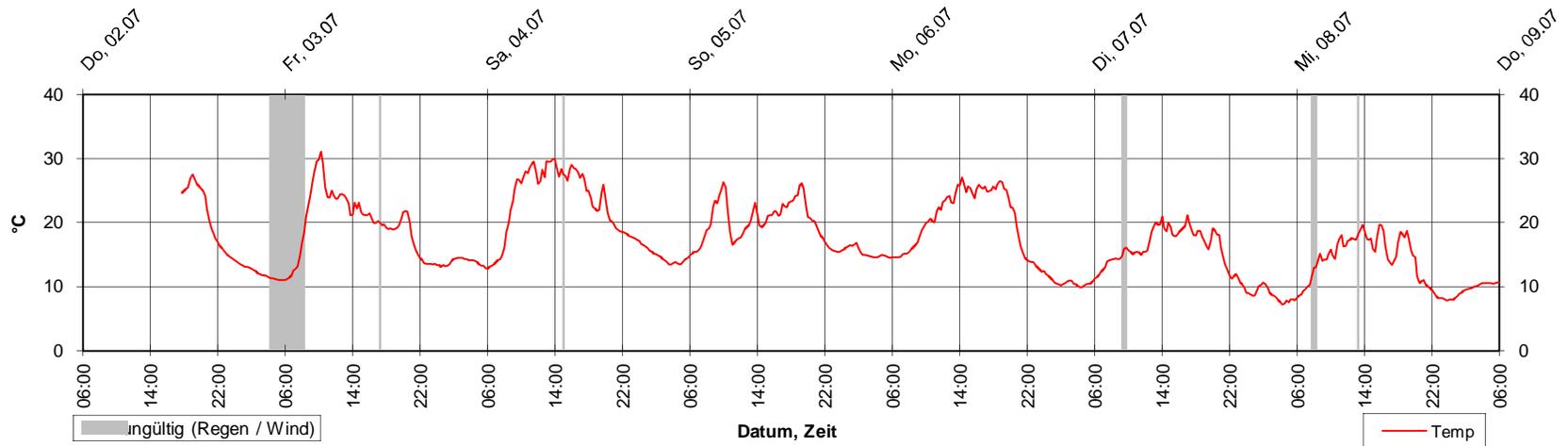


Meteorologie - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

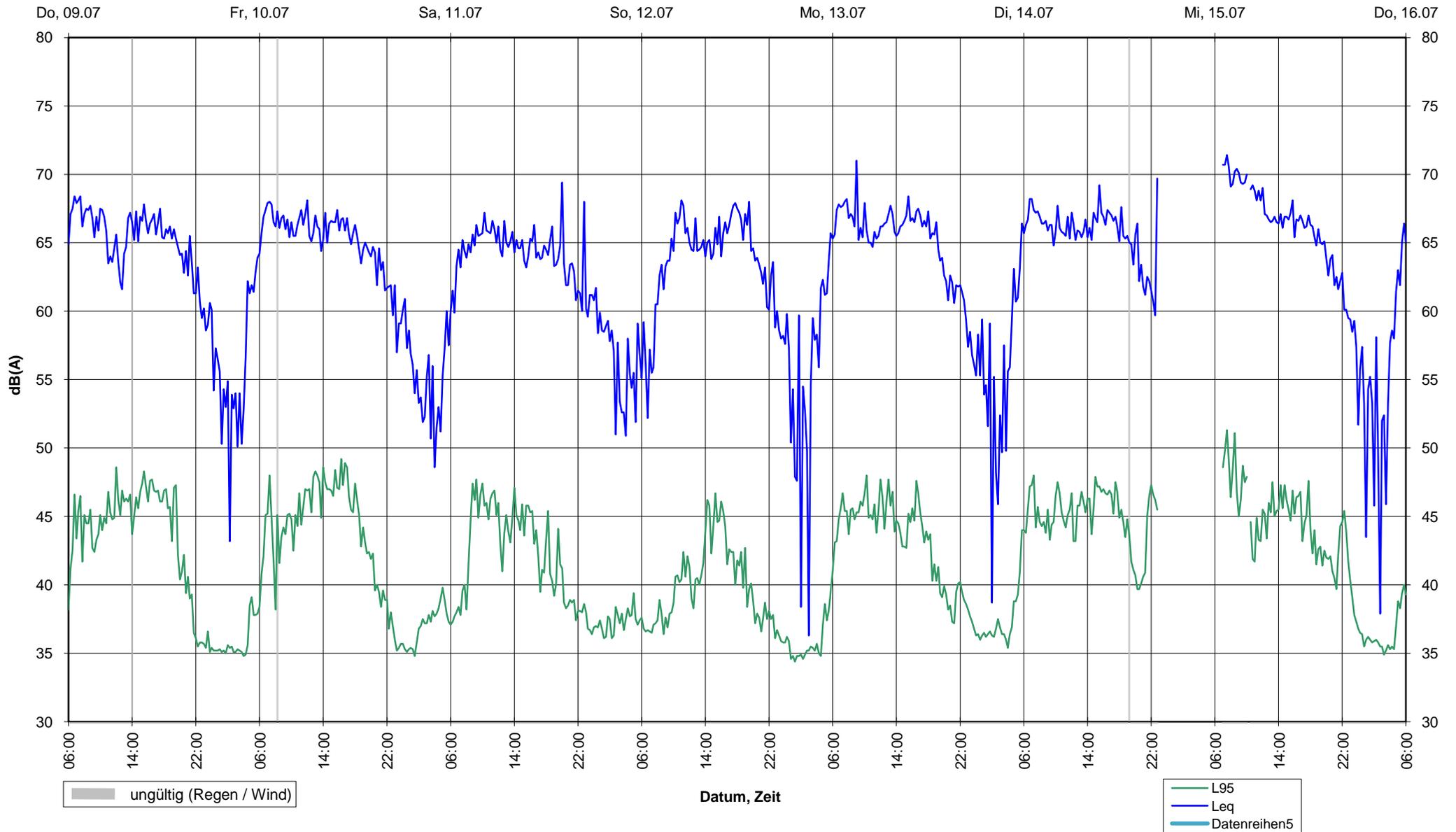
Regenanteil, relative Luftfeuchte, Overload



Temperatur

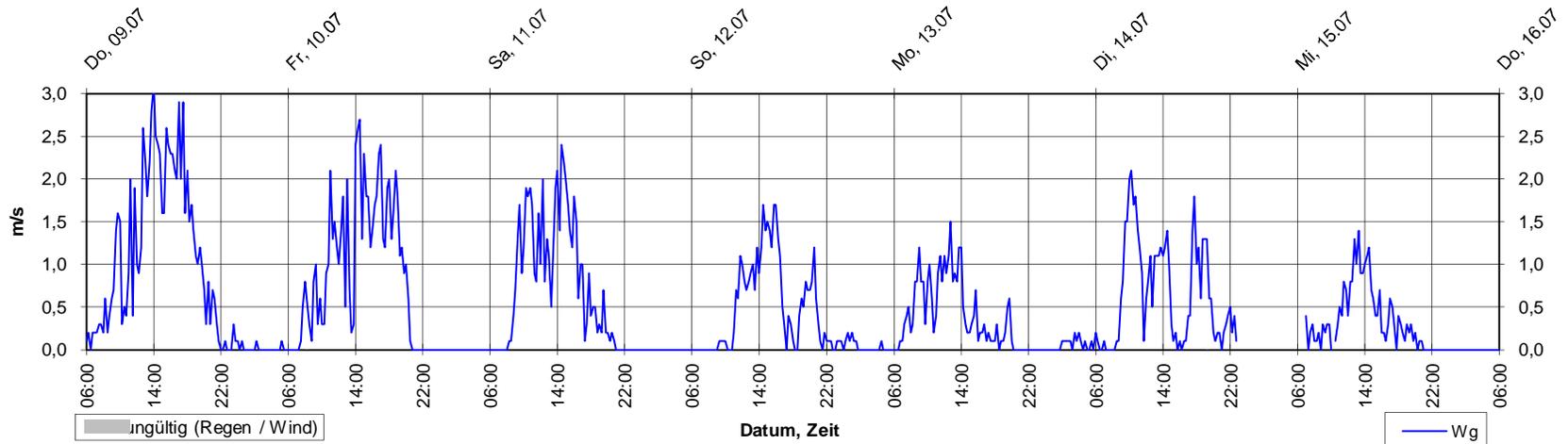


15 Minuten Mittelwerte - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

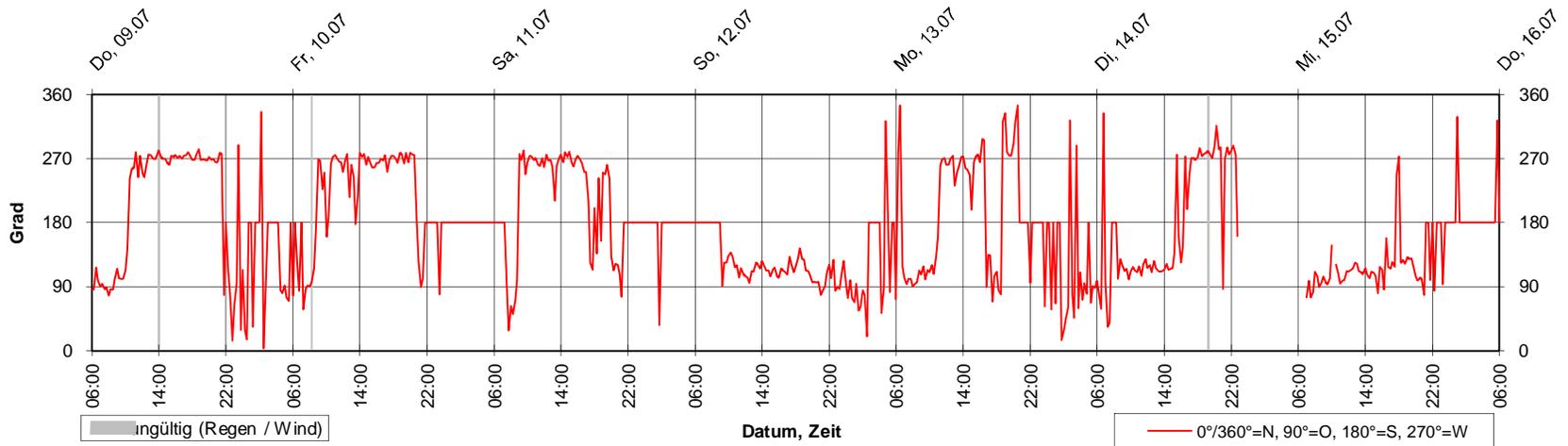


Winddaten - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

Windgeschwindigkeit

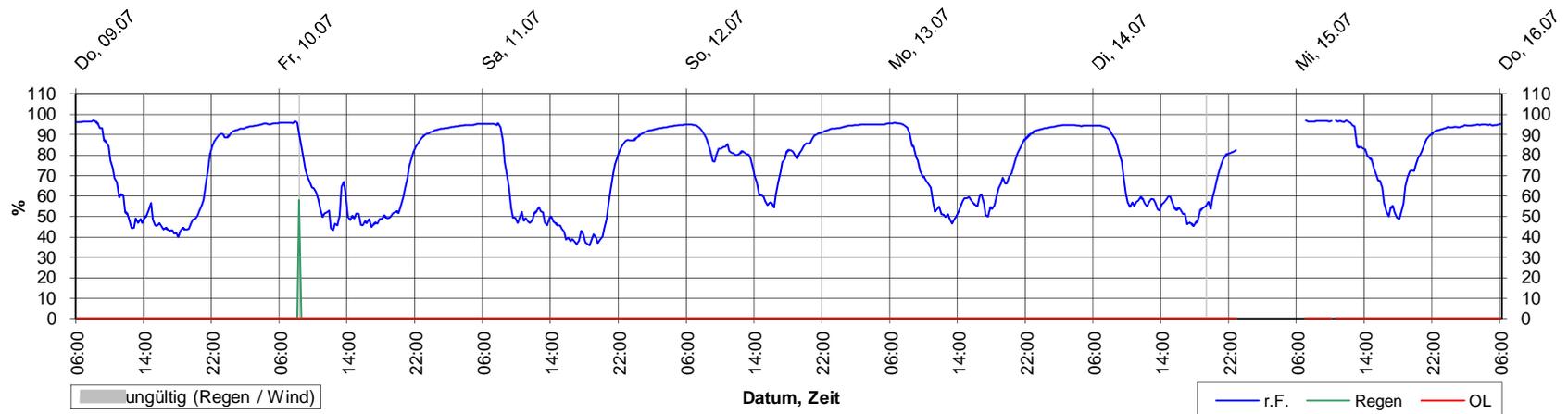


Windrichtung

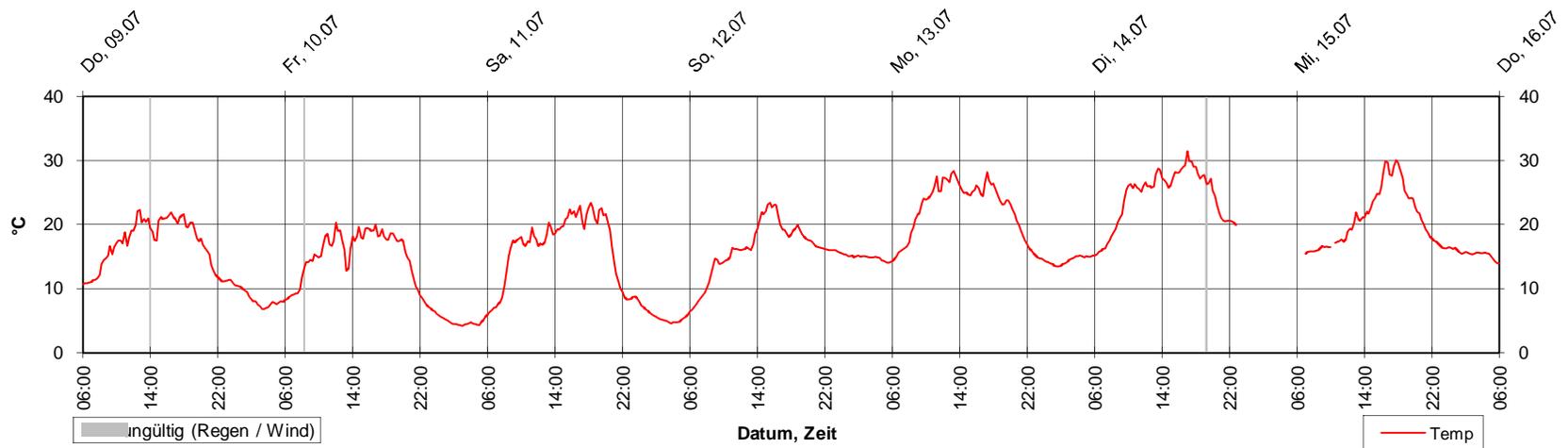


Meteorologie - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

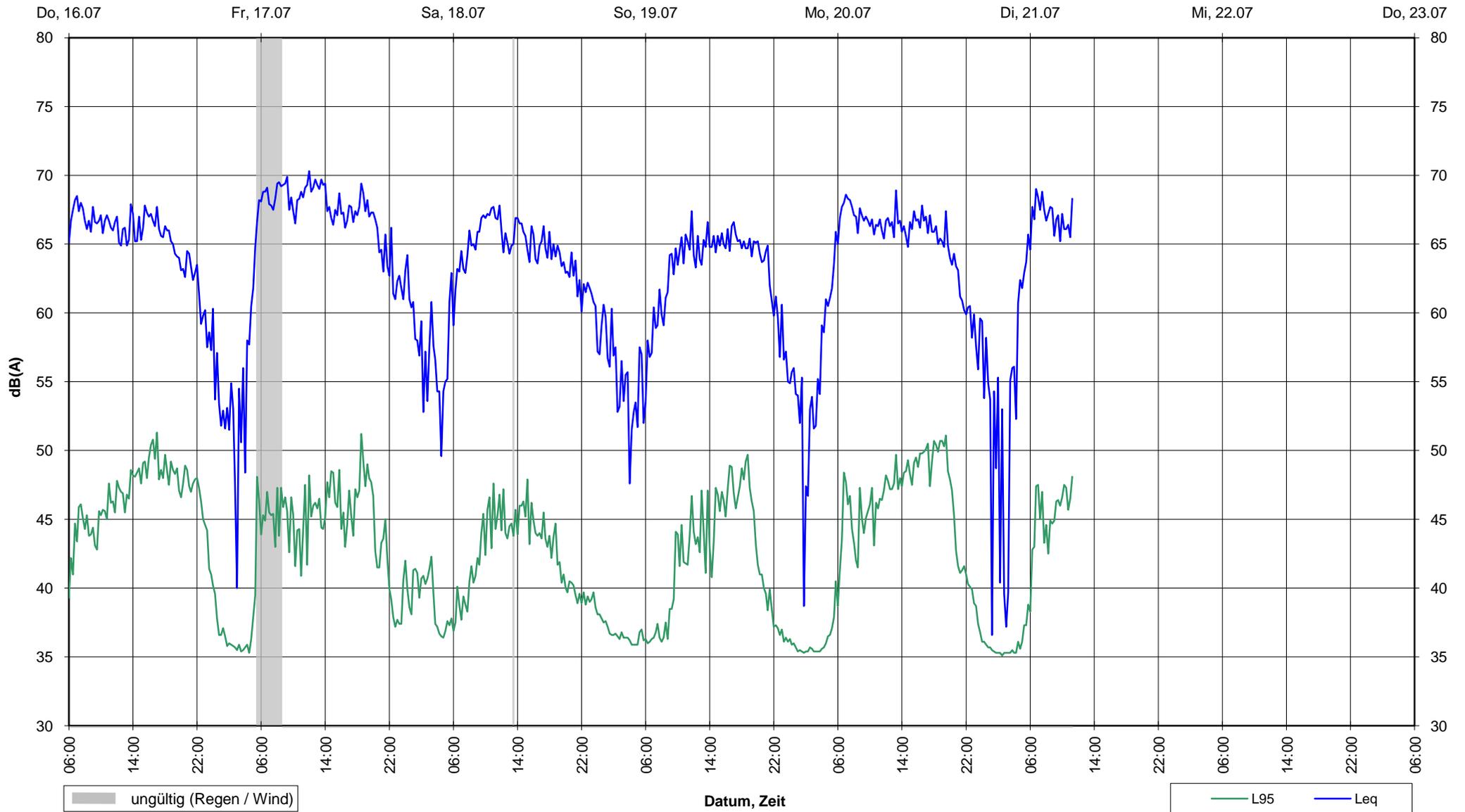
Regenanteil, relative Luftfeuchte, Overload



Temperatur

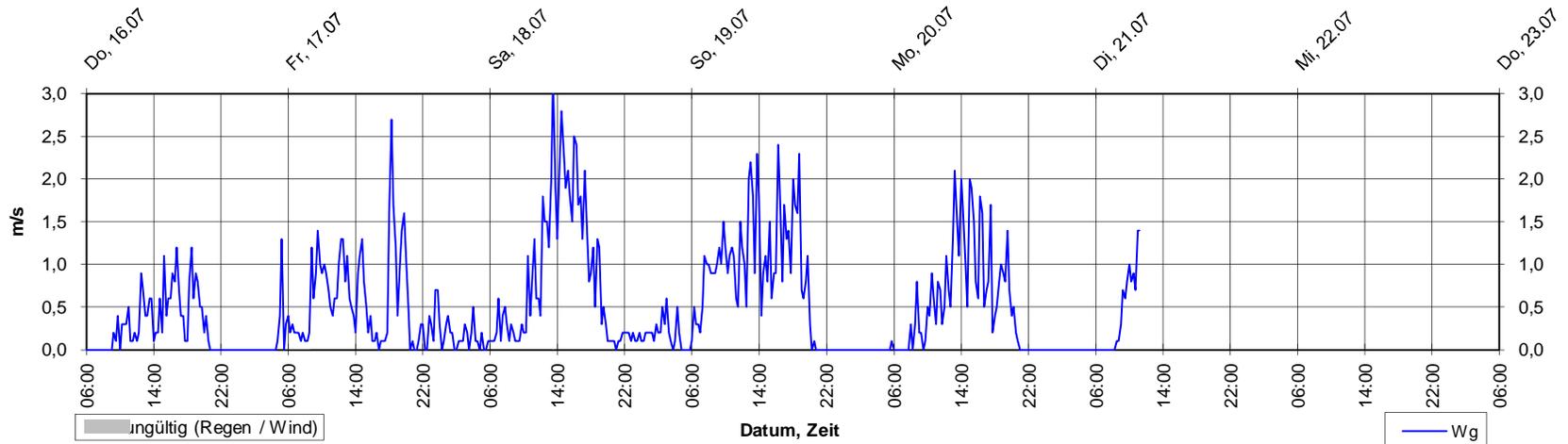


15 Minuten Mittelwerte - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

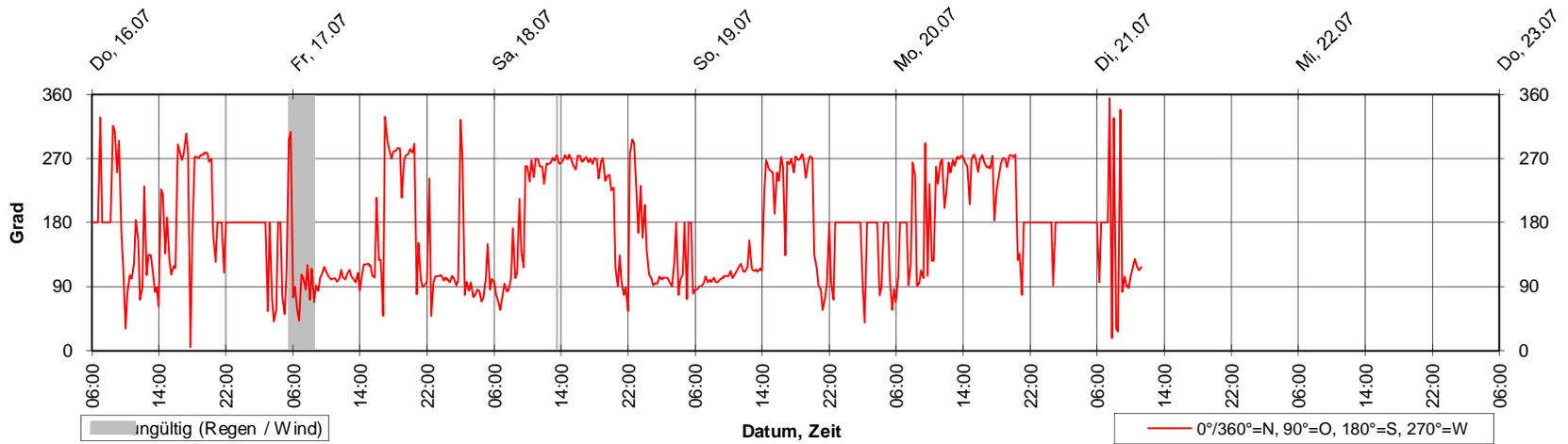


Winddaten - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

Windgeschwindigkeit

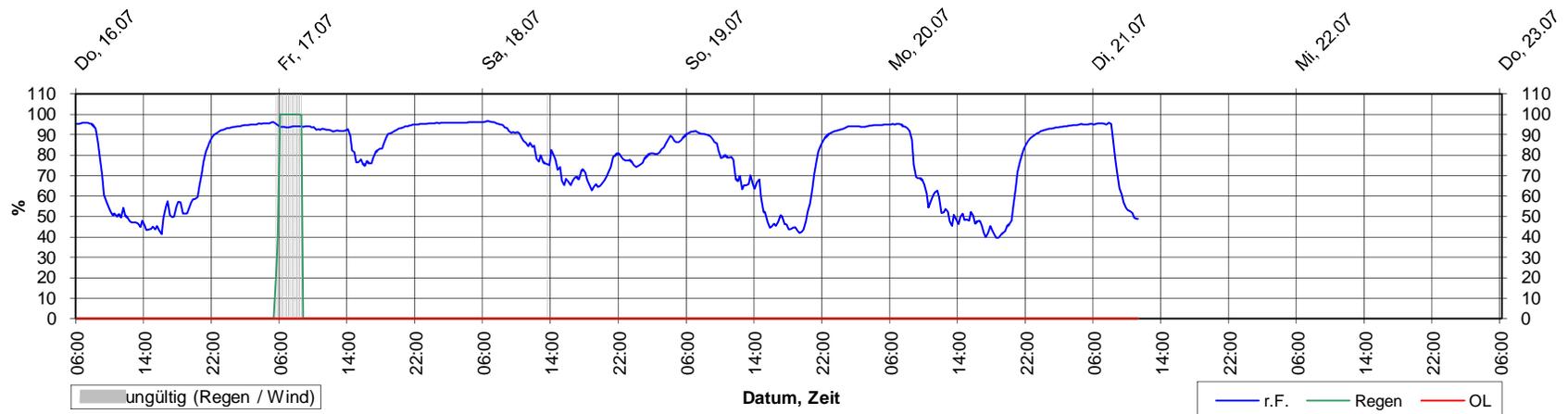


Windrichtung

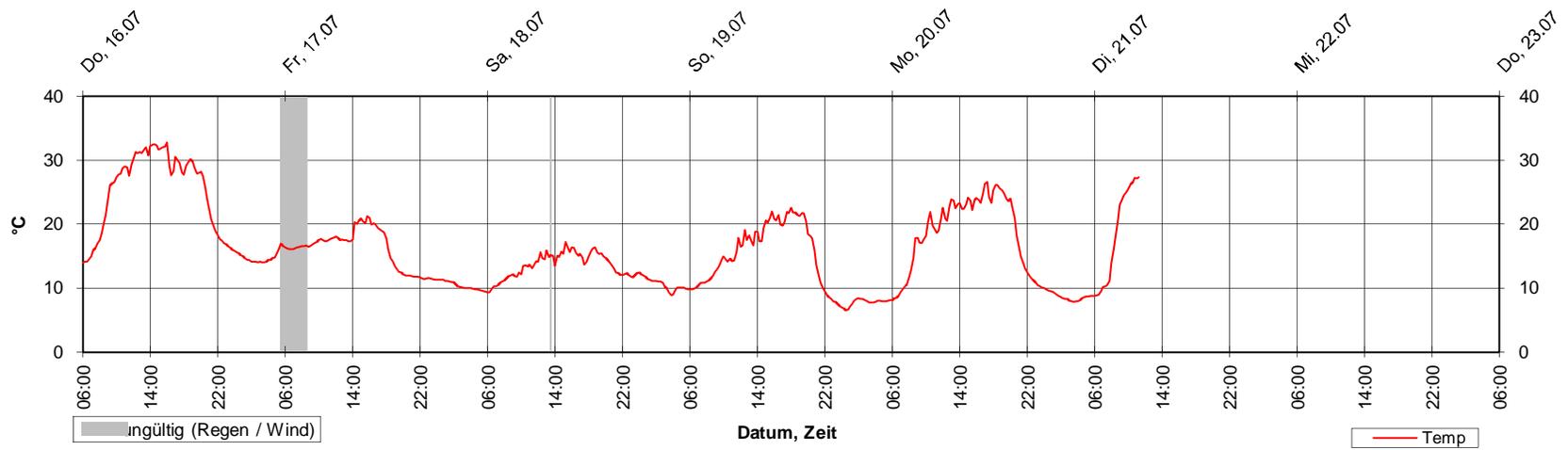


Meteorologie - MP Gammertingen - 02.07.2009 bis 21.07.2009

Regenanteil, relative Luftfeuchte, Overload



Temperatur



Anlage 5

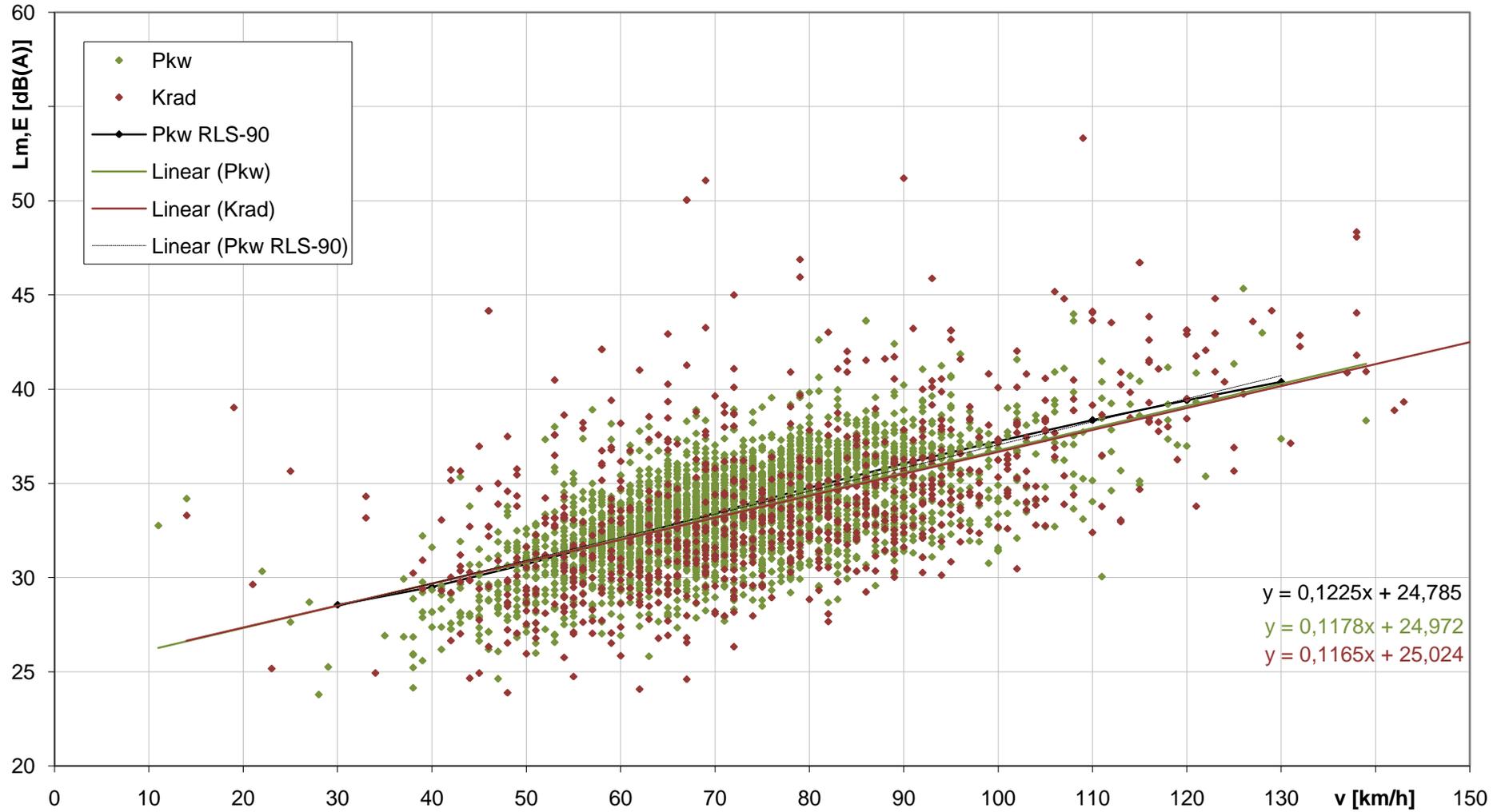
Auswertung der Emissionspegel (beobachtete Messungen)

Anlage 5.1	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad und Pkw
Anlage 5.2	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad
Anlage 5.3	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Pkw
Anlage 5.4	Diagramm $L_{AFmax}(v)$ Krad und Pkw
Anlage 5.5	Tabelle Zusatzinformationen
Anlage 5.6	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad und Pkw
Anlage 5.7	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad
Anlage 5.8	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Pkw
Anlage 5.9	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad und Pkw
Anlage 5.10	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad
Anlage 5.11	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Pkw
Anlage 5.12	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad und Pkw
Anlage 5.13	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad
Anlage 5.14	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Pkw
Anlage 5.15	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad und Pkw
Anlage 5.16	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad
Anlage 5.17	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Pkw
Anlage 5.18	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad und Pkw
Anlage 5.19	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad
Anlage 5.20	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Pkw
Anlage 5.21	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad und Pkw
Anlage 5.22	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Krad
Anlage 5.23	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen, Pkw
Anlage 5.24	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Krad und Pkw
Anlage 5.25	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Krad
Anlage 5.26	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre, Pkw

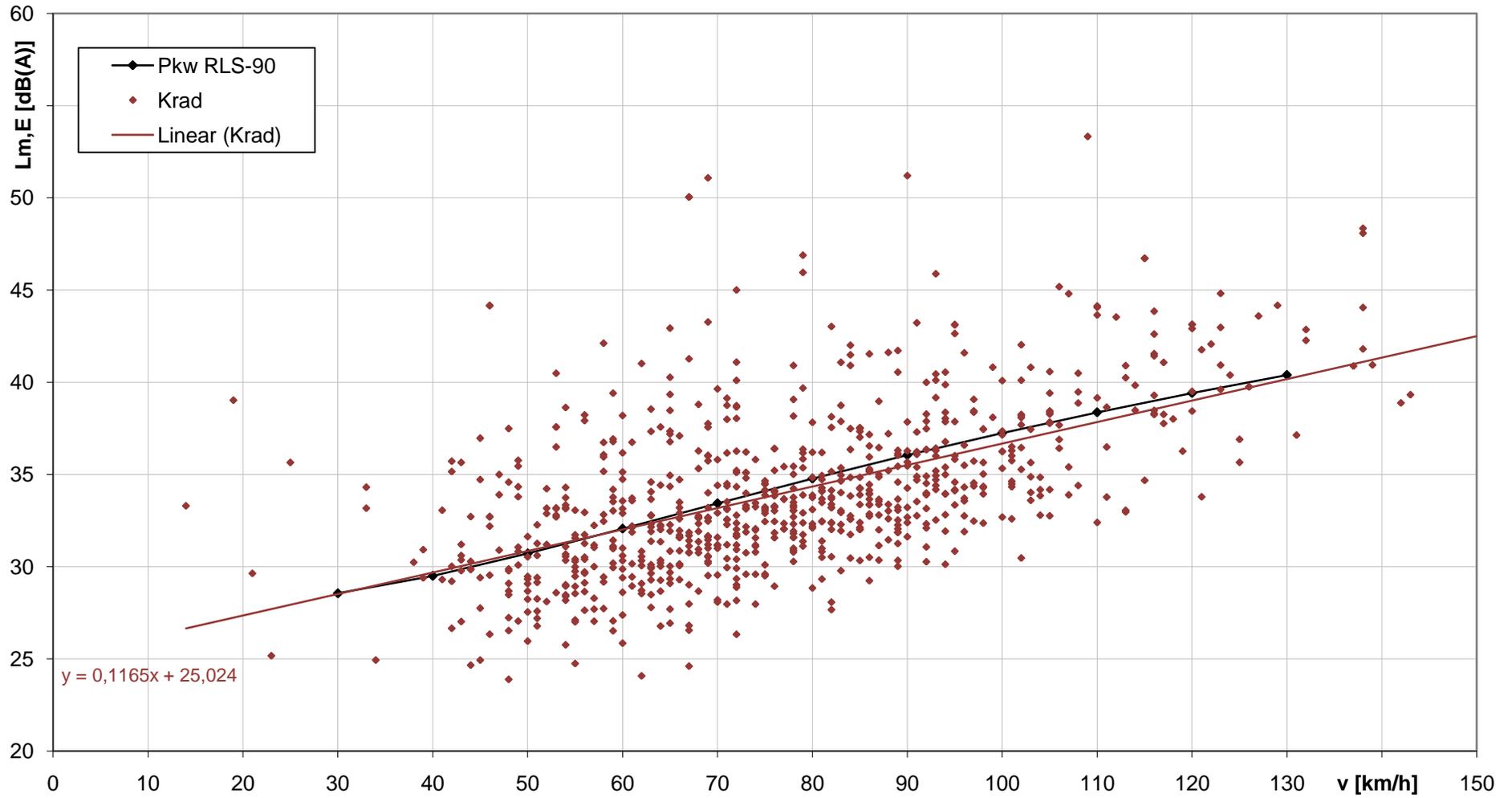
Hinweise:

in den Diagrammen mit "Linear (...)" bezeichnete Linien zeigen die Regressionsgeraden des entsprechenden Datensatzes (lineare Regression);
"Linear (Pkw RLS-90)" bezeichnet die Regressionsgerade des $L_{m,E}$ nach RLS-90 für 1 Pkw/h.

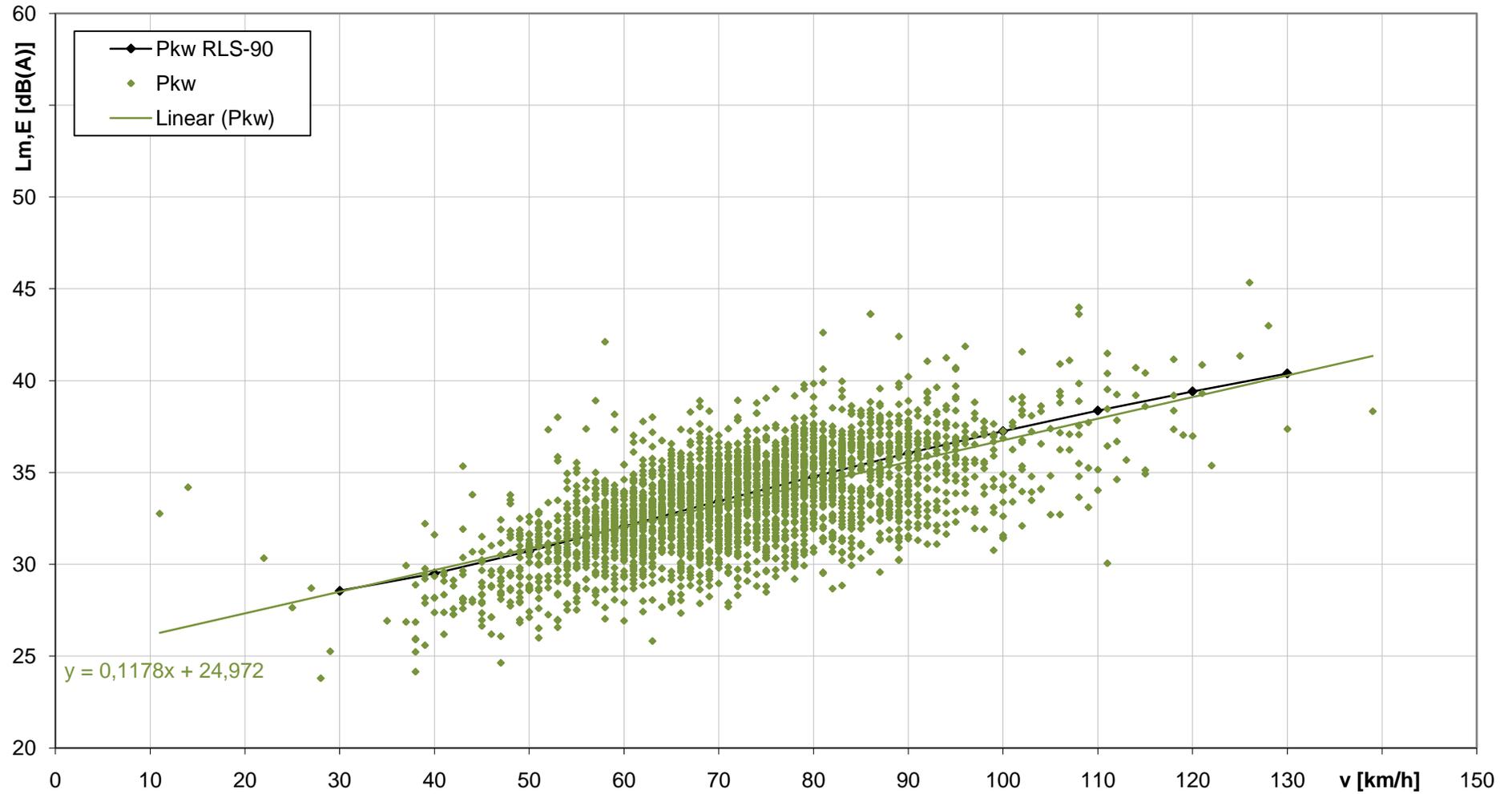
Lm,E Pkw und Krad alle beobachteten Messungen



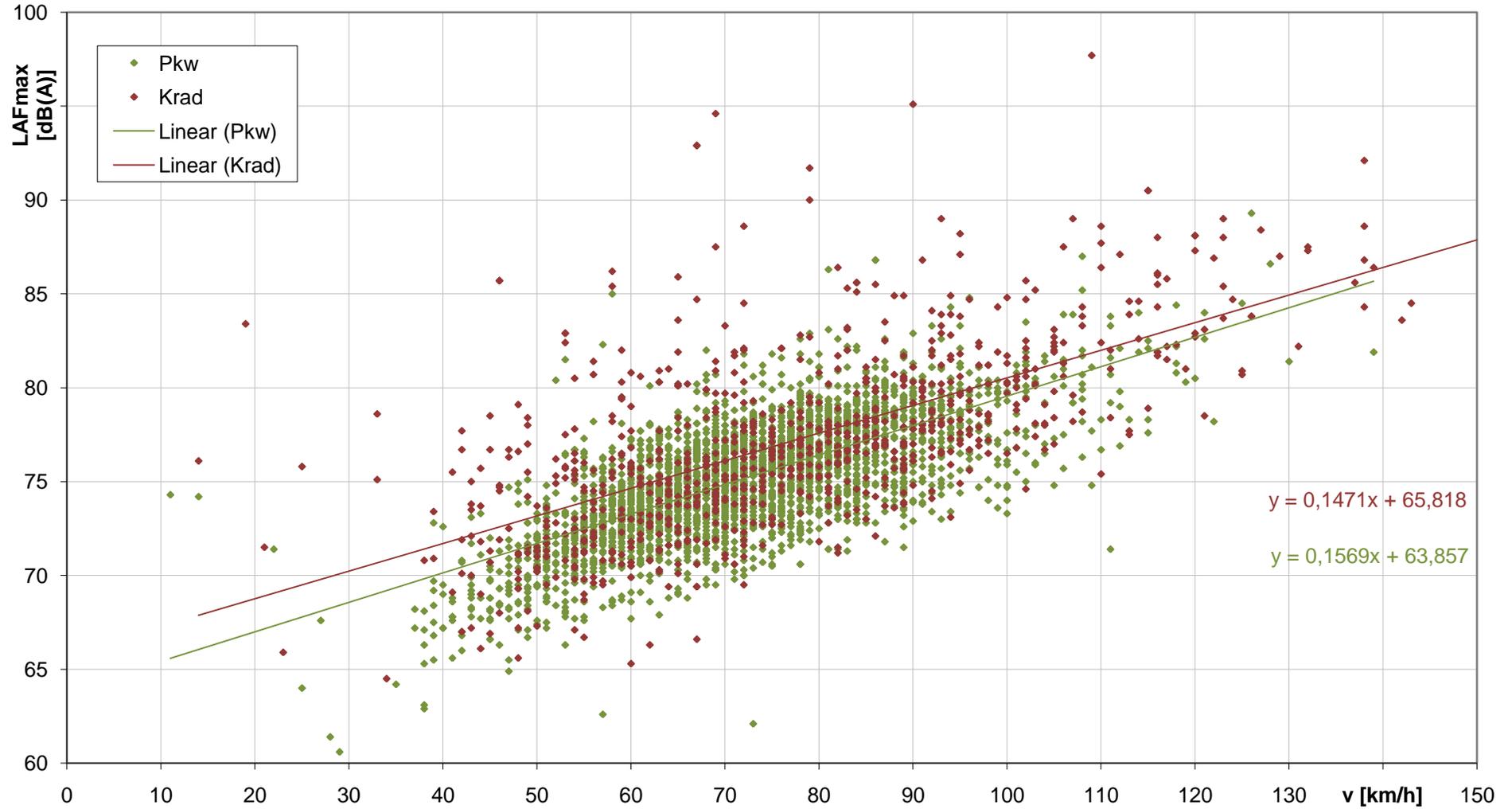
Lm,E Krad alle beobachteten Messungen



Lm,E Pkw alle beobachteten Messungen



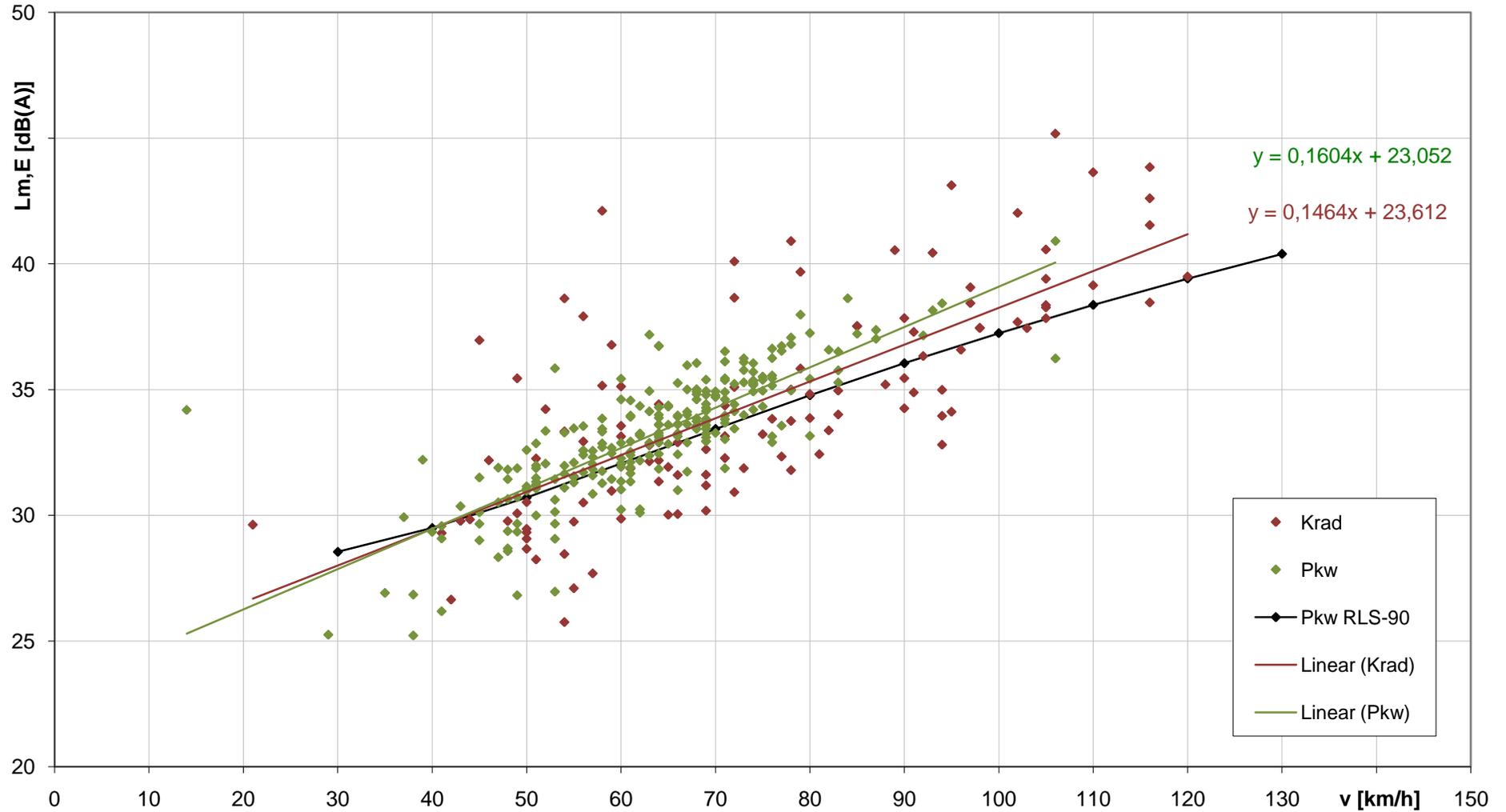
LAFmax Pkw und Krad alle beobachteten Messungen



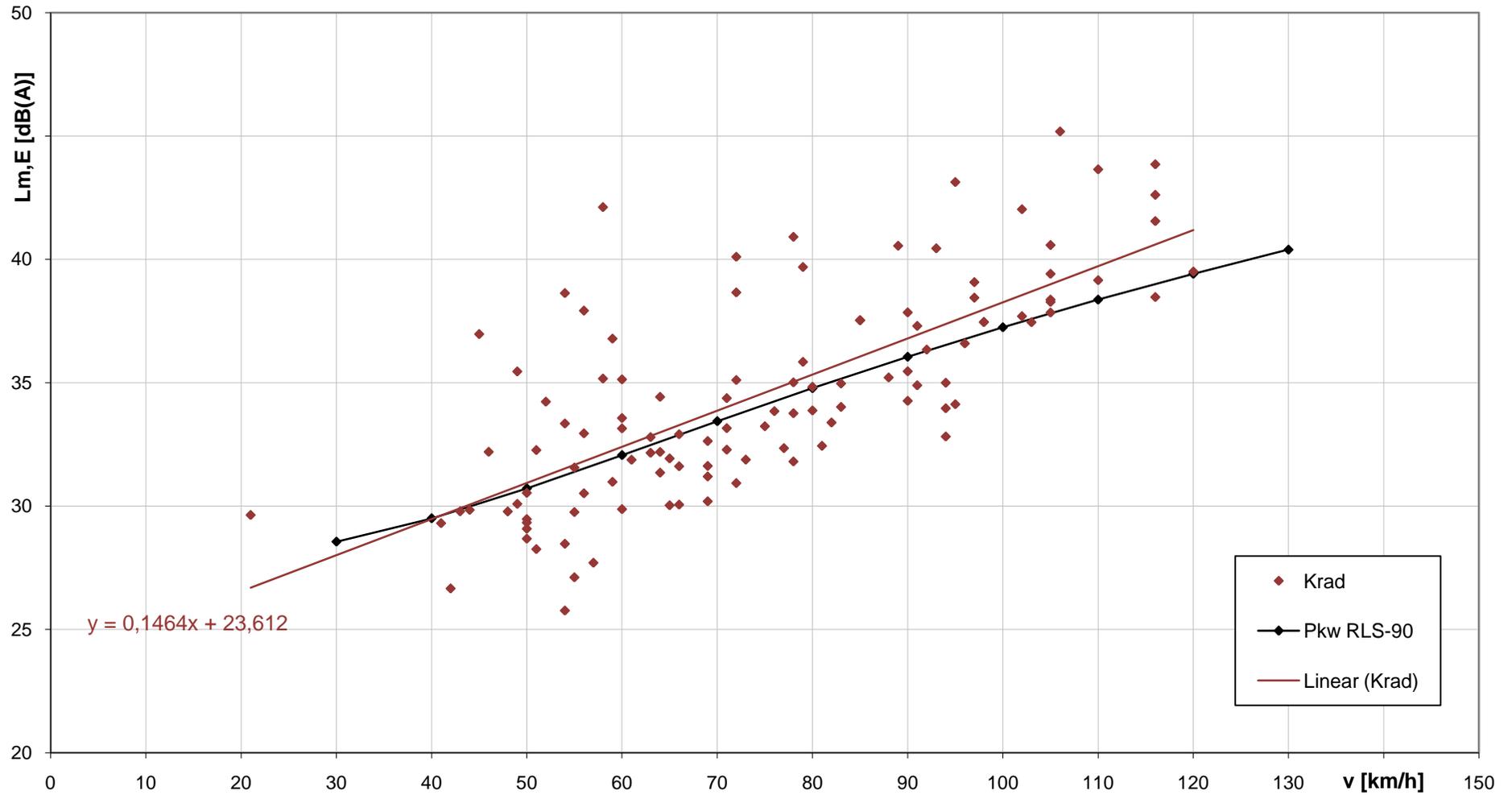
Beobachtete Messungen
alle Messpunkte
17.05./30.05./28.06./10.07./11.07.2009

	Krad	Pkw	gesamt	
Anzahl Datensätze LAFmax	812	3.285	0	
vmin	14	11		km/h
vmax	157	139		km/h
min. LAFmax	64,5	60,6		dB(A)
max. LAFmax	97,7	89,3		dB(A)
Anzahl Datensätze LmE	812	3.284	4.096	
vmin	14	11		km/h
vmax	157	139		km/h
LmEmin	23,9	23,8		dB(A)
LmEmax	53,3	45,3		dB(A)

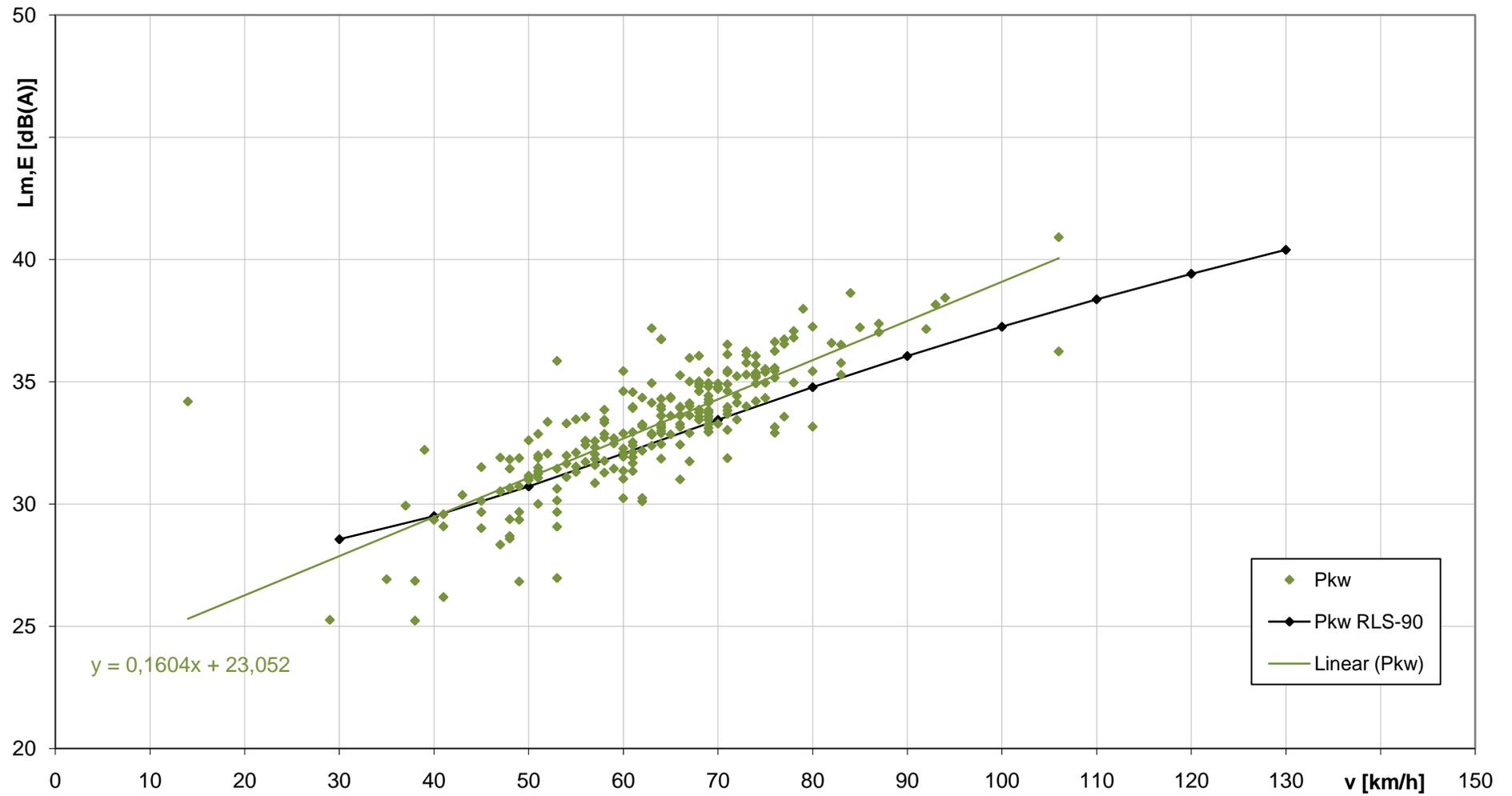
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



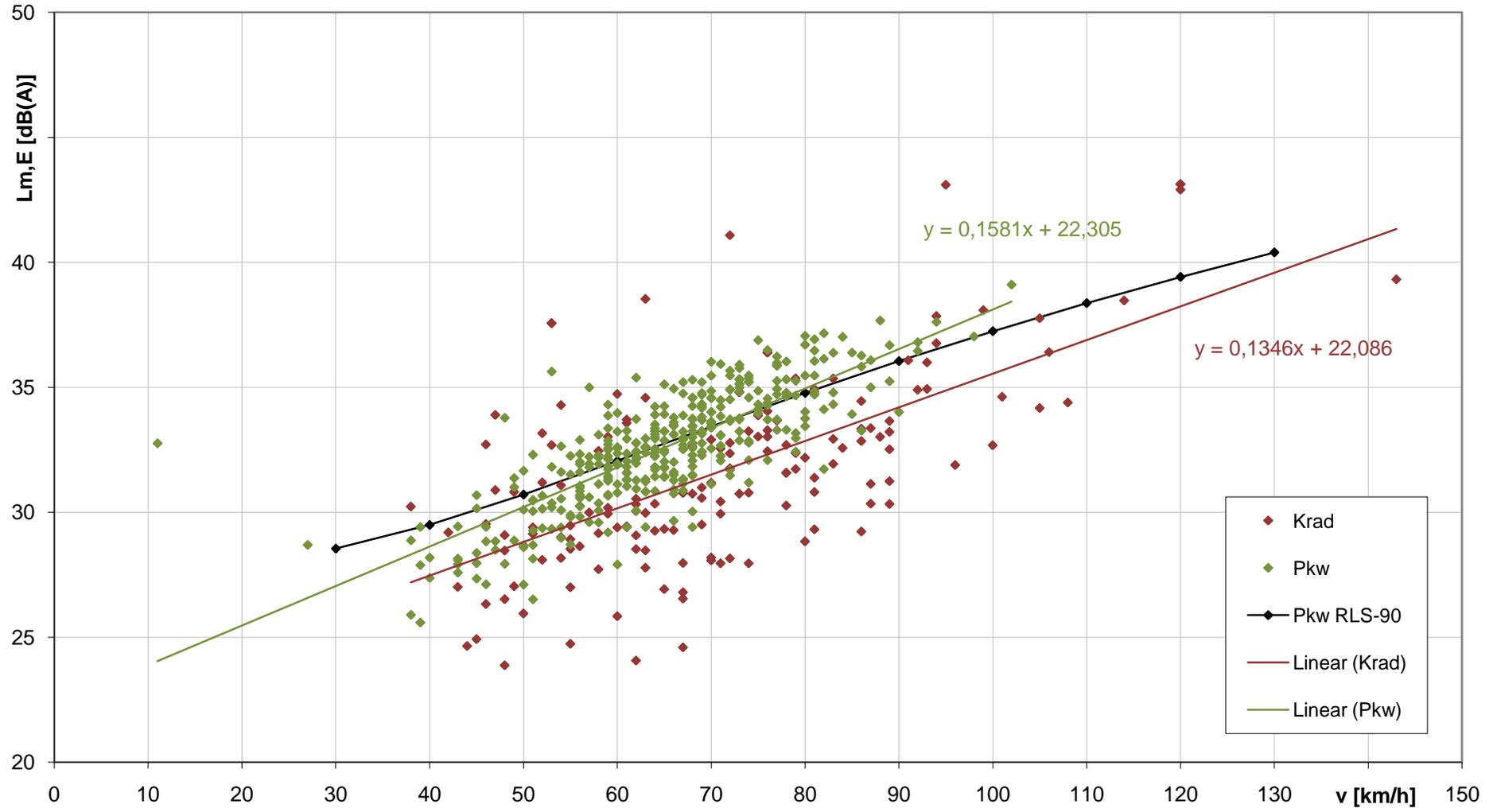
Lm,E Krad
beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



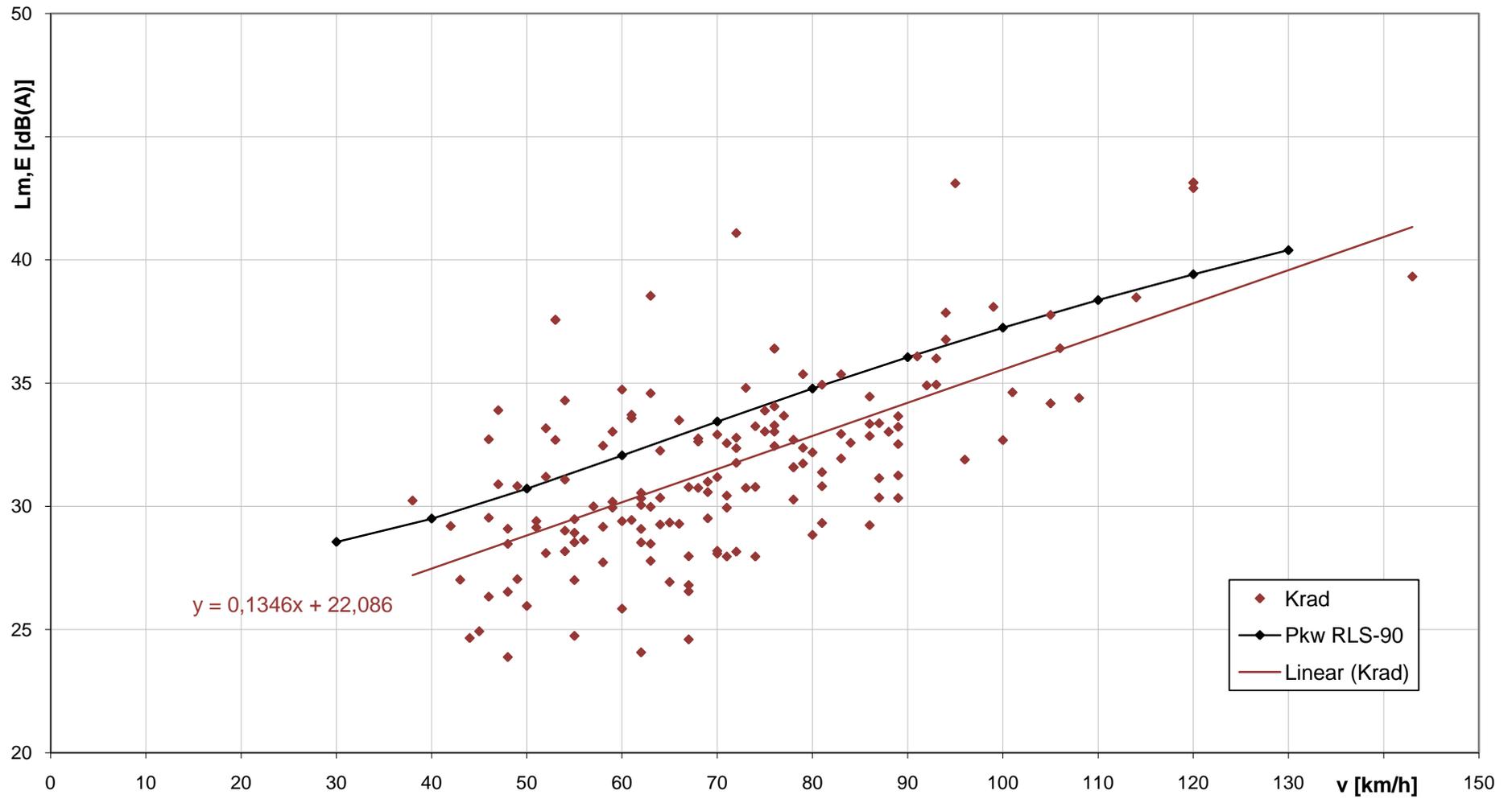
Lm,E Pkw
beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



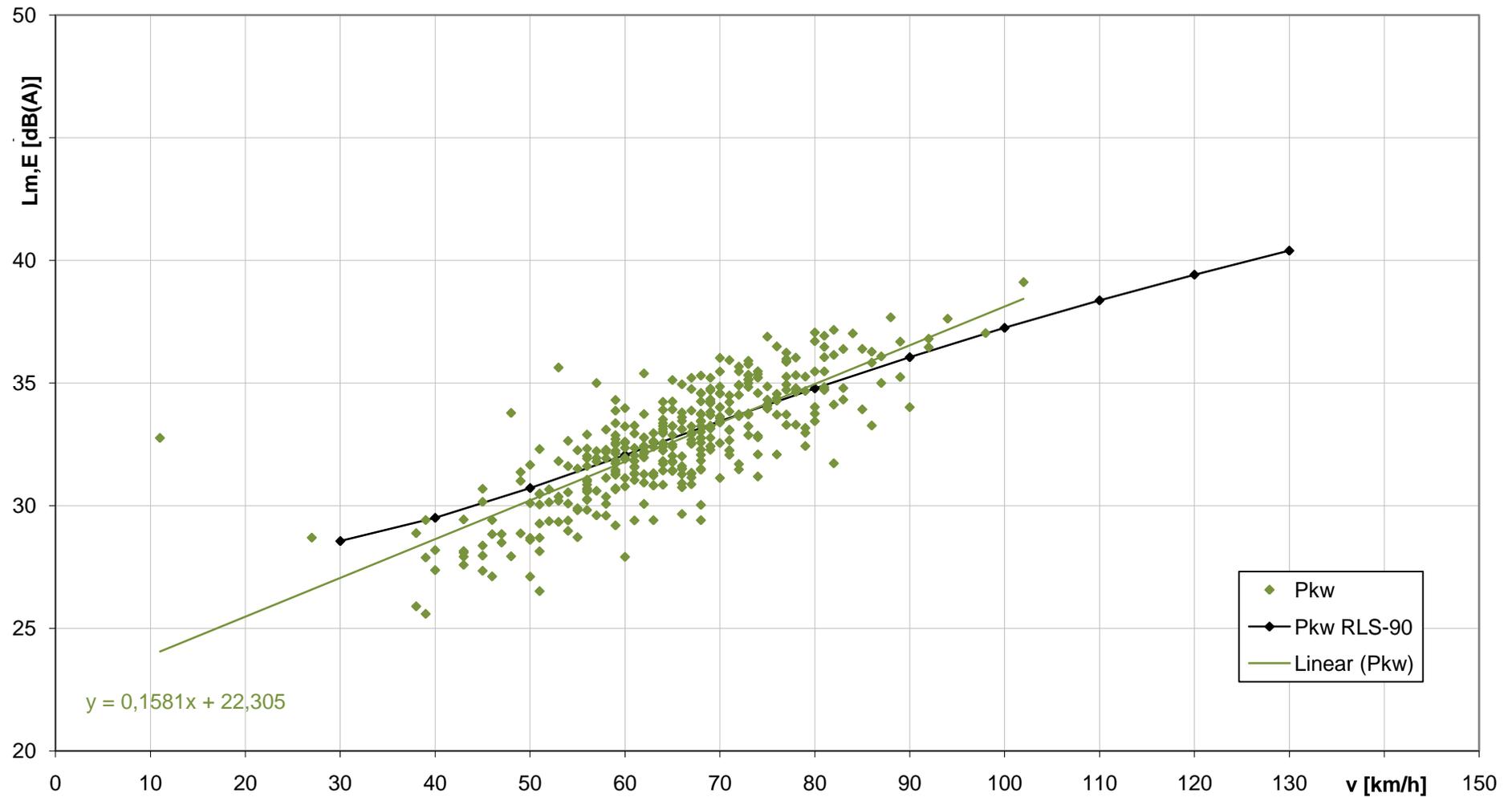
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



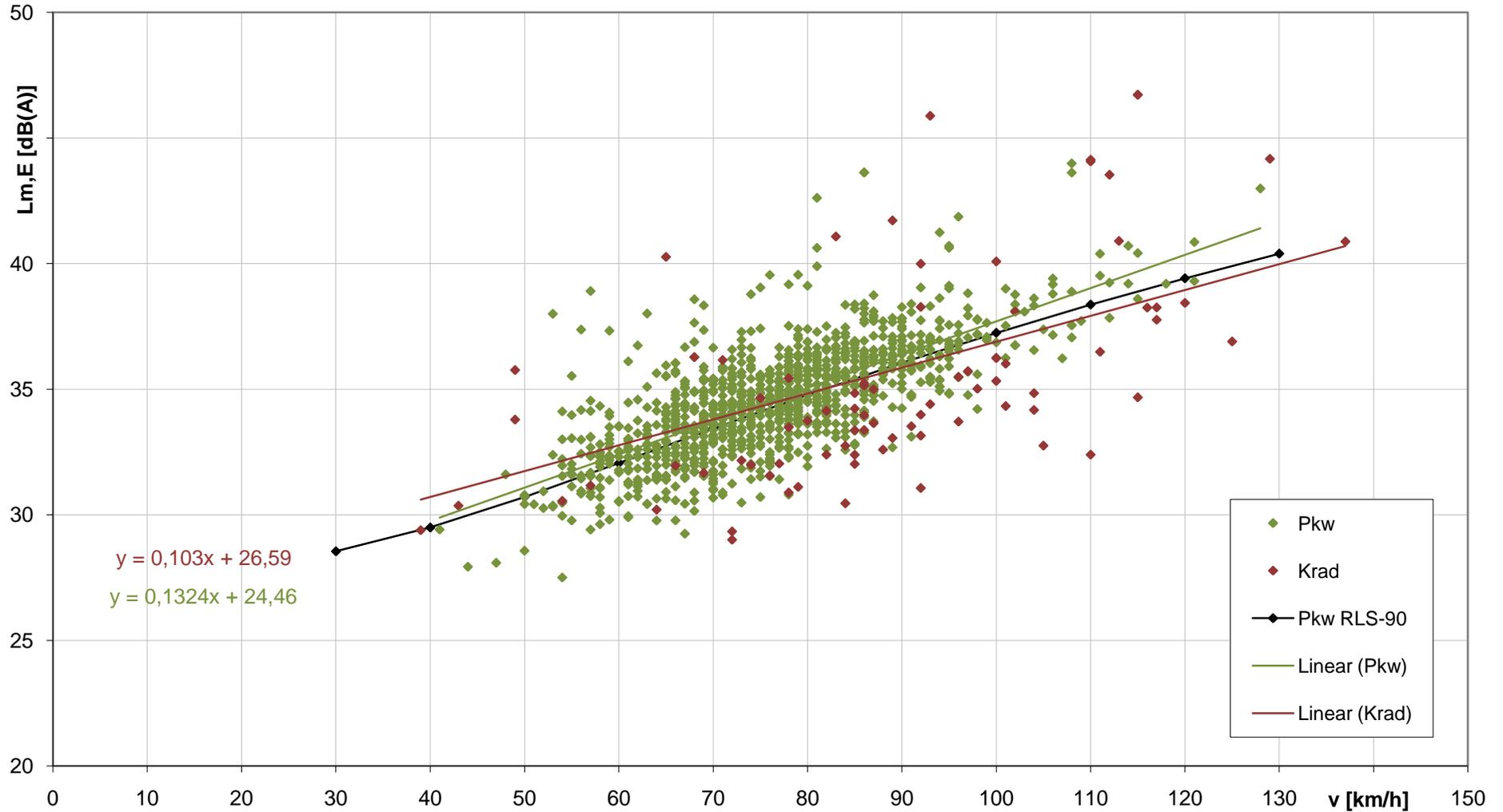
Lm,E Krad beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



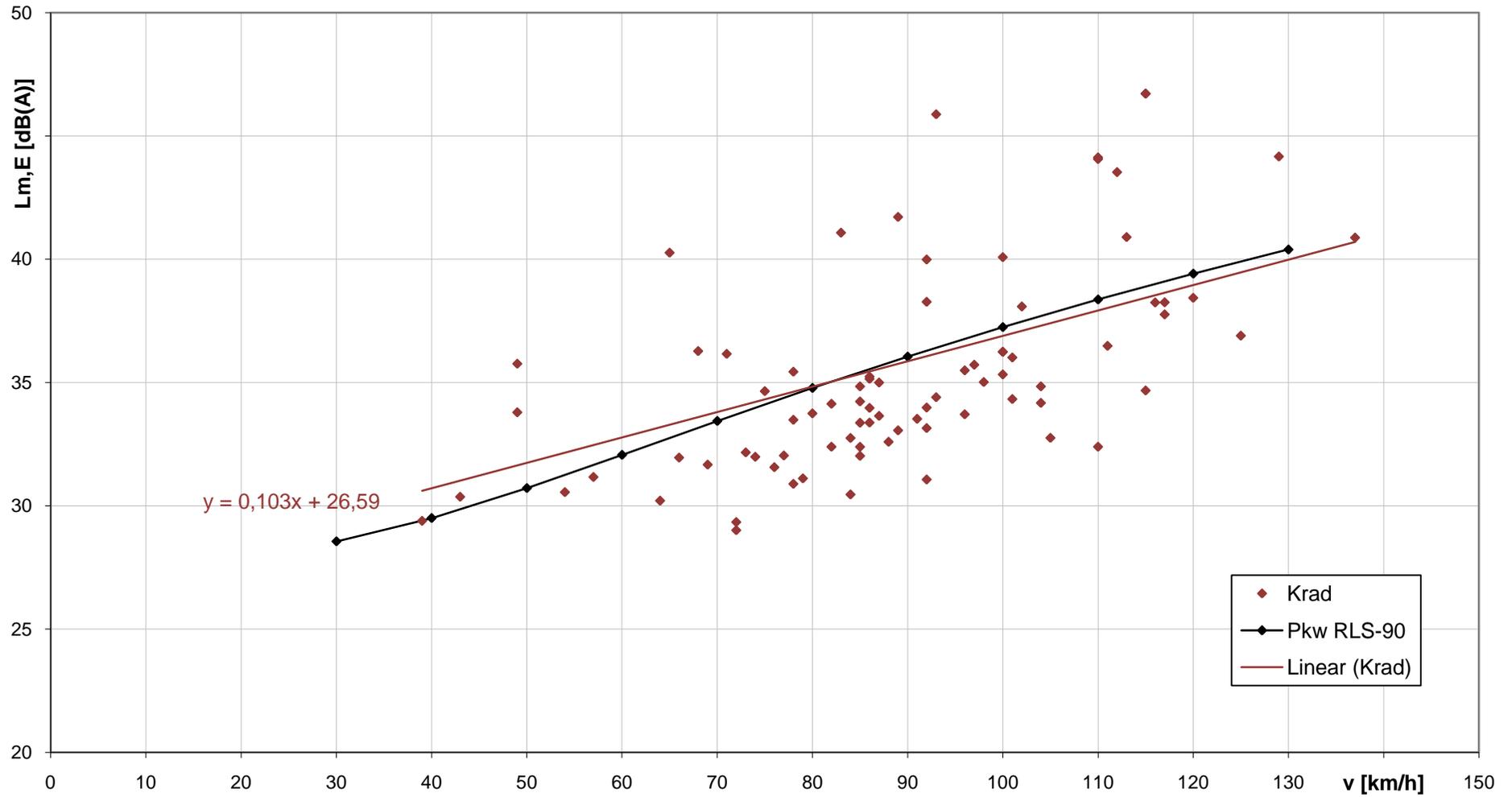
Lm,E Pkw
beobachtete Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



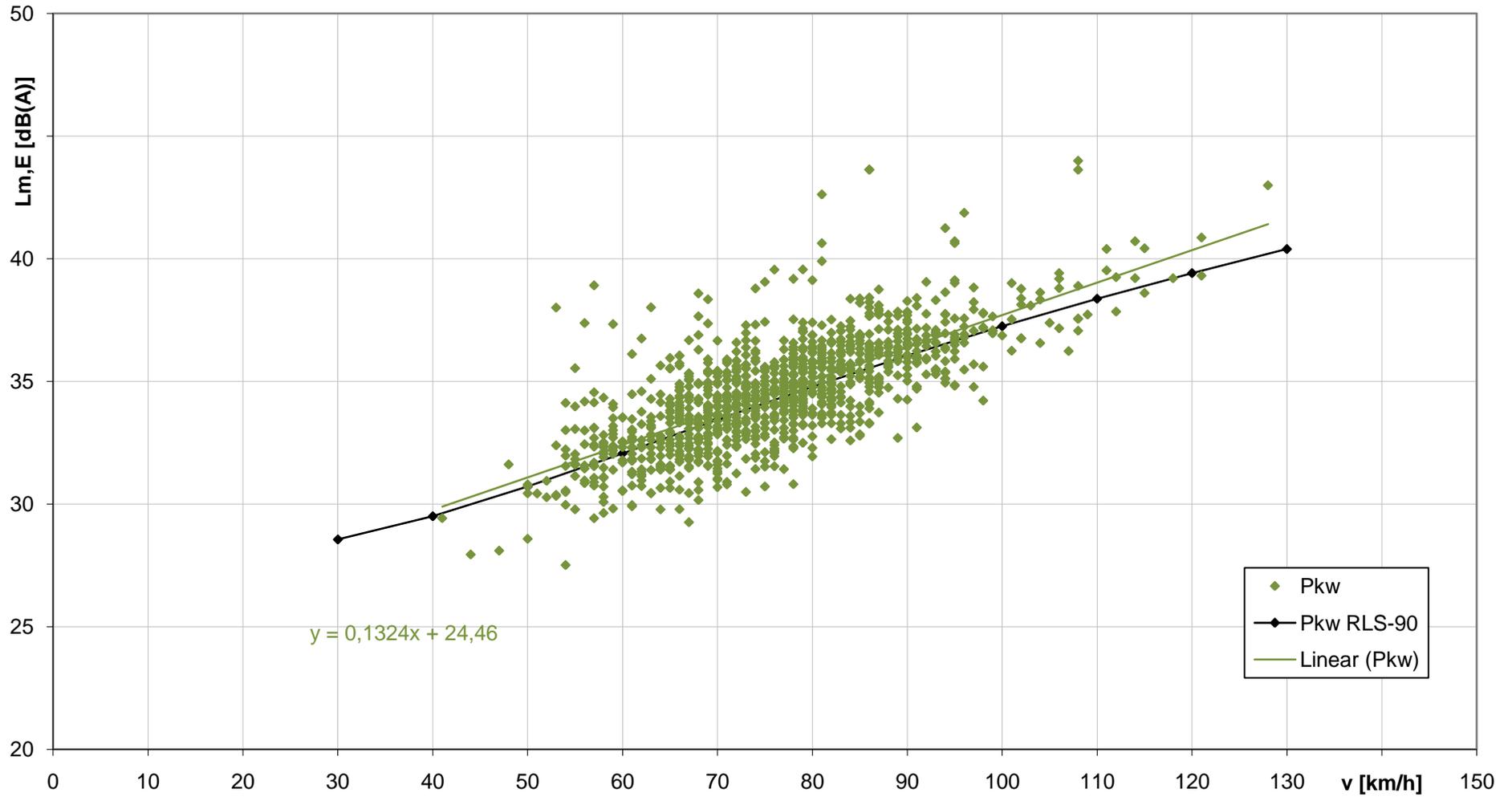
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Hettingen



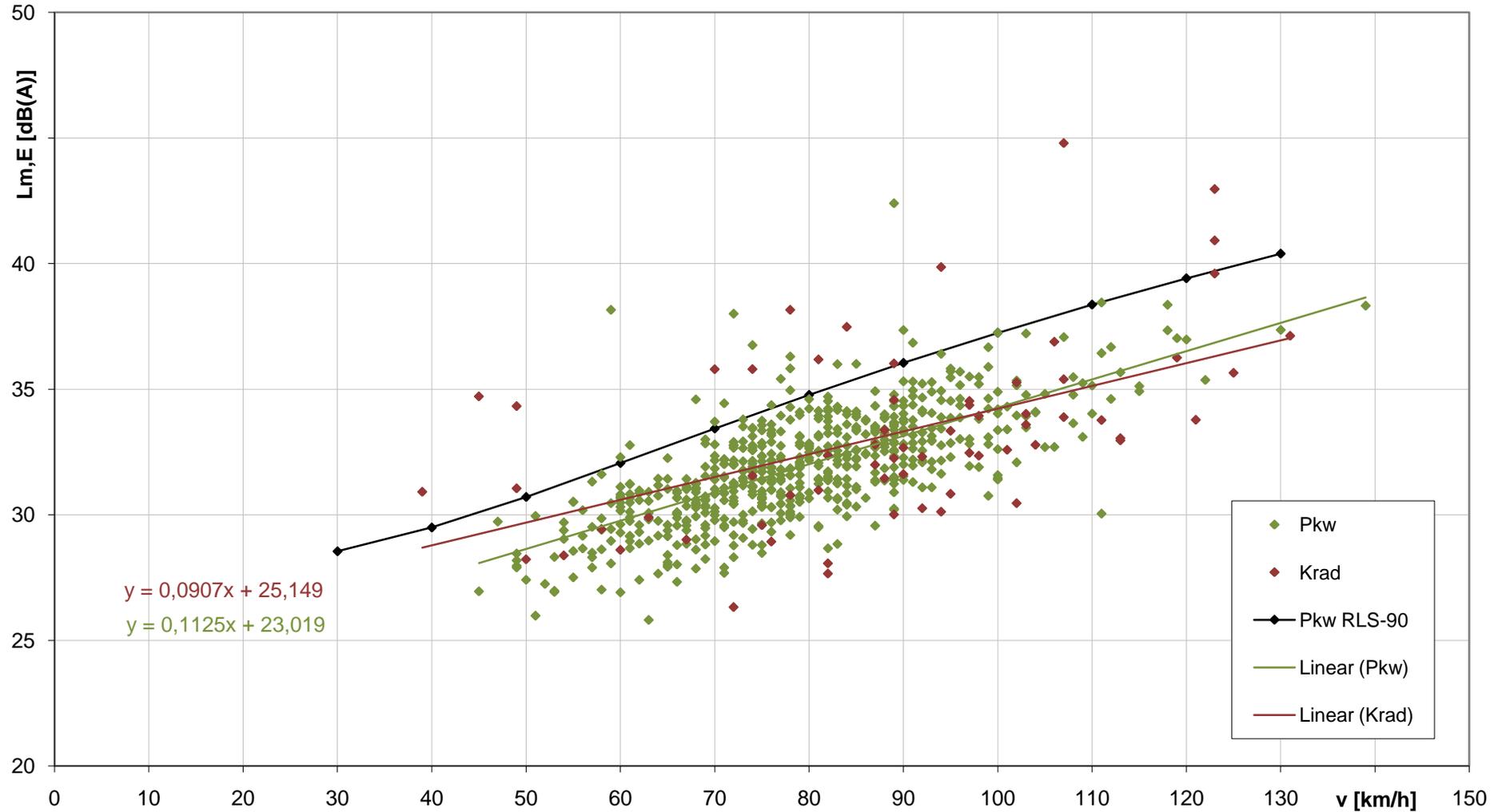
Lm,E Krad
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Hettingen



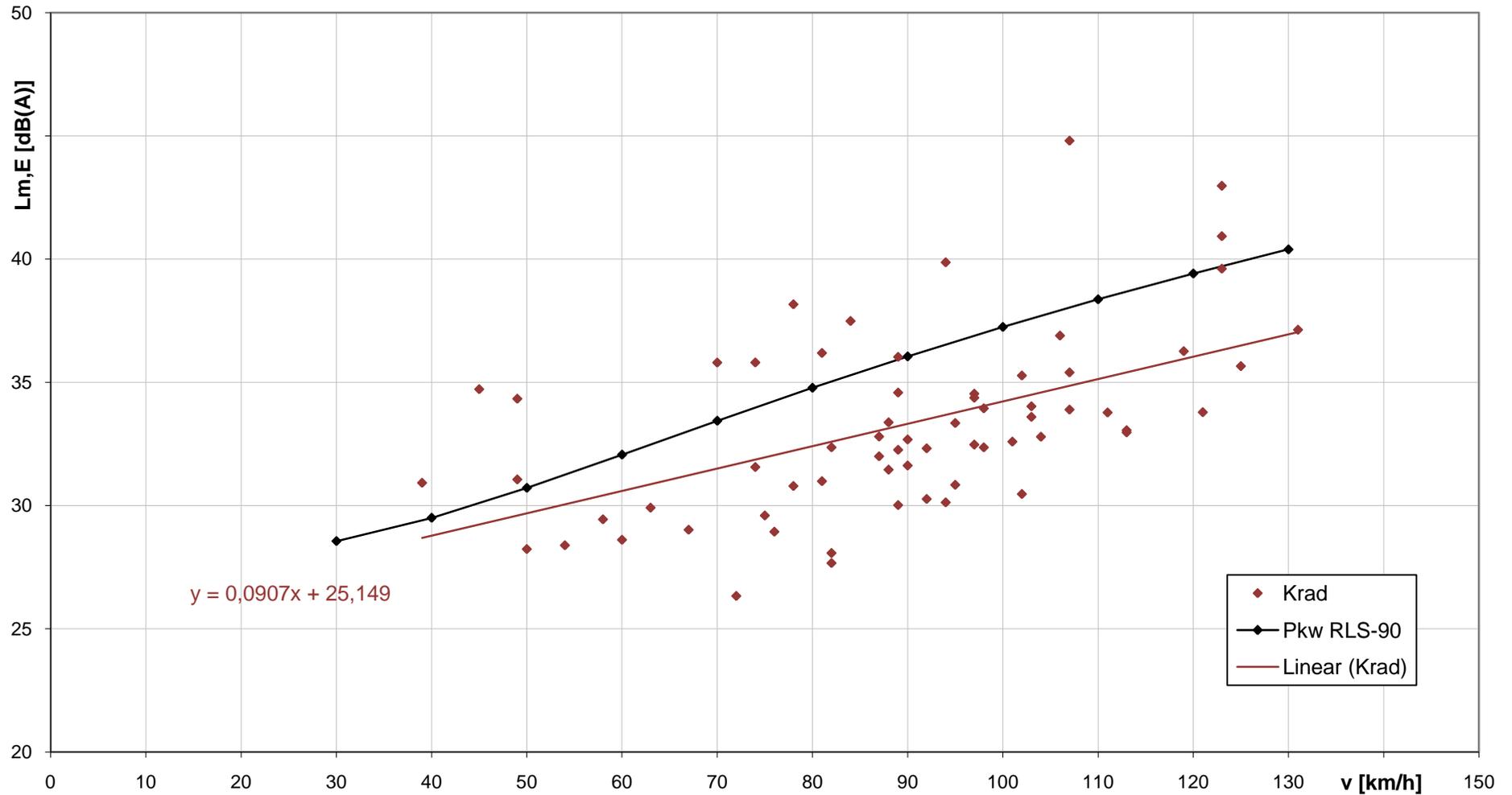
Lm,E Pkw
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Hettingen



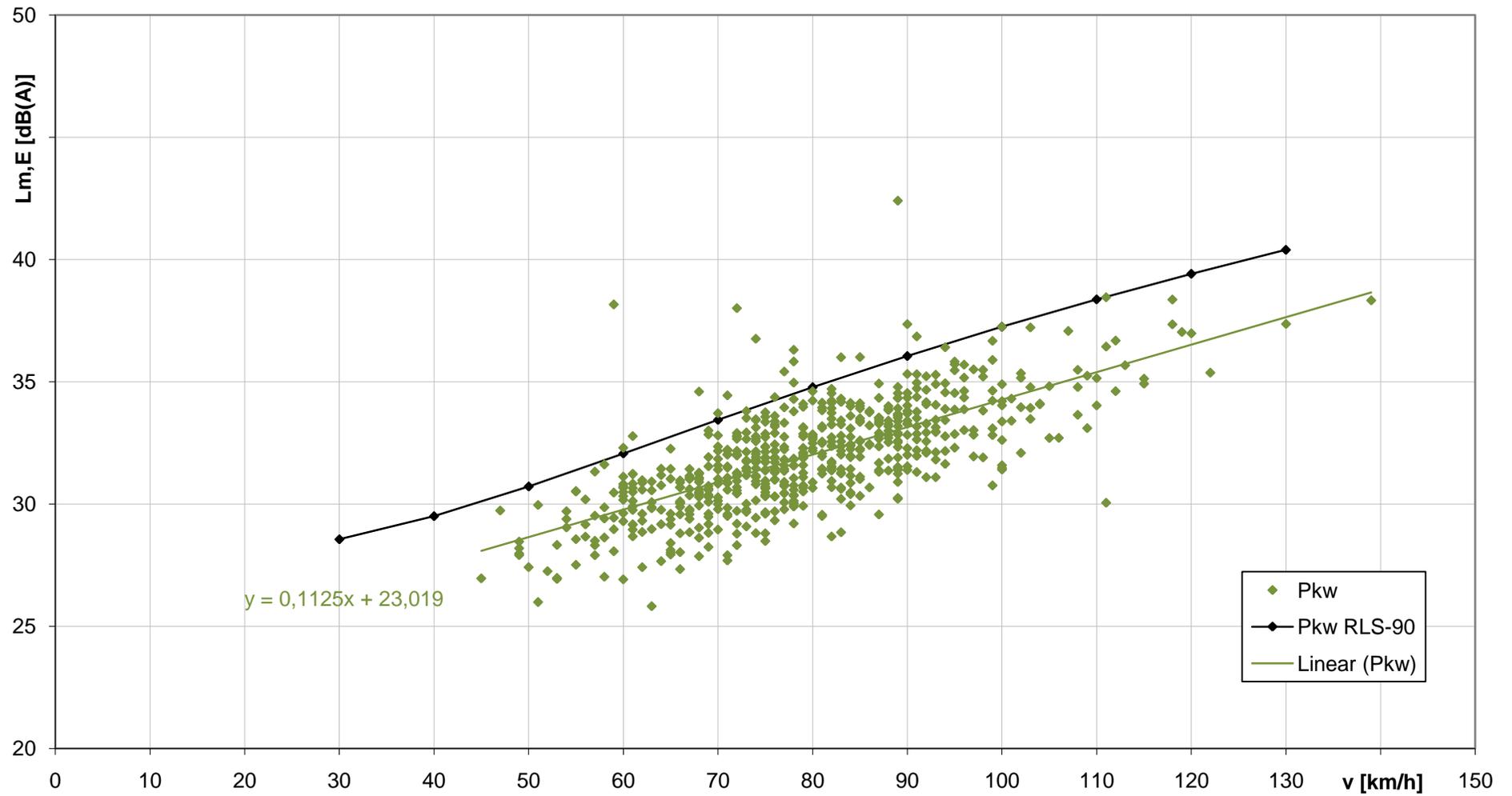
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Gammertingen



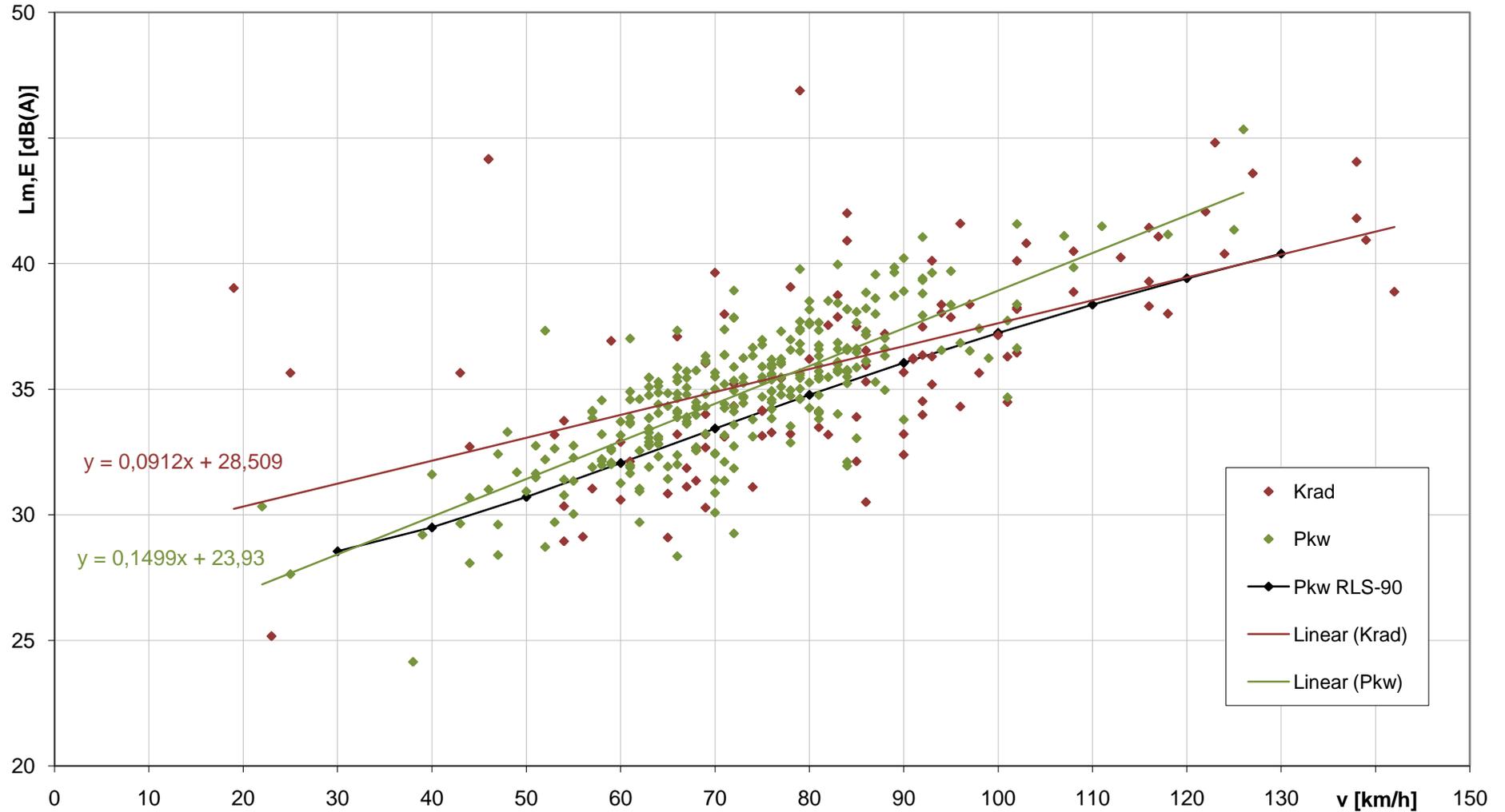
Lm,E Krad
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Gammertingen



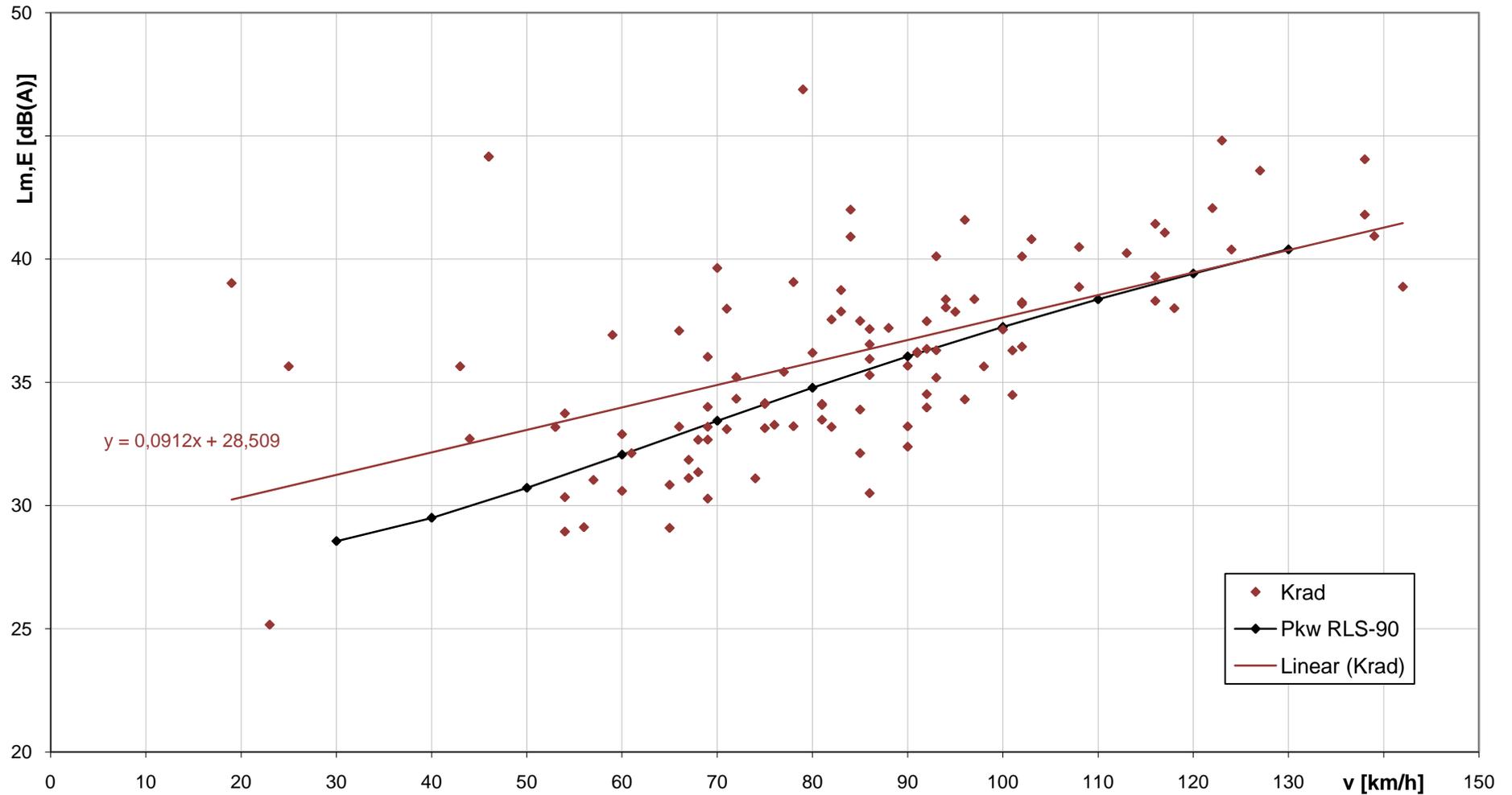
Lm,E Pkw
beobachtete Messungen Gammertingen Fahrtrichtung Gammertingen



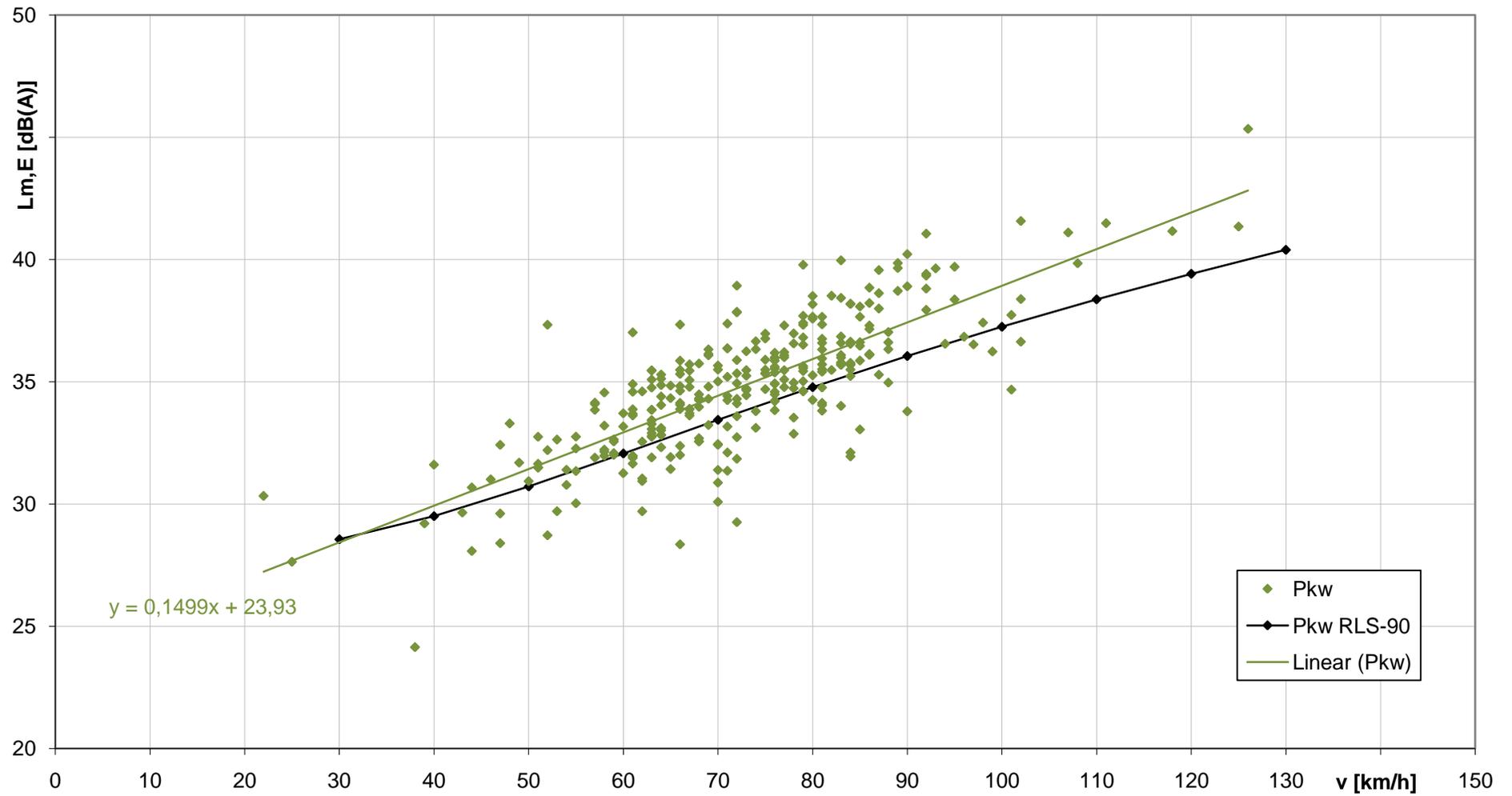
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen L 559 Mitte Fahrtrichtung Leopoldshafen



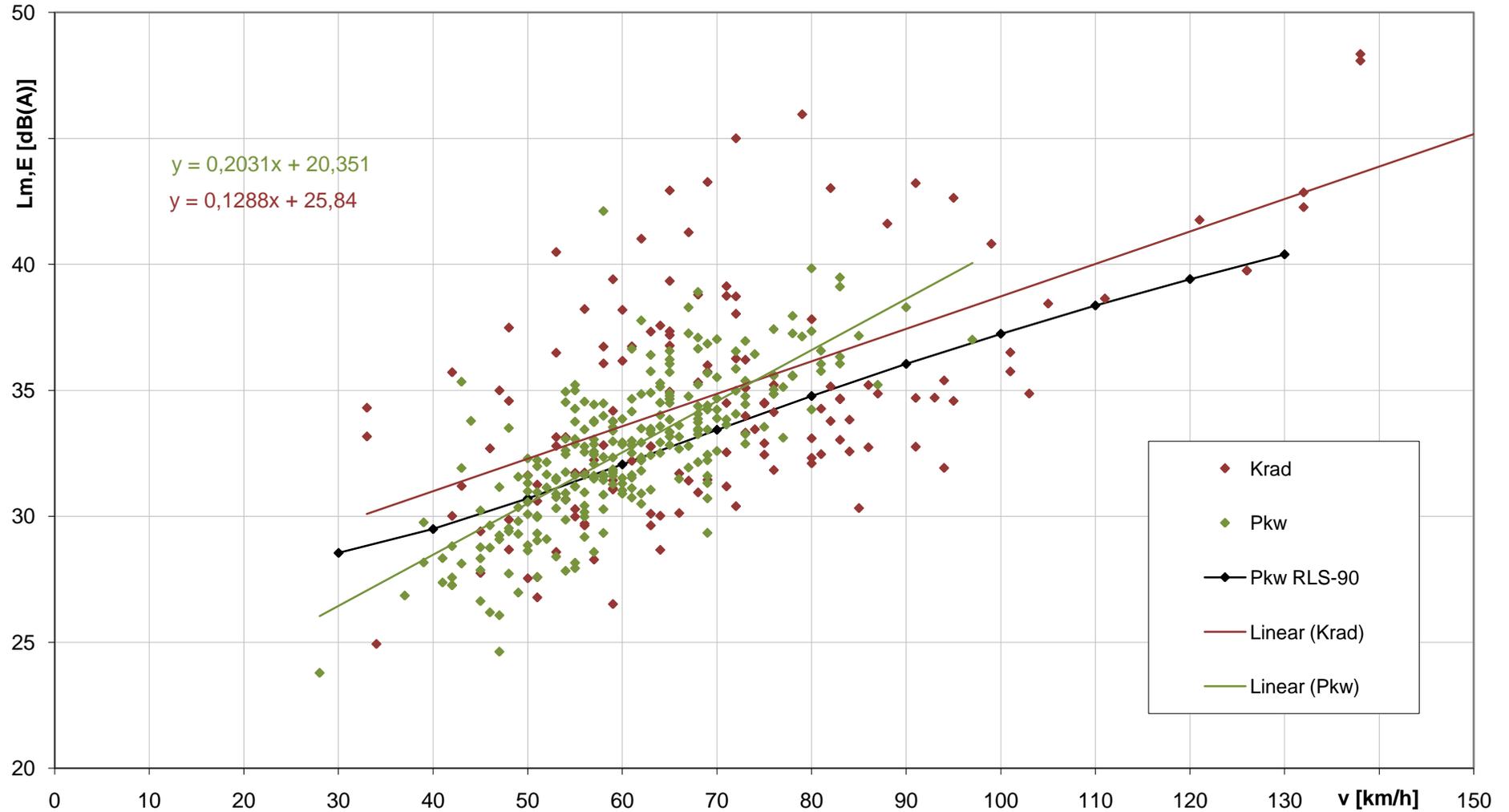
Lm,E Krad beobachtete Messungen L 559 Mitte Fahrtrichtung Leopoldshafen



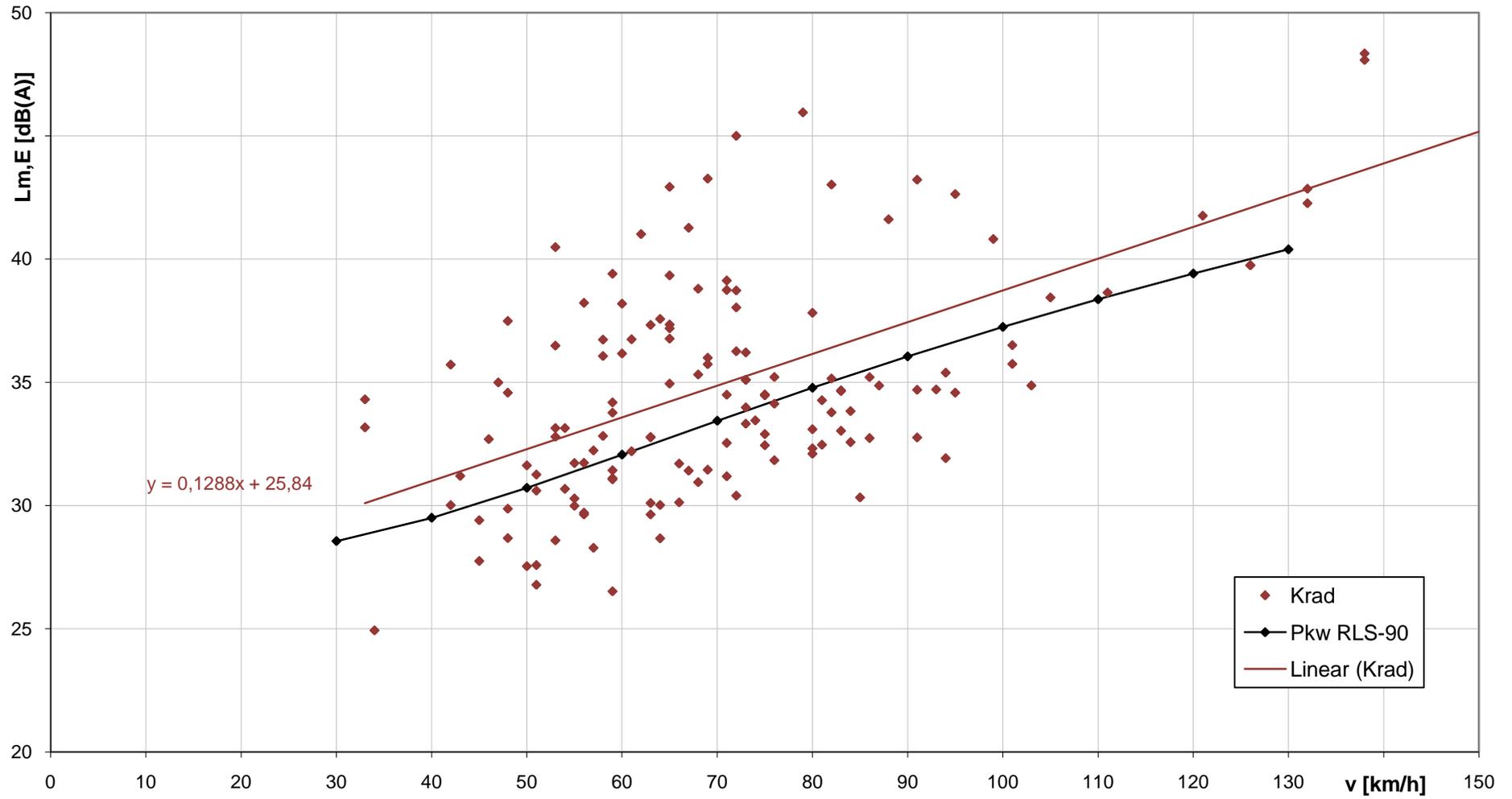
Lm,E Pkw
beobachtete Messungen L 559 Mitte Fahrtrichtung Leopoldshafen



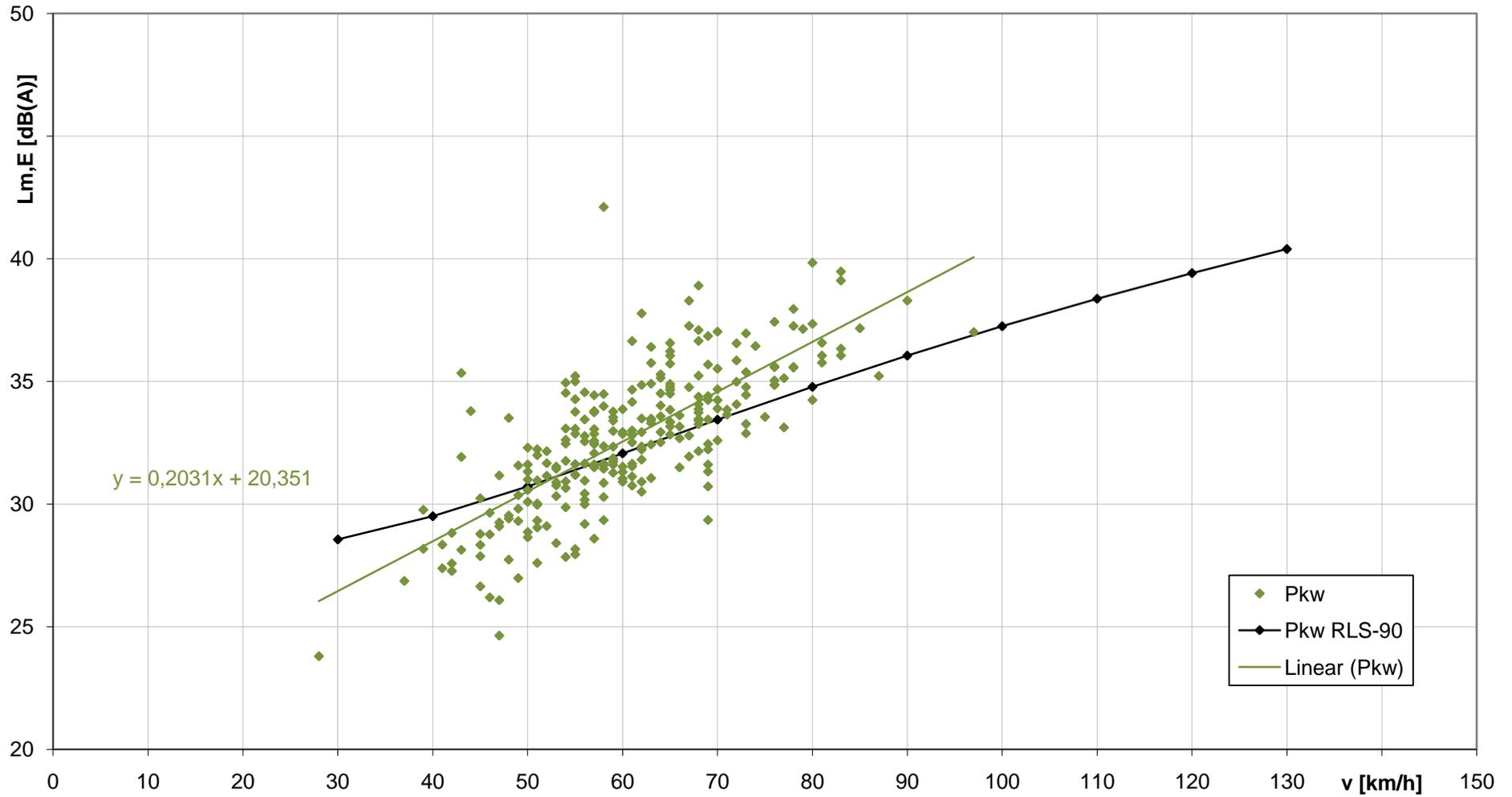
Lm,E Pkw und Krad beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Leopoldshafen



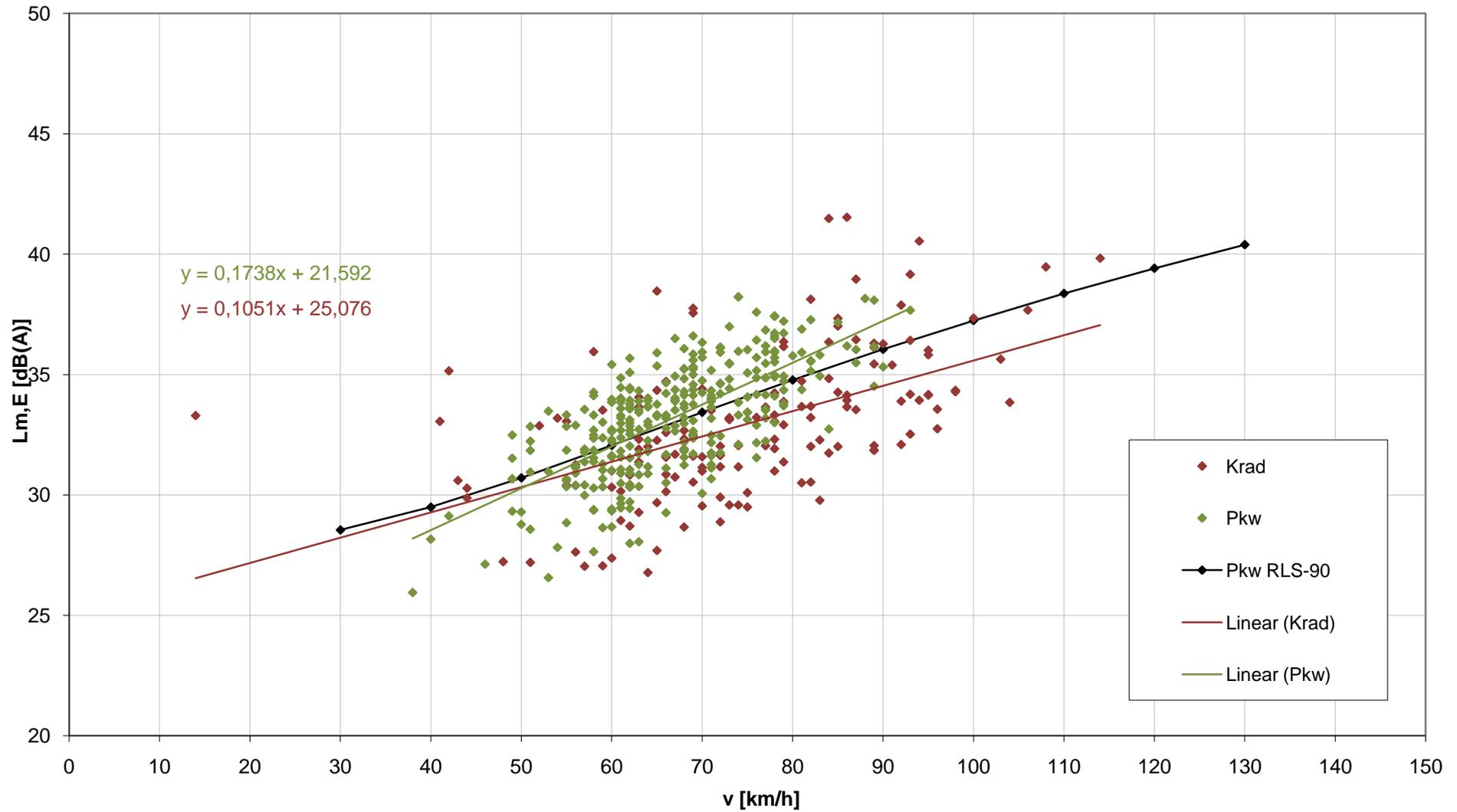
Lm,E Krad
beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Leopoldshafen



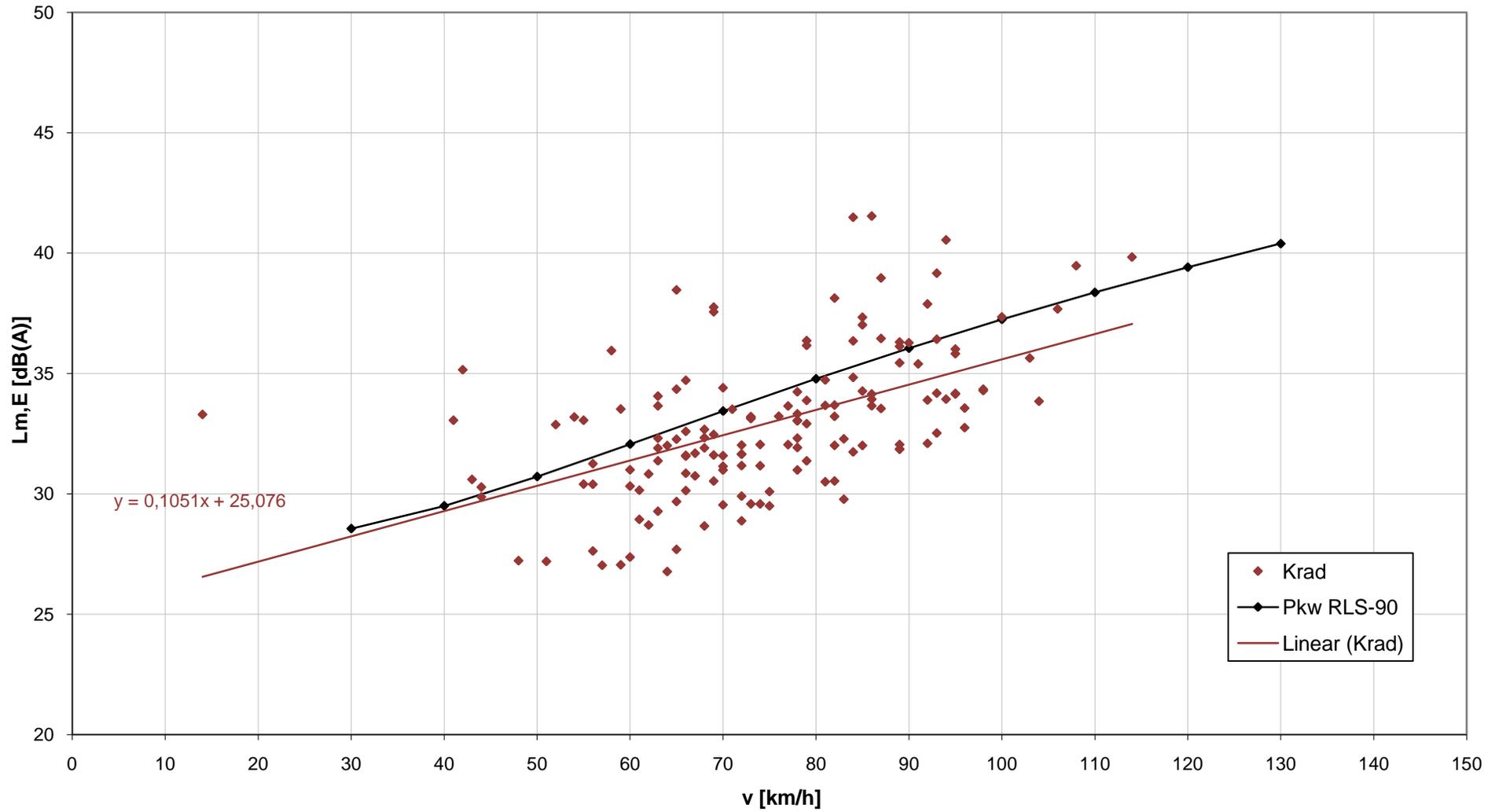
Lm,E Pkw beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Leopoldshafen



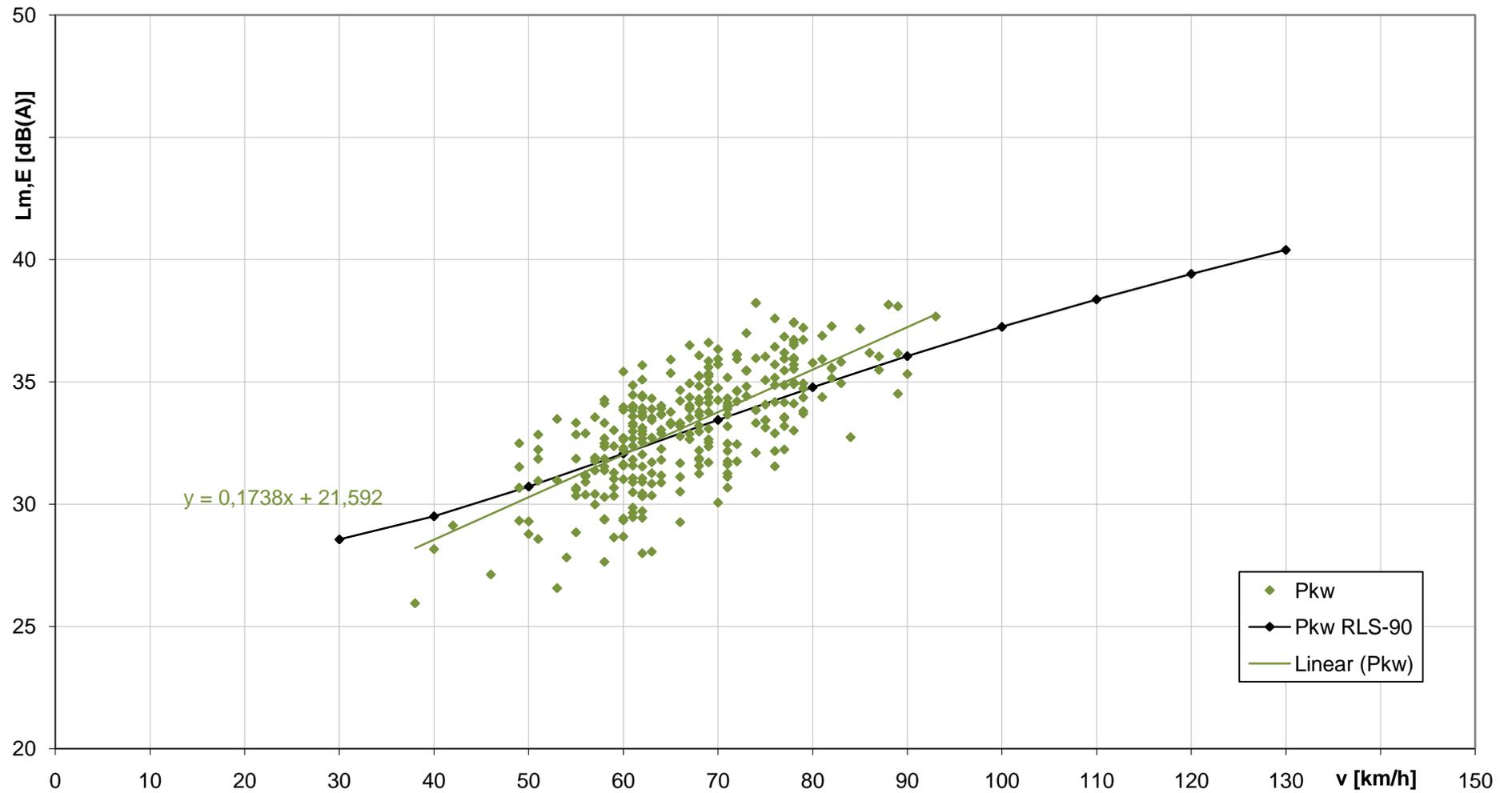
Lm,E Pkw und Krad
beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Rheinfähre



Lm,E Krad beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Rheinfähre



Lm,E Pkw
beobachtete Messungen Rheindamm Fahrtrichtung Rheinfähre



Anlage 6

Auswertung der Emissionspegel (automatisierte Messungen)

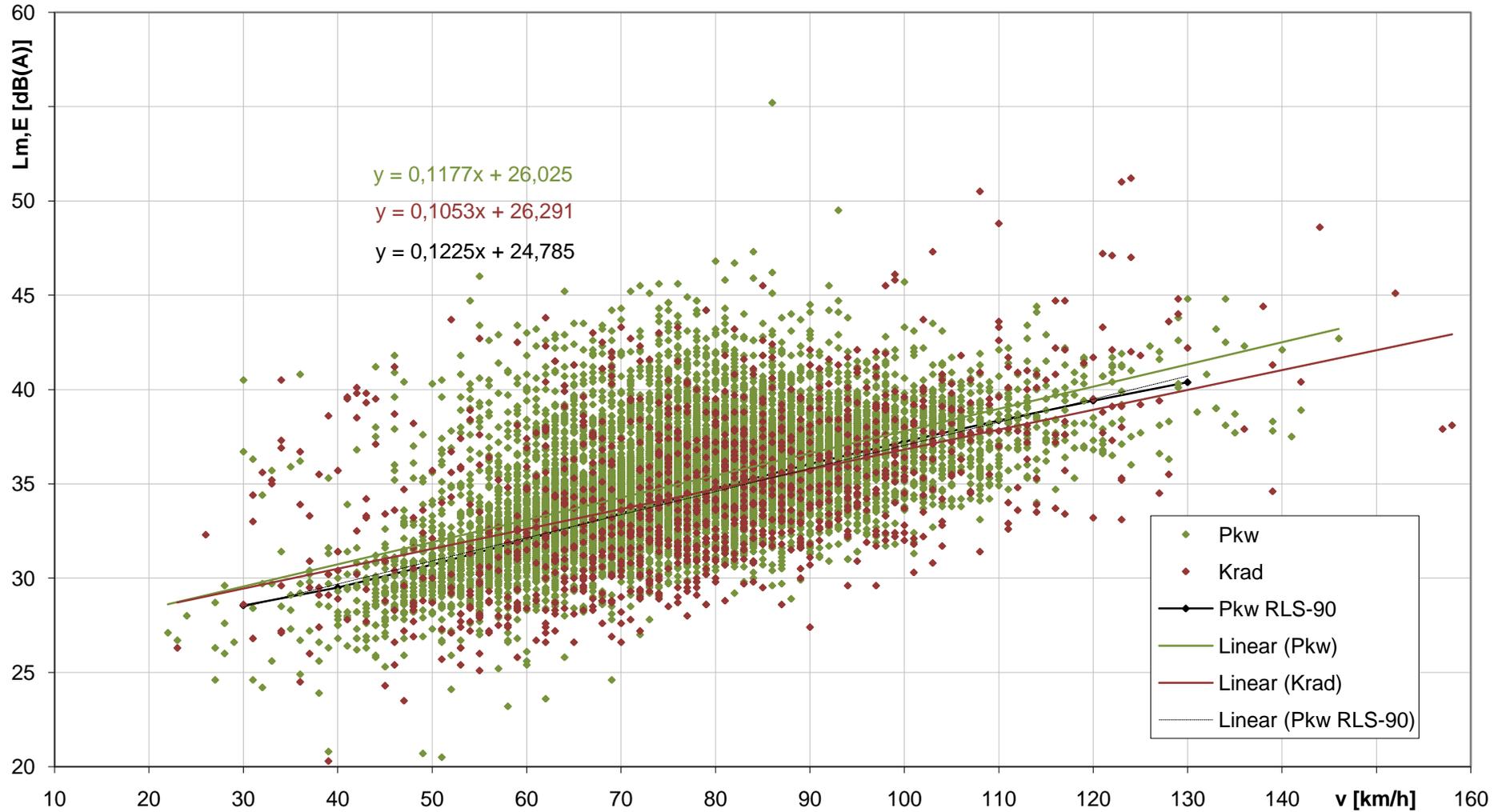
Anlage 6.1	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad und Pkw
Anlage 6.2	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Krad
Anlage 6.3	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Pkw
Anlage 6.4	Tabelle Zusatzinformationen
Anlage 6.5	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad und Pkw
Anlage 6.6	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Krad
Anlage 6.7	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand, Pkw
Anlage 6.8	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad und Pkw
Anlage 6.9	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Krad
Anlage 6.10	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies, Pkw
Anlage 6.11	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad und Pkw
Anlage 6.12	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Krad
Anlage 6.13	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen, Pkw
Anlage 6.14	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad und Pkw
Anlage 6.15	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Krad
Anlage 6.16	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen, Pkw

Hinweise:

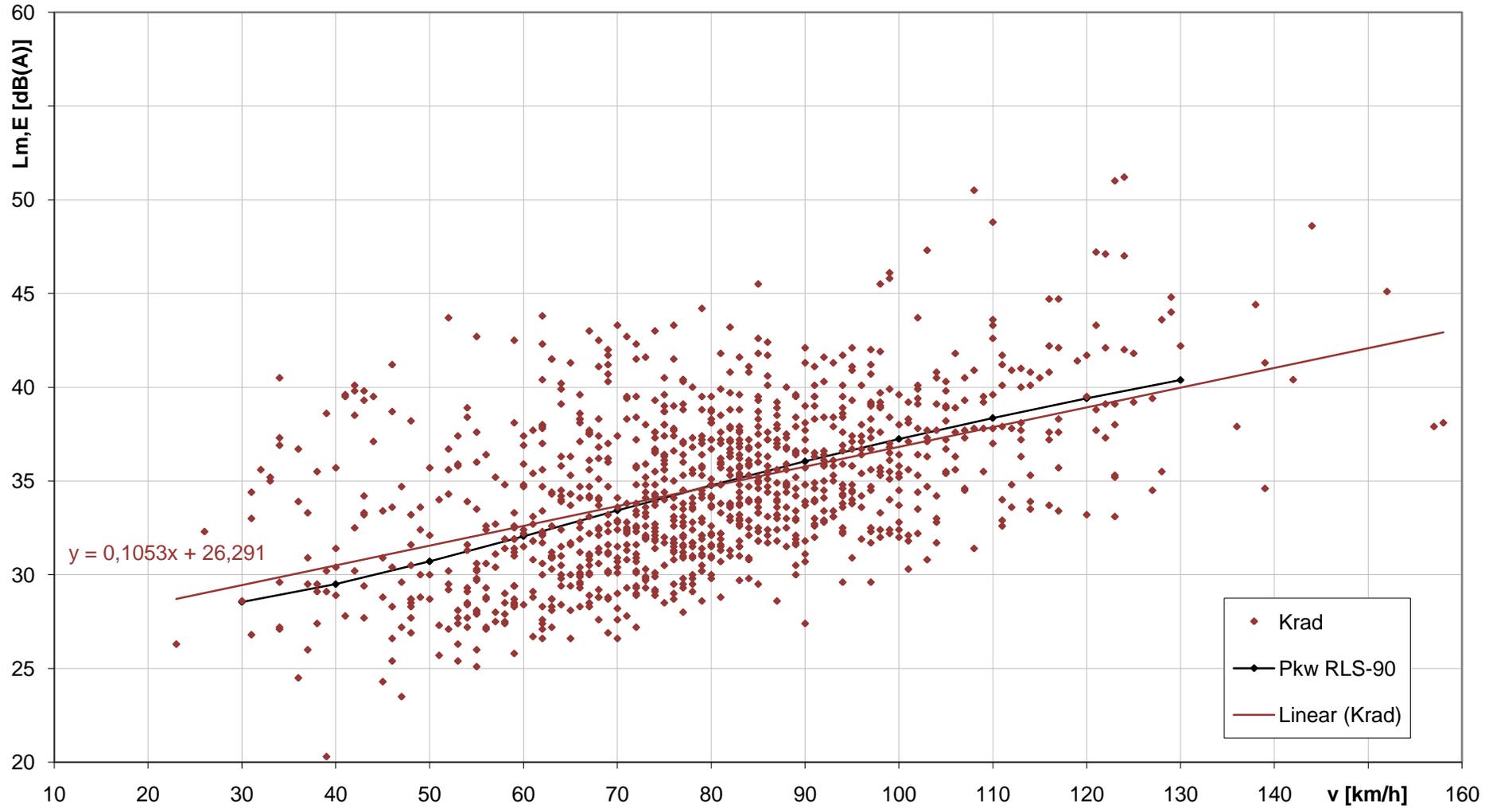
in den Diagrammen mit "Linear (...)" bezeichnete Linien zeigen die Regressionsgeraden des entsprechenden Datensatzes (lineare Regression);

"Linear (Pkw RLS-90)" bezeichnet die Regressionsgerade des $L_{m,E}$ nach RLS-90 für 1 Pkw/h.

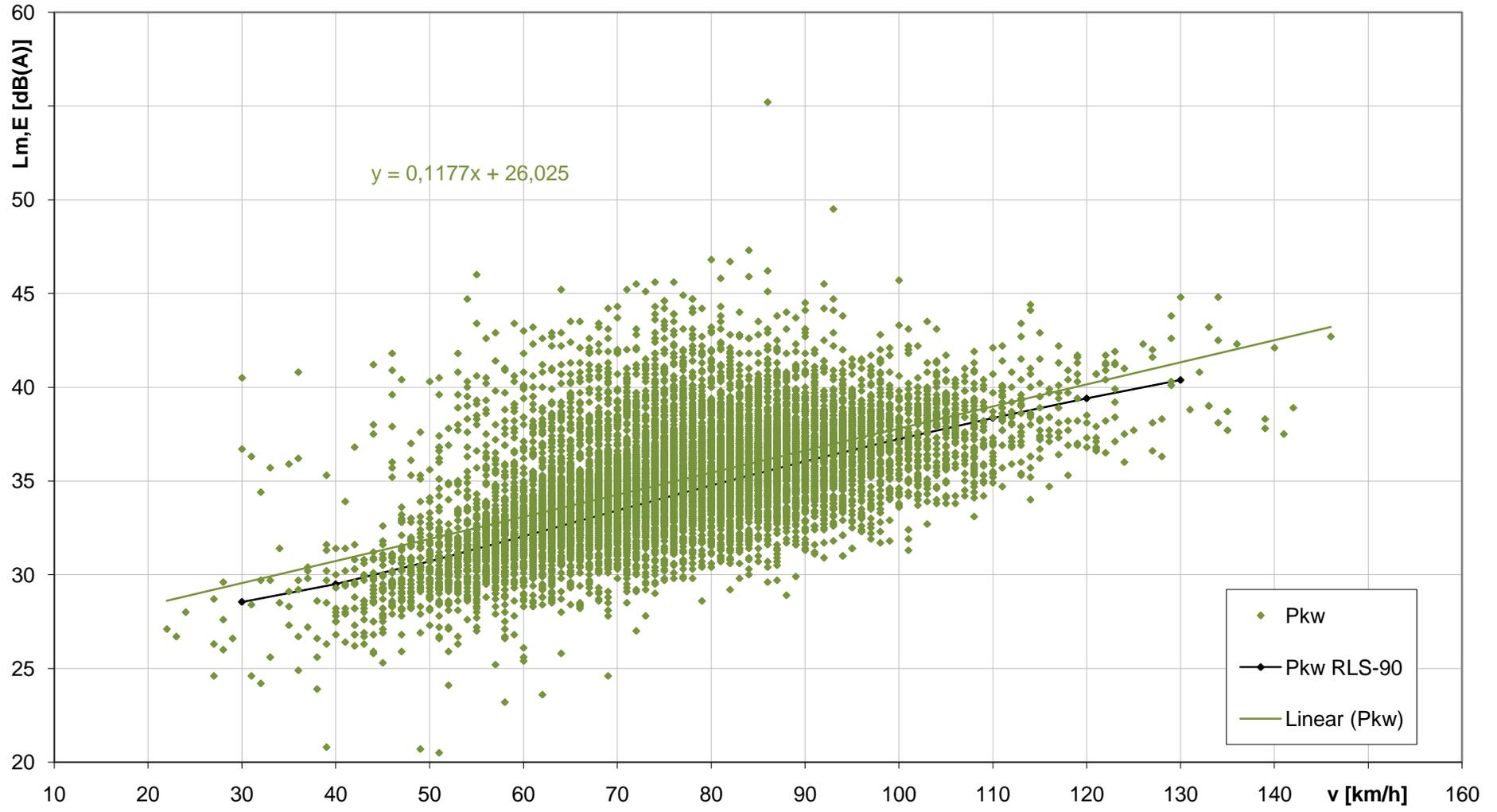
Lm,E(v) Pkw und Krad alle automatisierten Messungen



Lm,E(v) Krad alle automatisierten Messungen



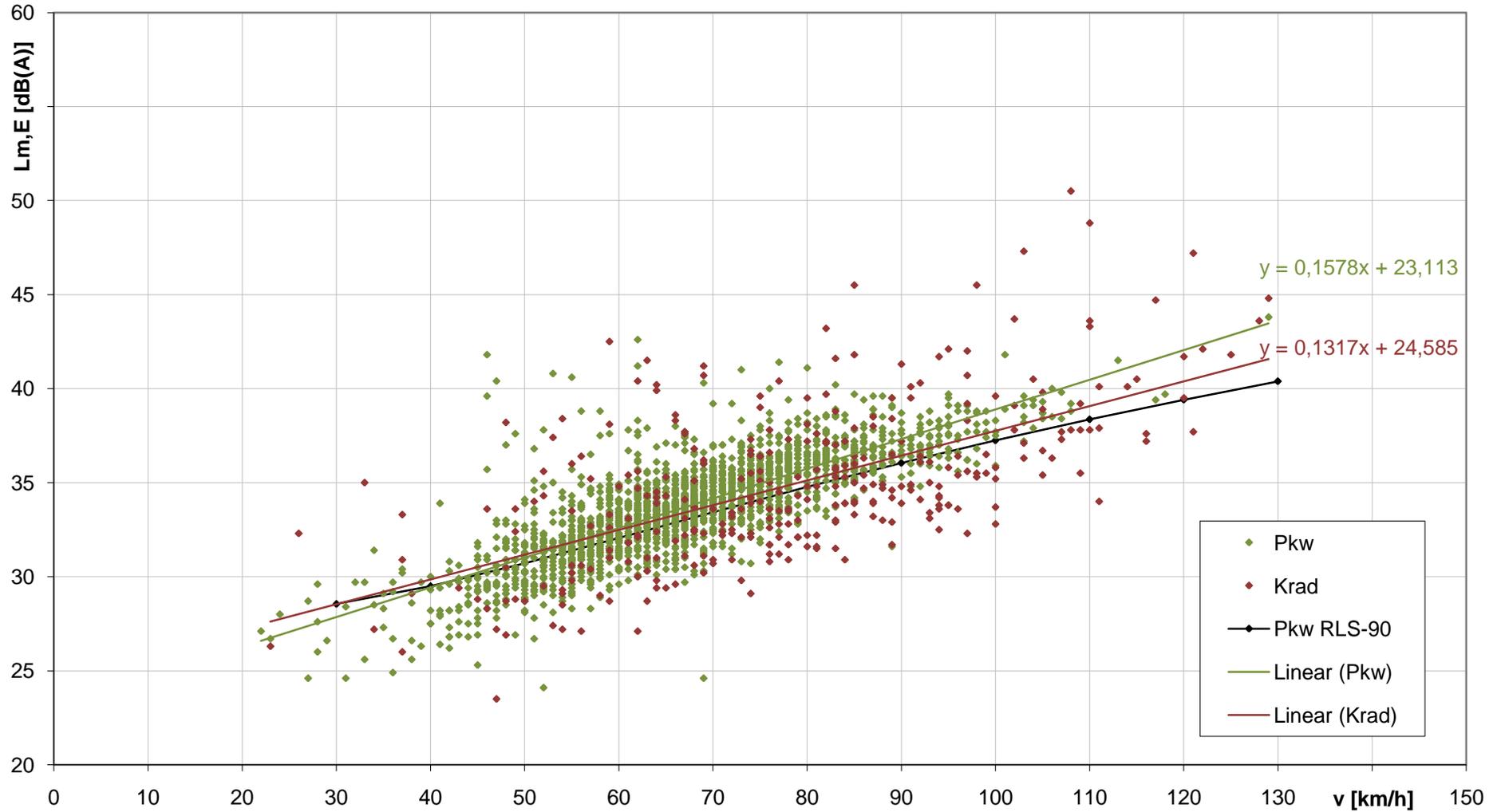
Lm,E(v) Pkw alle automatisierten Messungen



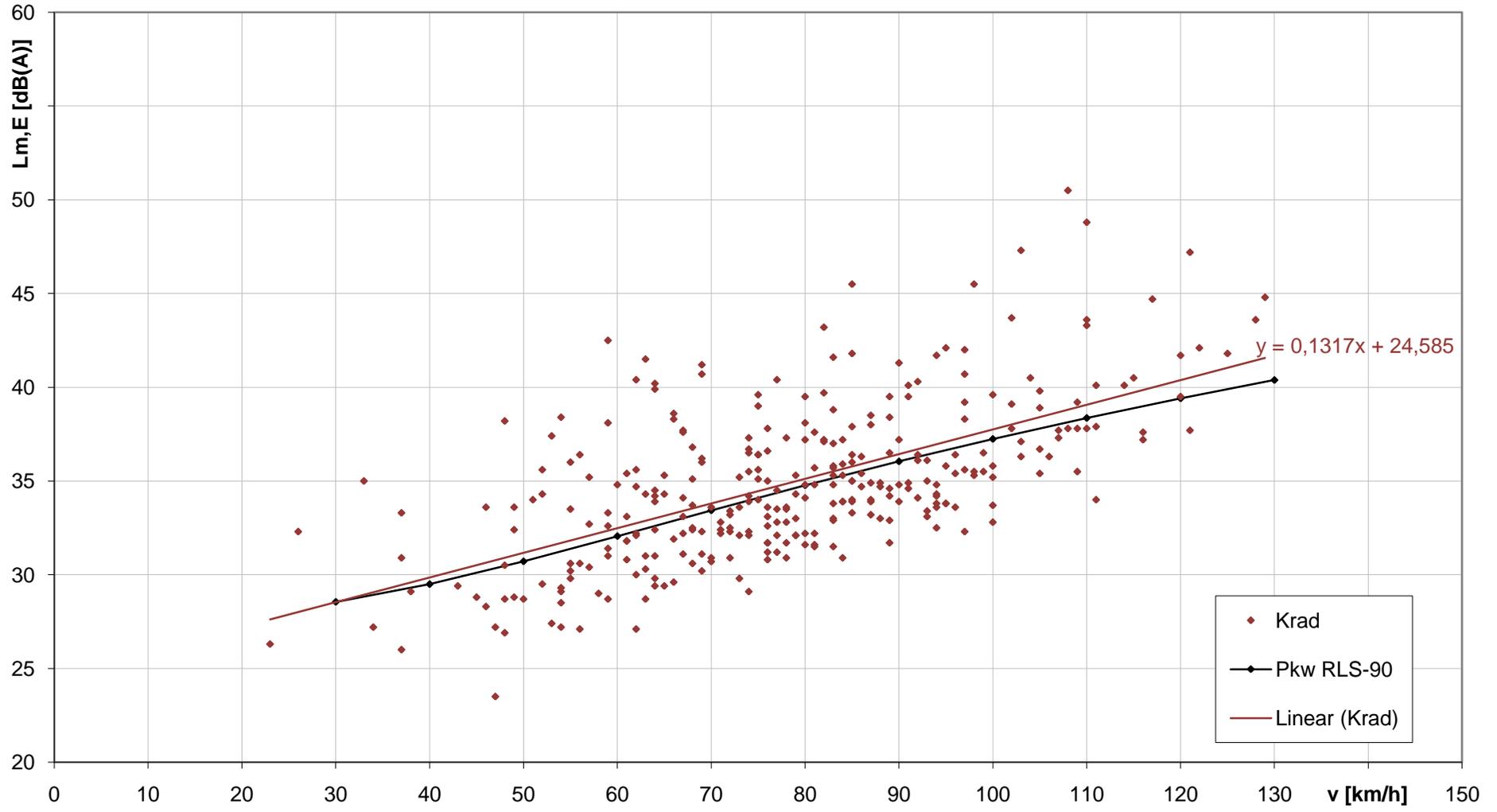
**automatisierte Messungen
alle Messpunkte
18.06.2009 - 20.07.2009**

	Krad	Pkw	gesamt	
Anzahl Datensätze LmE	1.091	12.080	13.171	
vmin	23	22		km/h
vmax	158	146		km/h
LmEmin	20,3	20,5		dB(A)
LmEmax	51,2	55,2		dB(A)

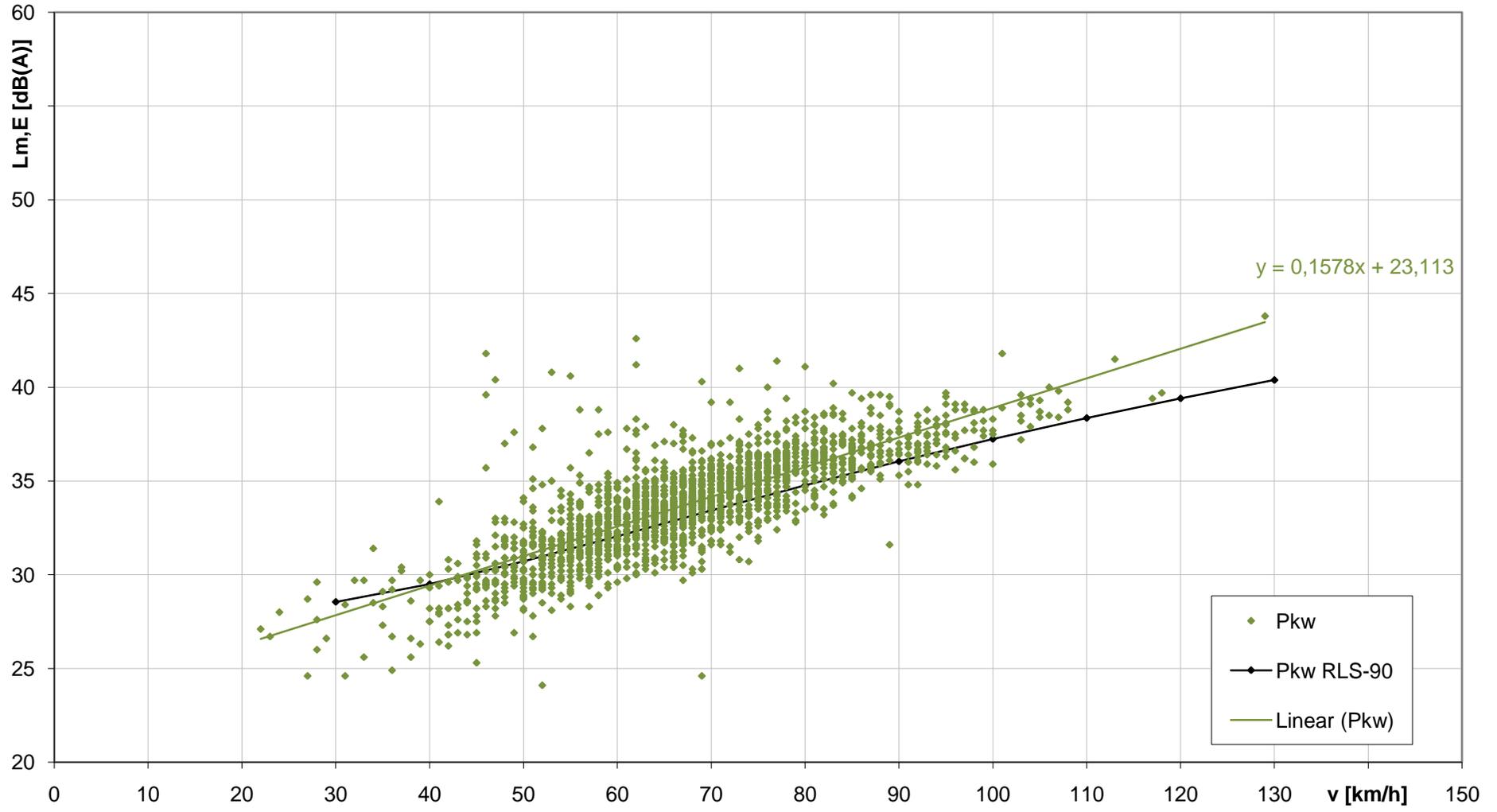
Lm,E(v) Pkw und Krad
automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



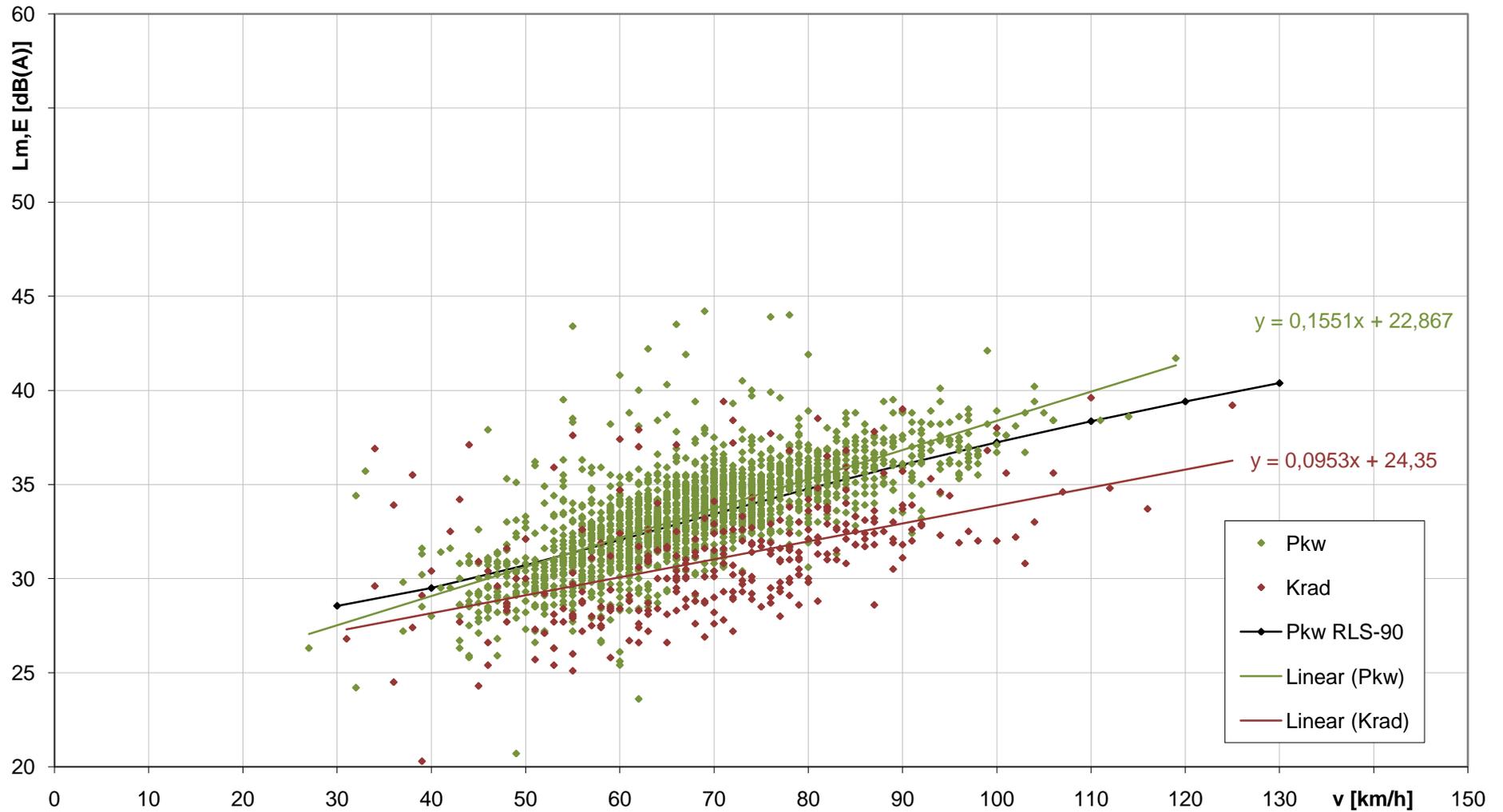
Lm,E(v) Krad automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



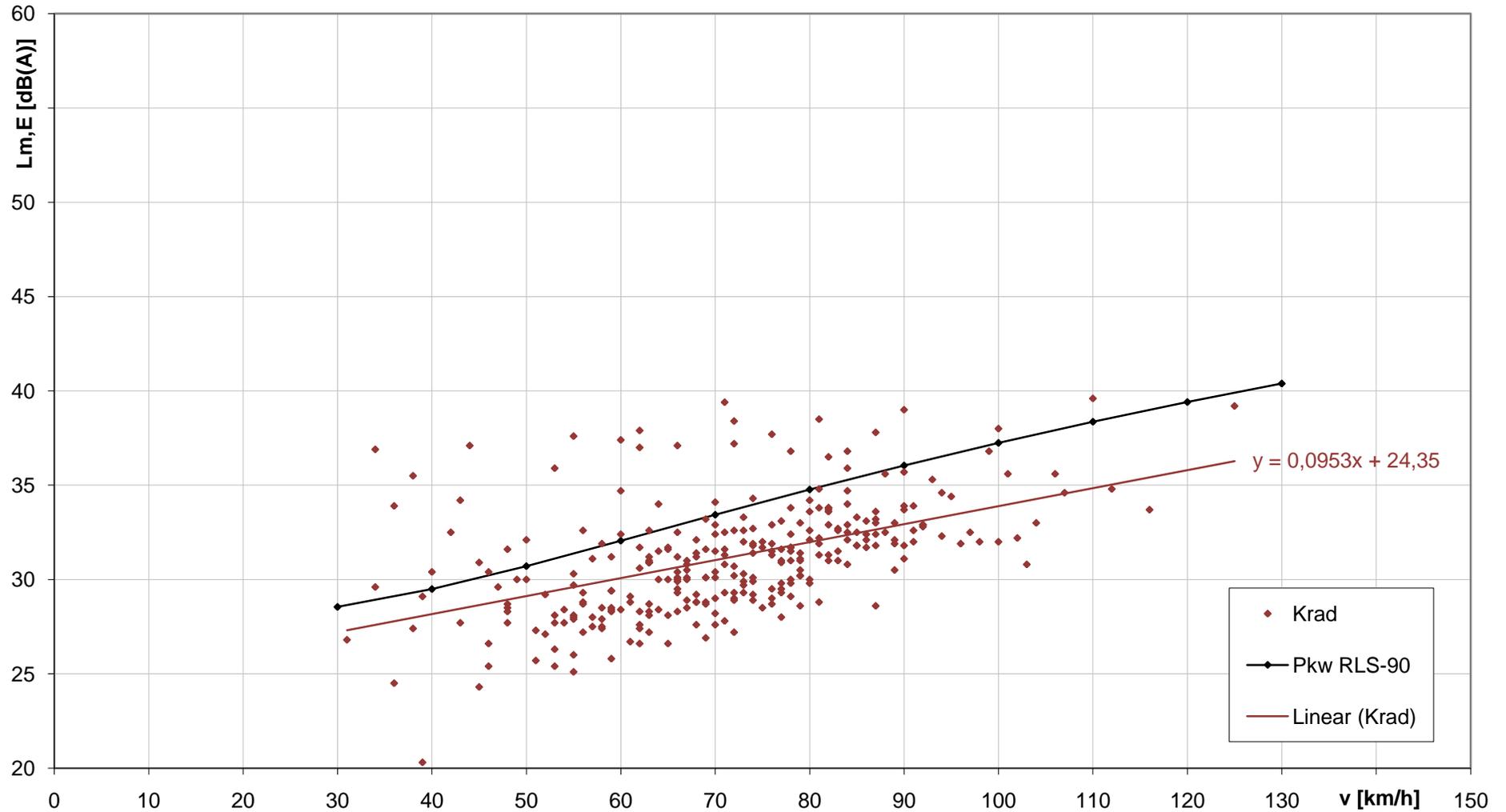
Lm,E(v) Pkw
automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Sand



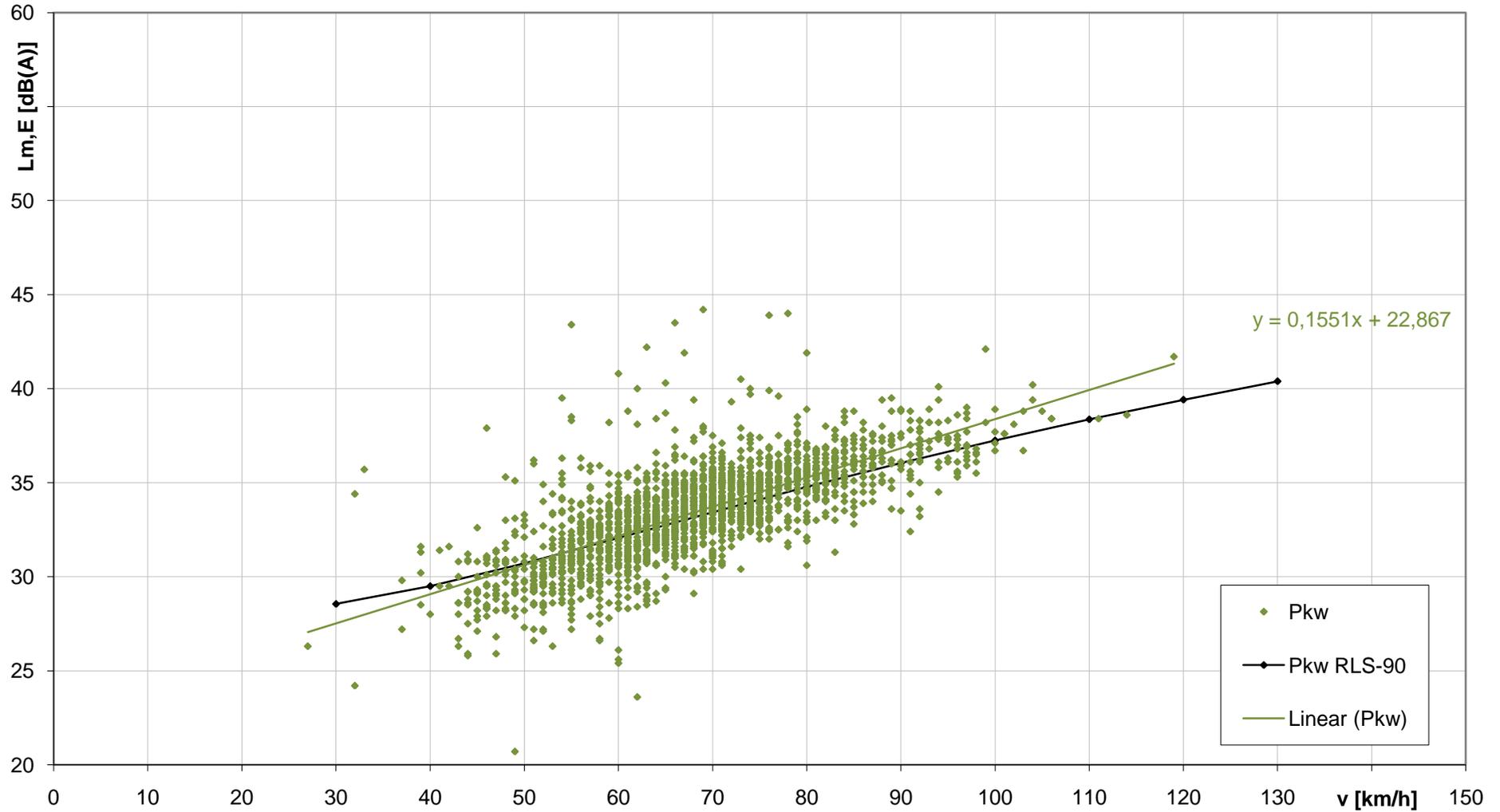
Lm,E(v) Pkw und Krad
automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



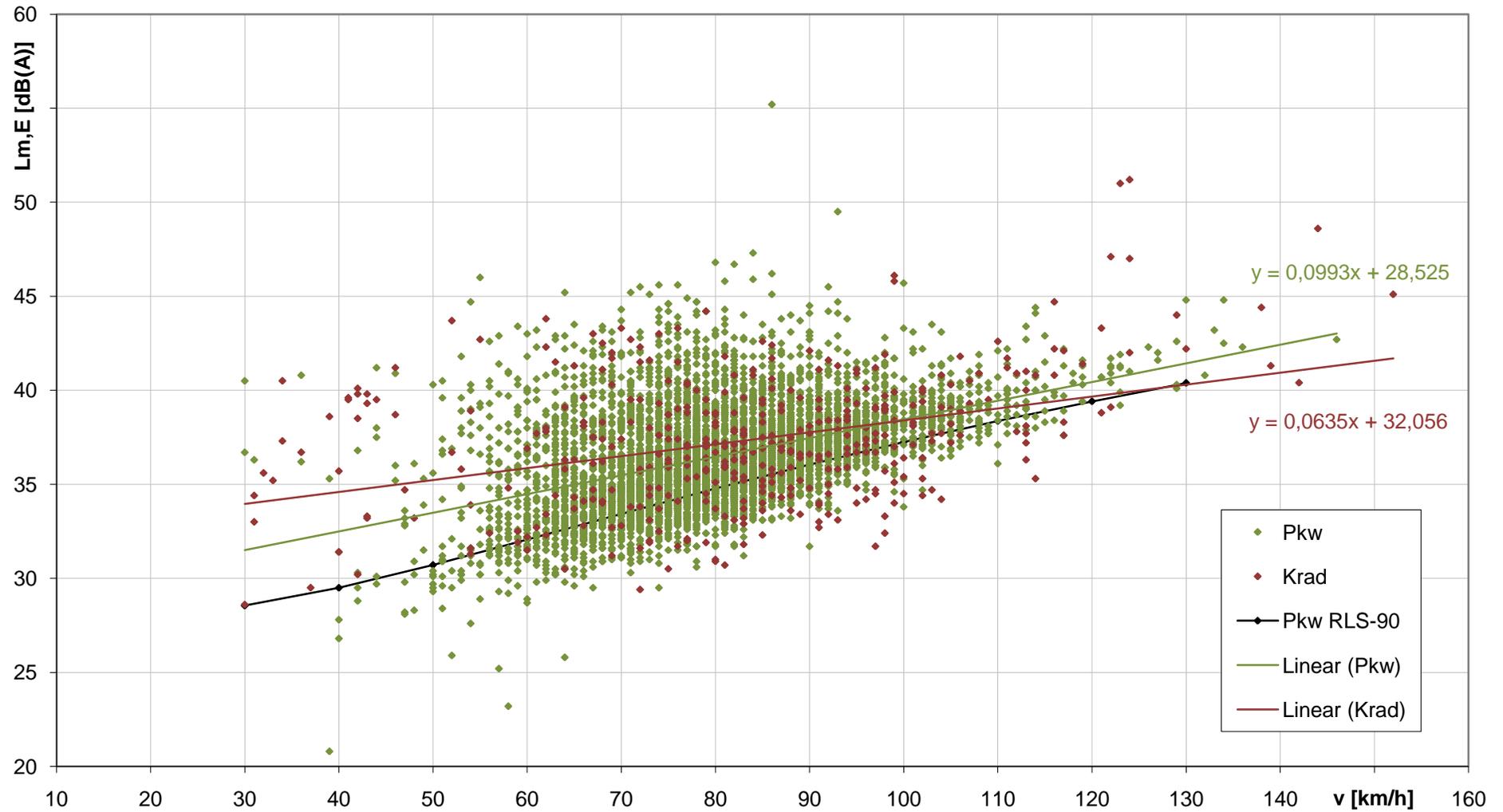
Lm,E(v) Krad automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



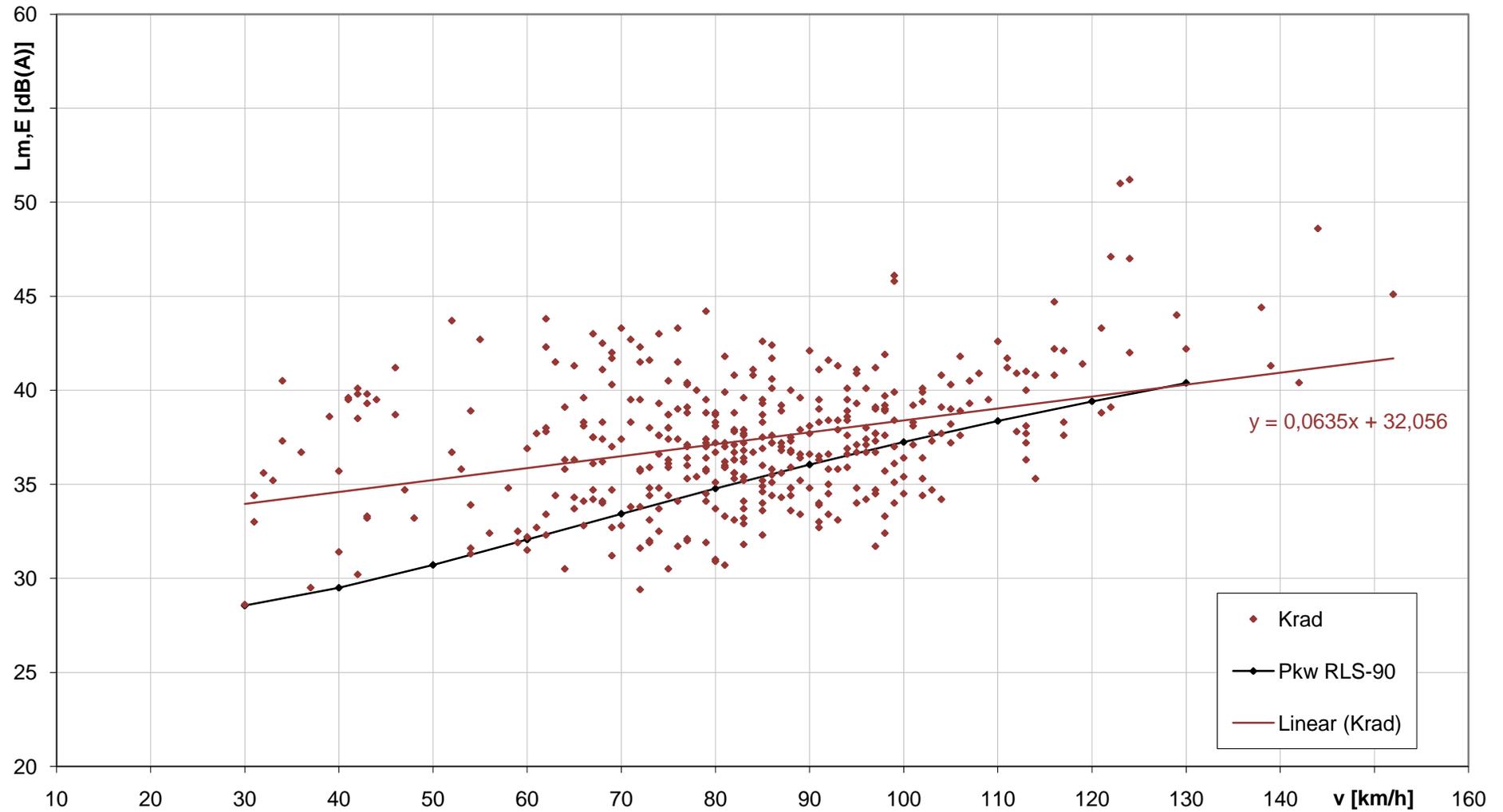
Lm,E(v) Pkw automatisierte Messungen Herrenwies Fahrtrichtung Herrenwies



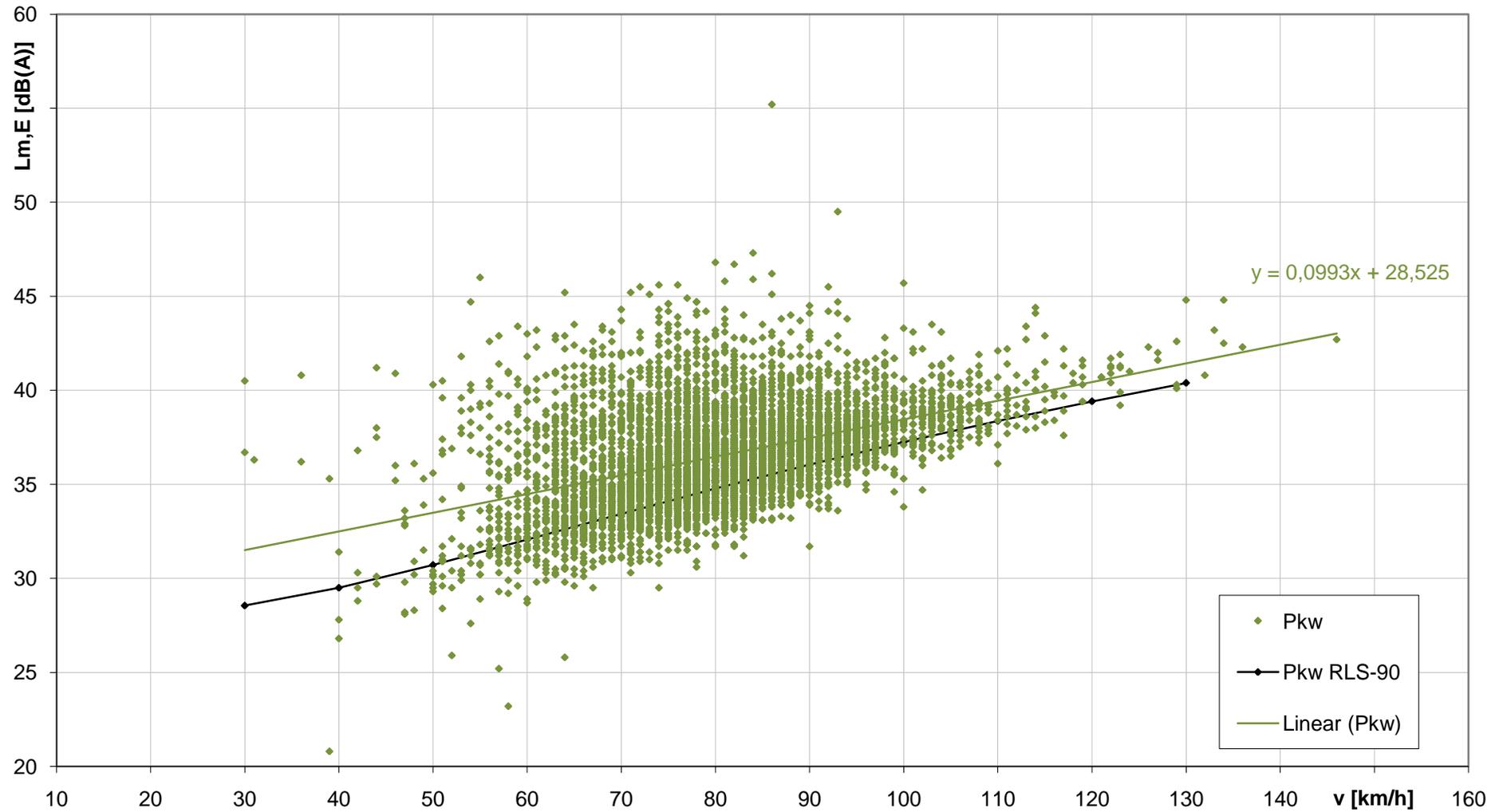
Lm,E(v) Pkw und Krad
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen



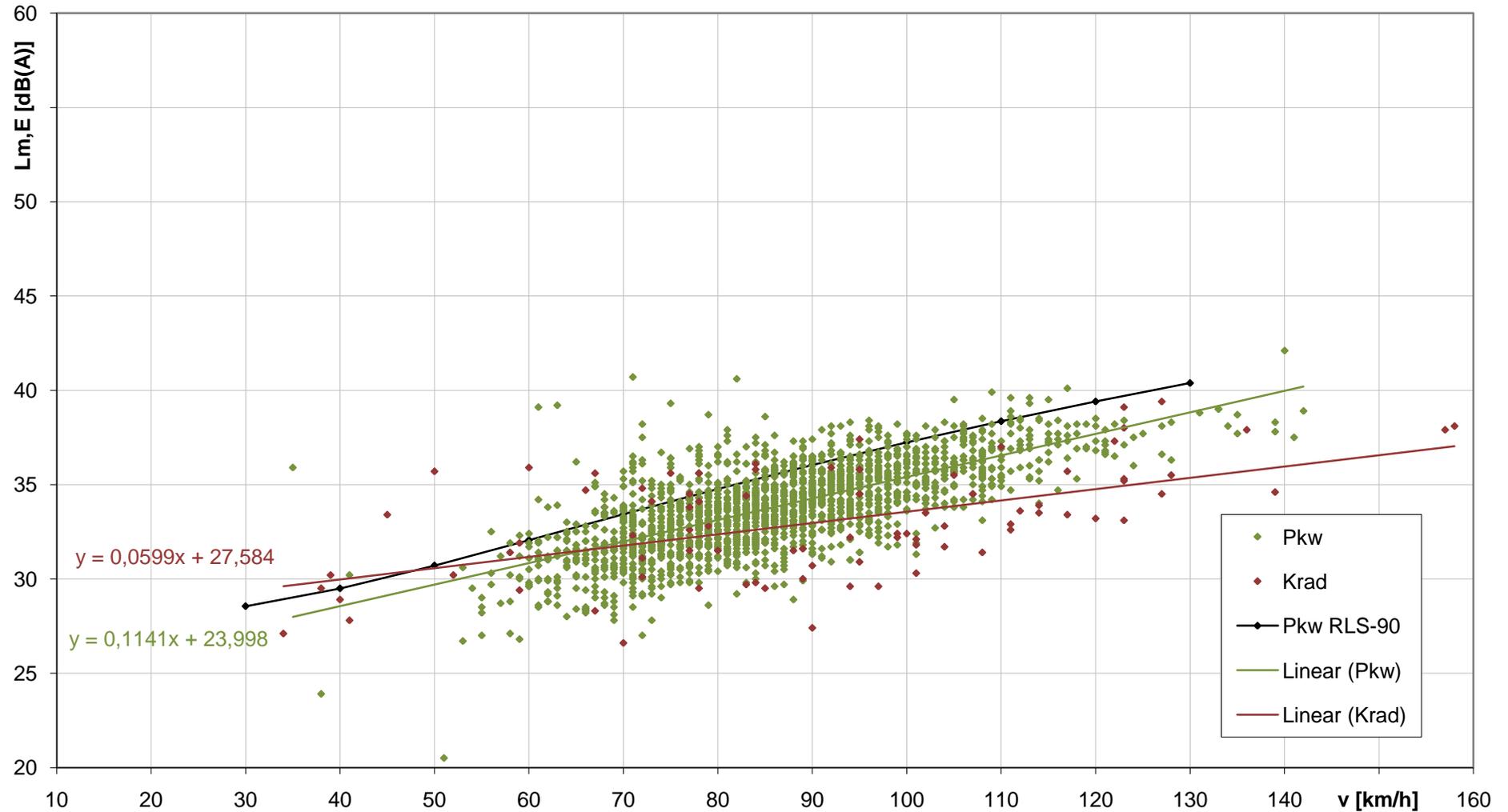
Lm,E(v) Krad
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen



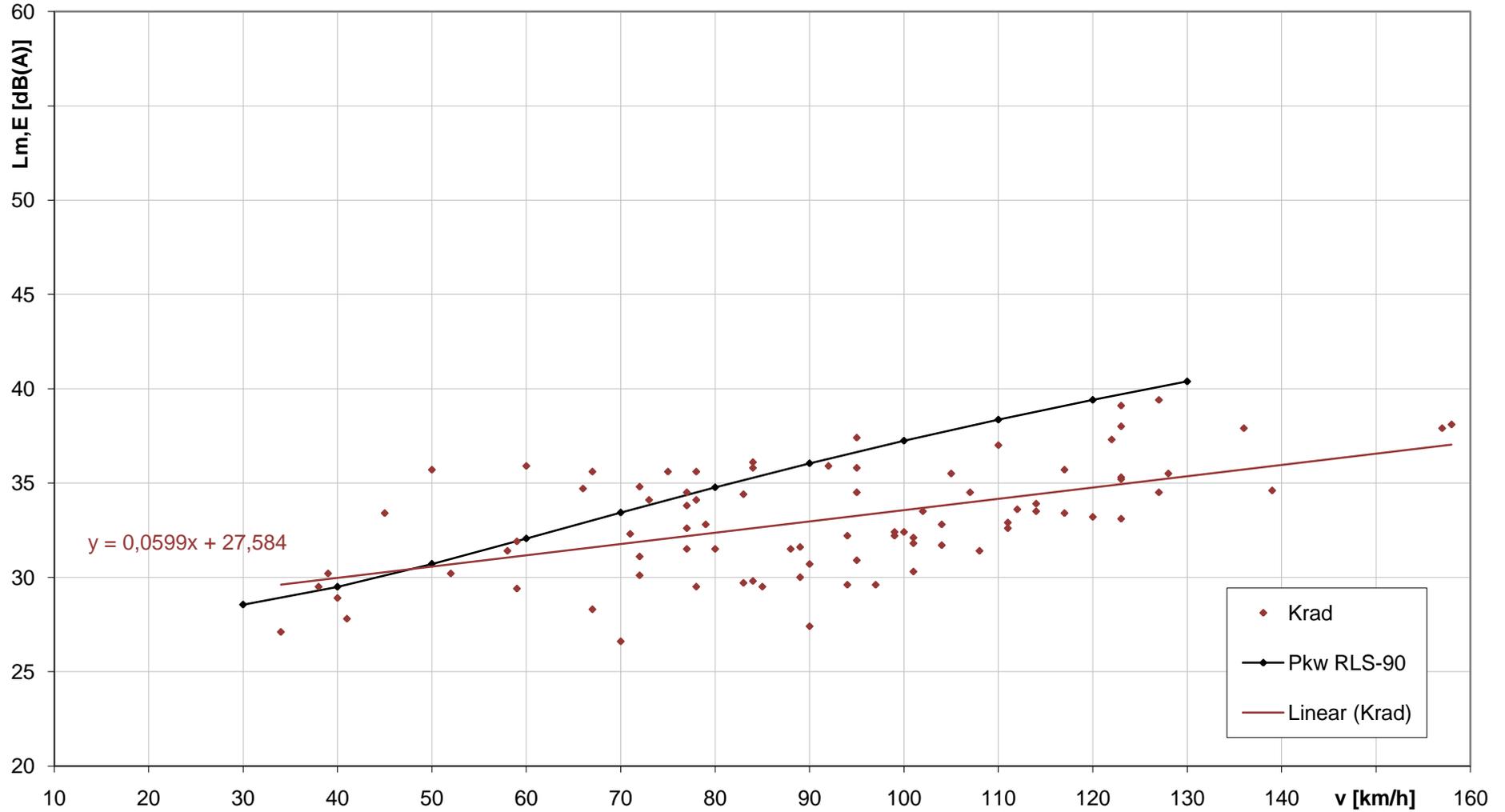
Lm,E(v) Pkw
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen



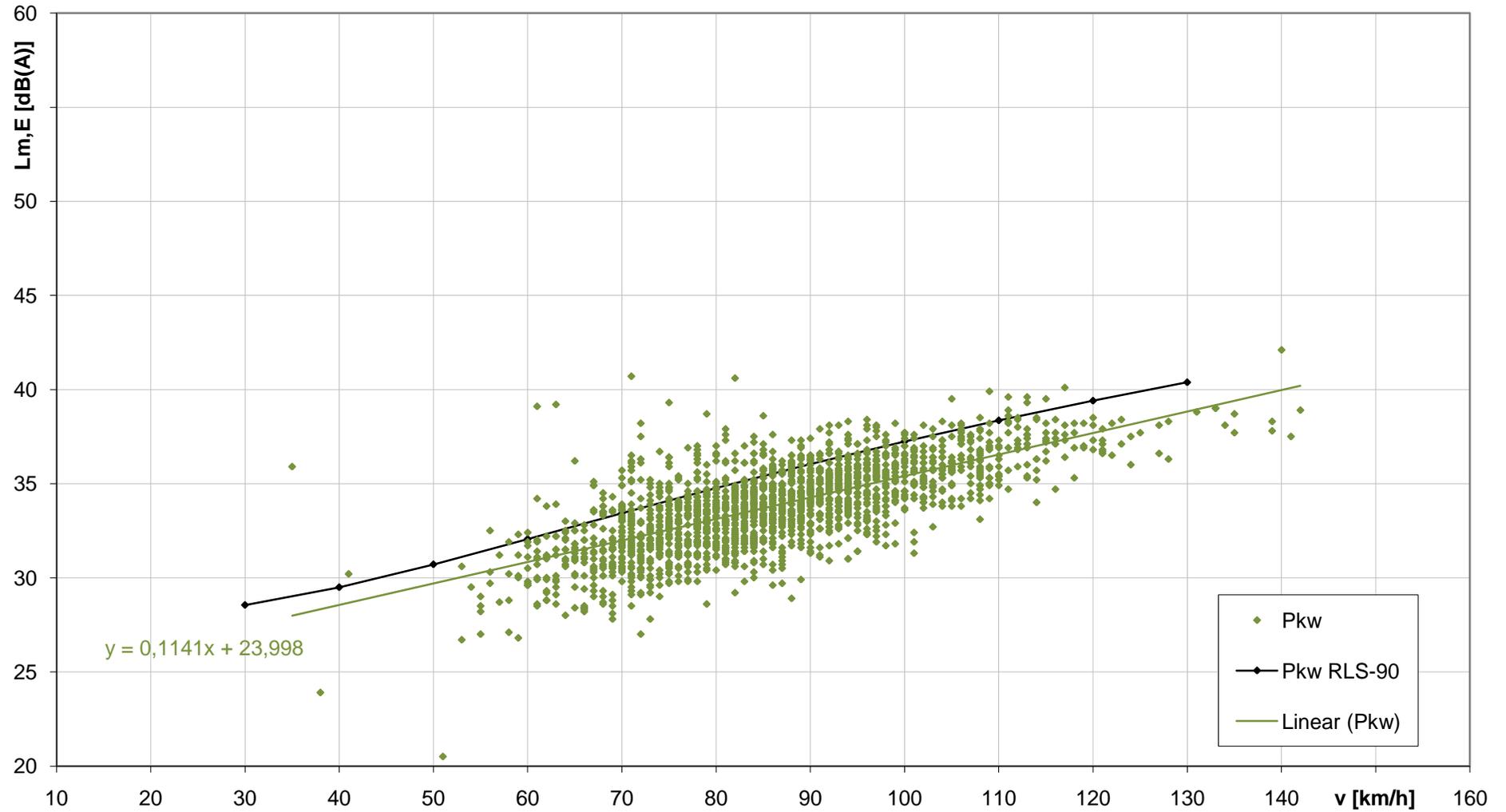
Lm,E(v) Pkw und Krad
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen



Lm,E(v) Krad
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen



Lm,E(v) Pkw
automatisierte Messungen Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen

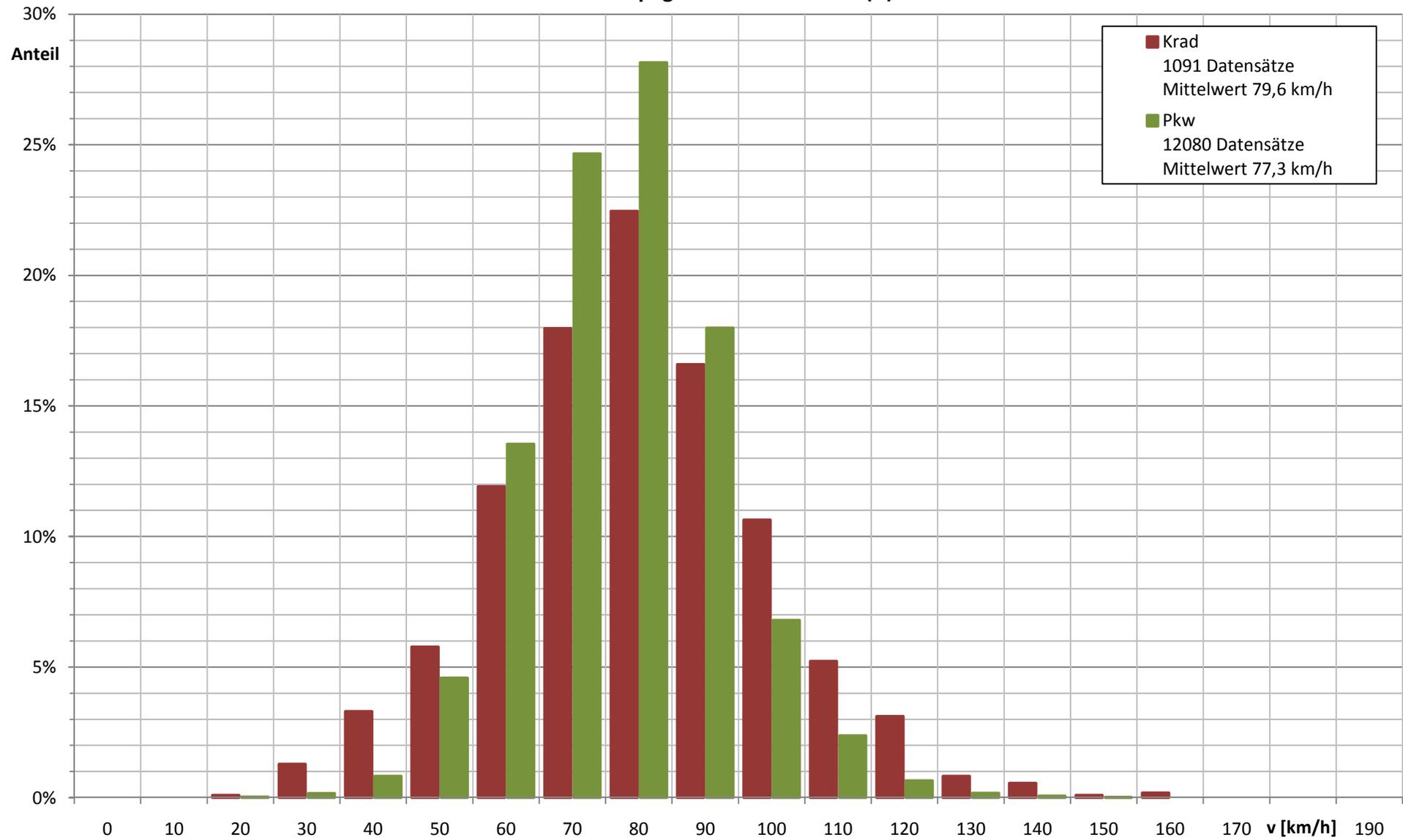


Anlage 7

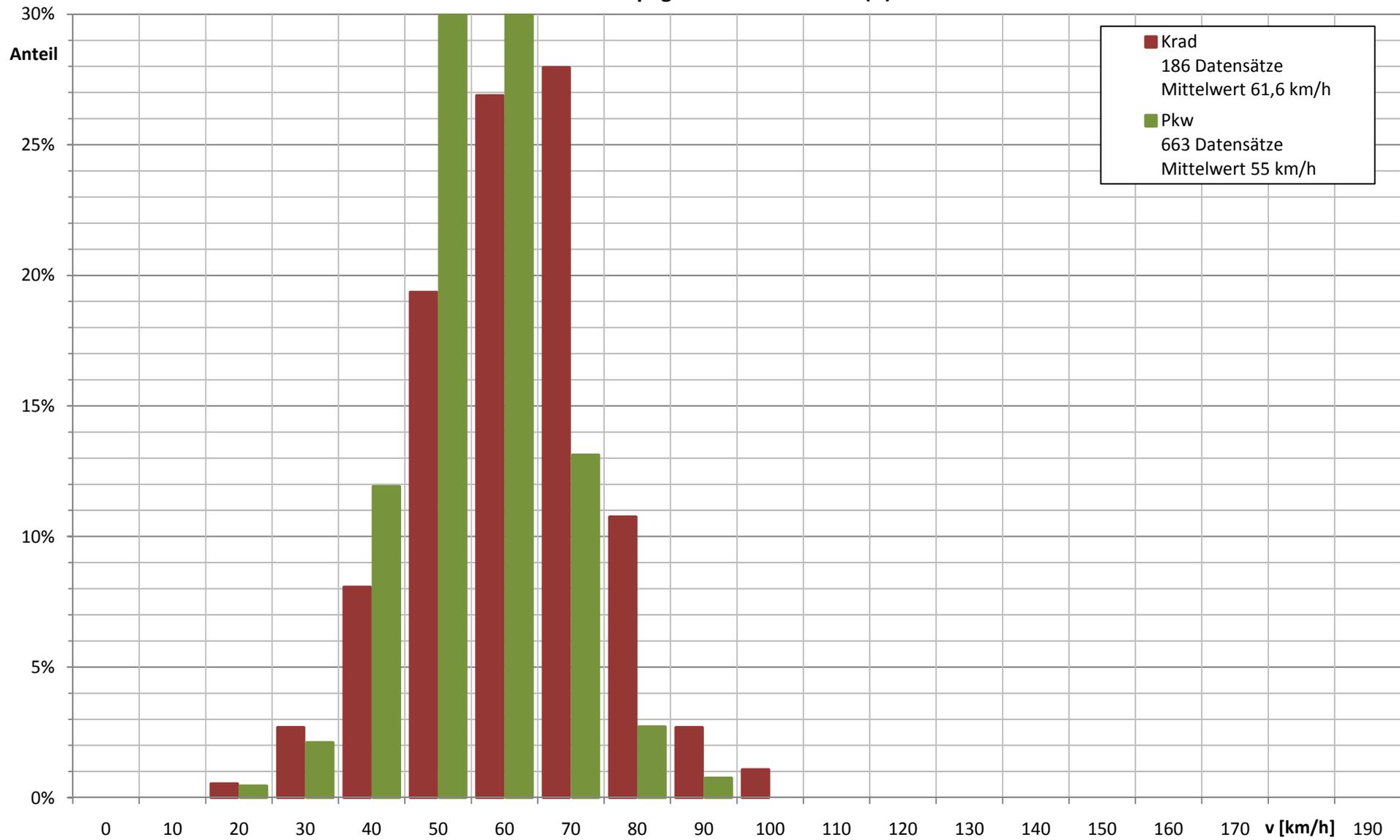
Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeiten und Häufigkeitsverteilungen der Emissionspegel

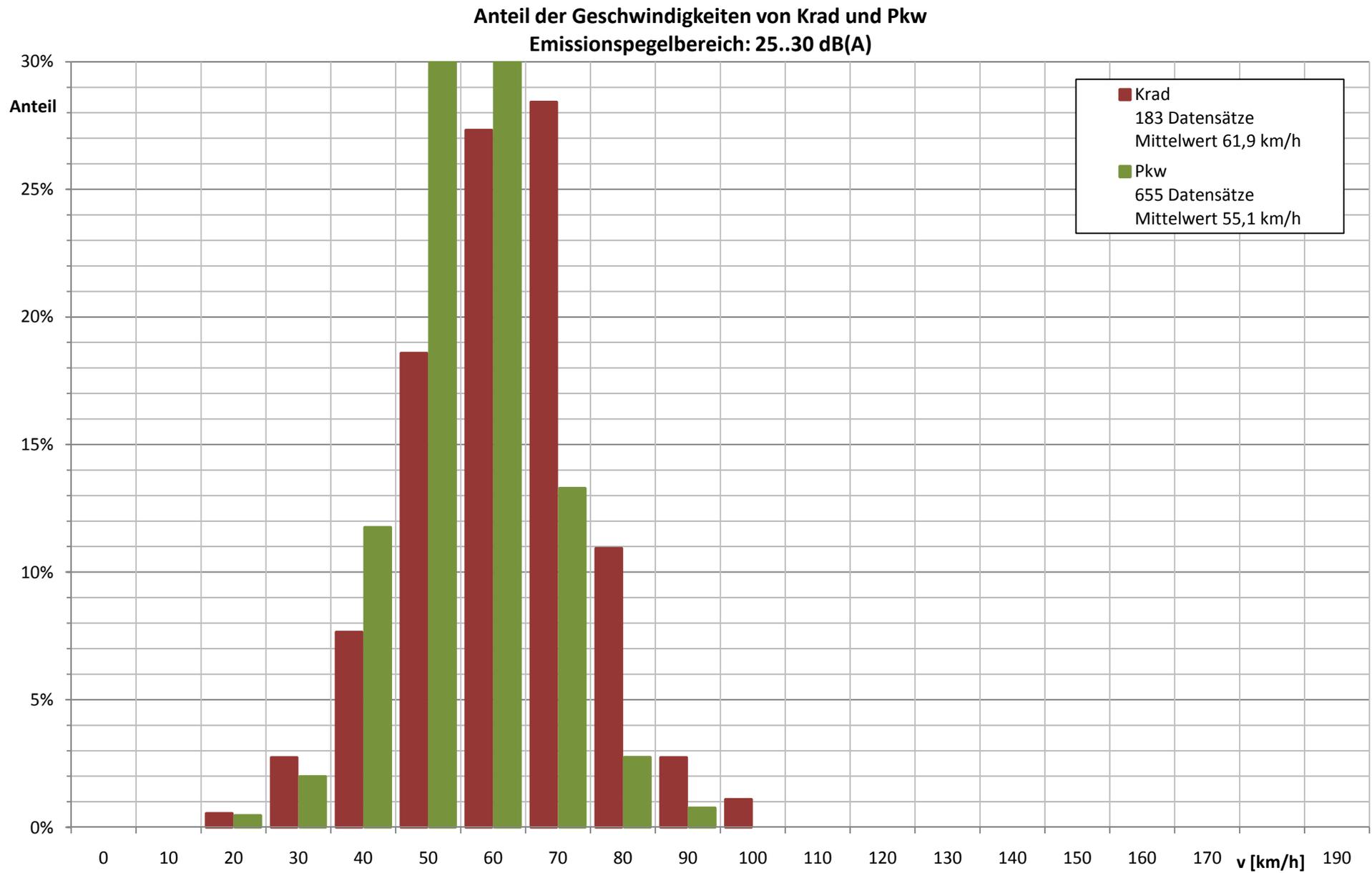
Anlage 7.1	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit
Anlage 7.2	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 20..30$ dB(A)
Anlage 7.3	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 25..30$ dB(A)
Anlage 7.4	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 30..35$ dB(A)
Anlage 7.5	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 35..40$ dB(A)
Anlage 7.6	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 40..45$ dB(A)
Anlage 7.7	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 40..50$ dB(A)
Anlage 7.8	Diagramm Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeit bei $L_{m,E} = 45..55$ dB(A)
Anlage 7.9	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$
Anlage 7.10	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 65..75$ km/h
Anlage 7.11	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 75..85$ km/h
Anlage 7.12	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 85..95$ km/h
Anlage 7.13	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 95..105$ km/h
Anlage 7.14	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 105..115$ km/h
Anlage 7.15	Diagramm Häufigkeitsverteilung des $L_{m,E}$ bei $v = 100..160$ km/h

**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 20..55 dB(A)**

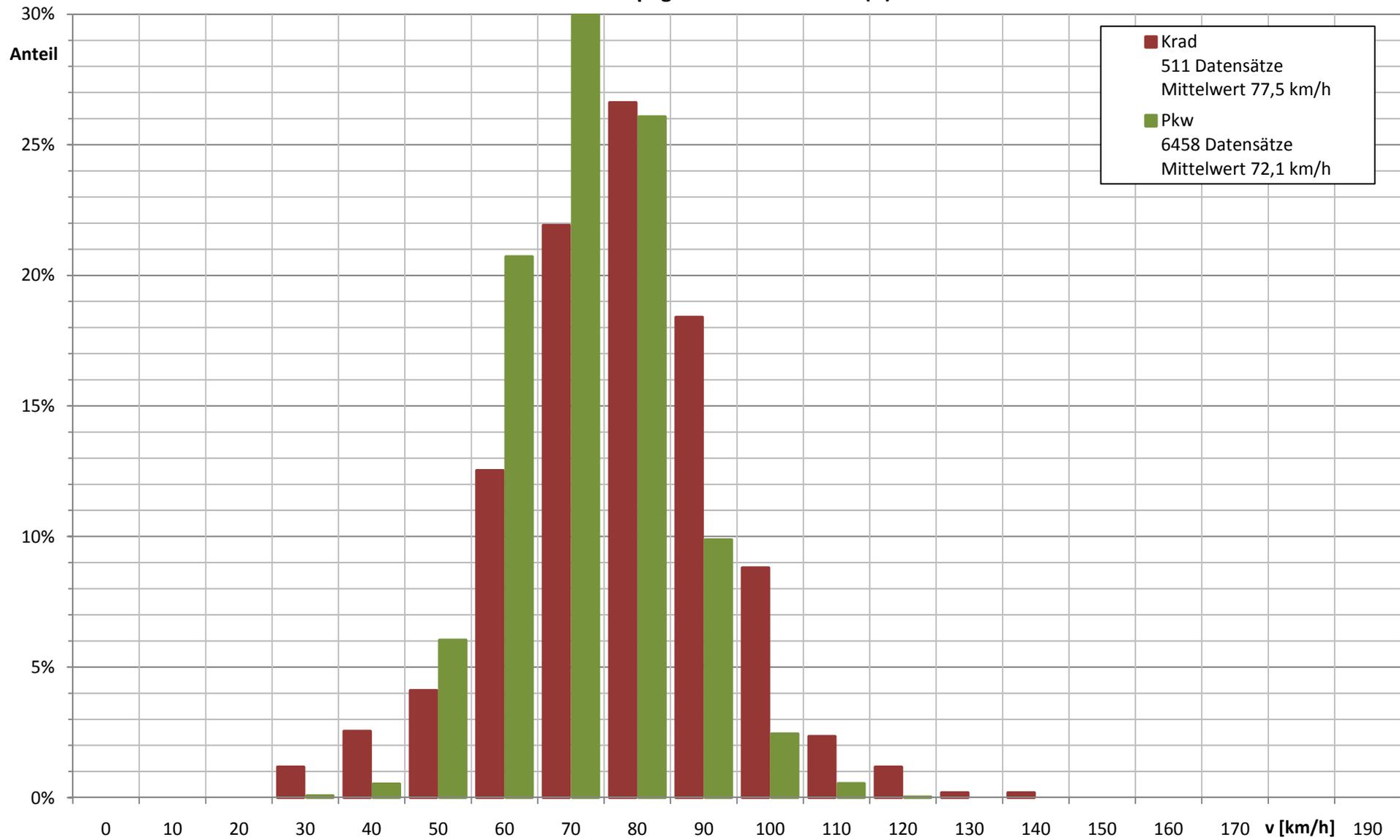


**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 20..30 dB(A)**

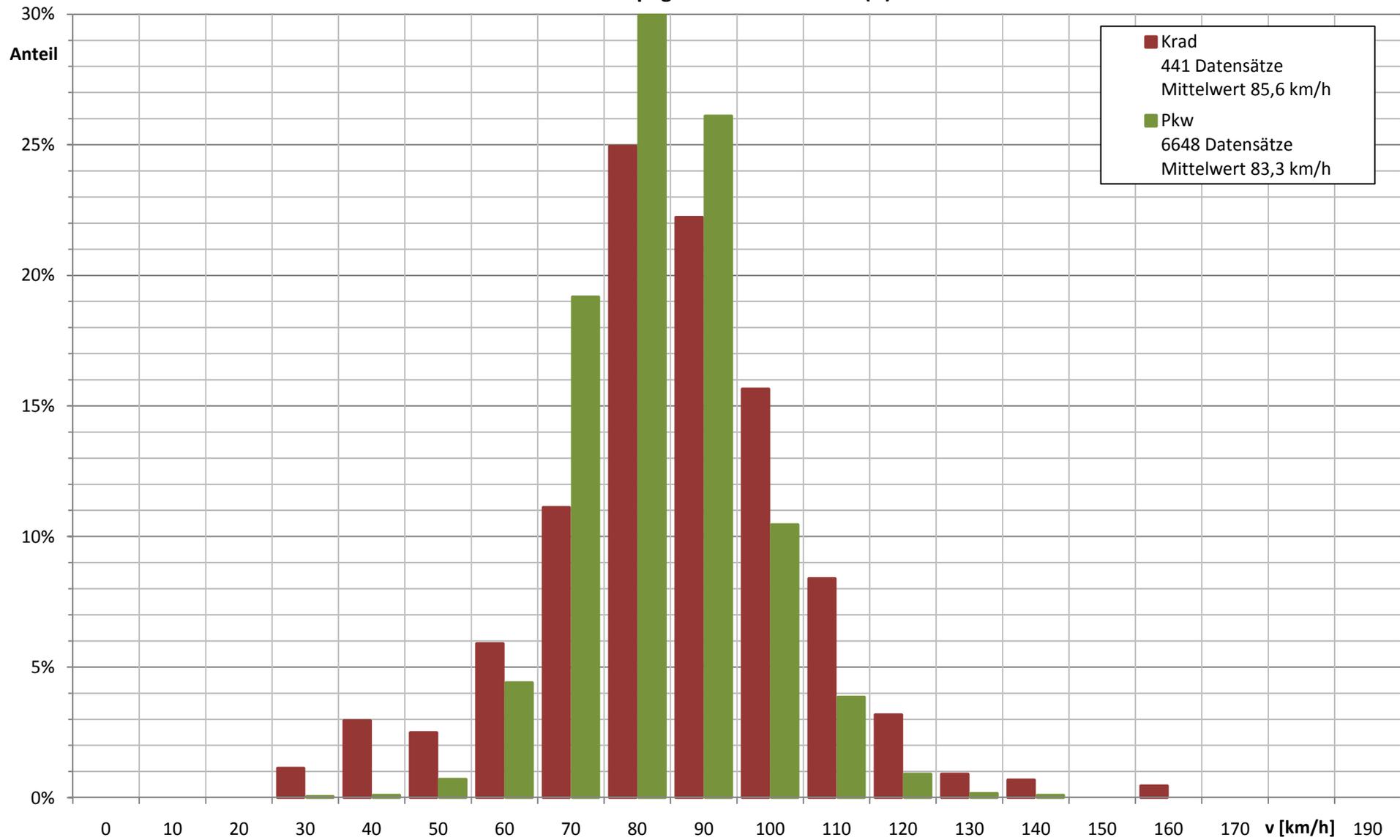




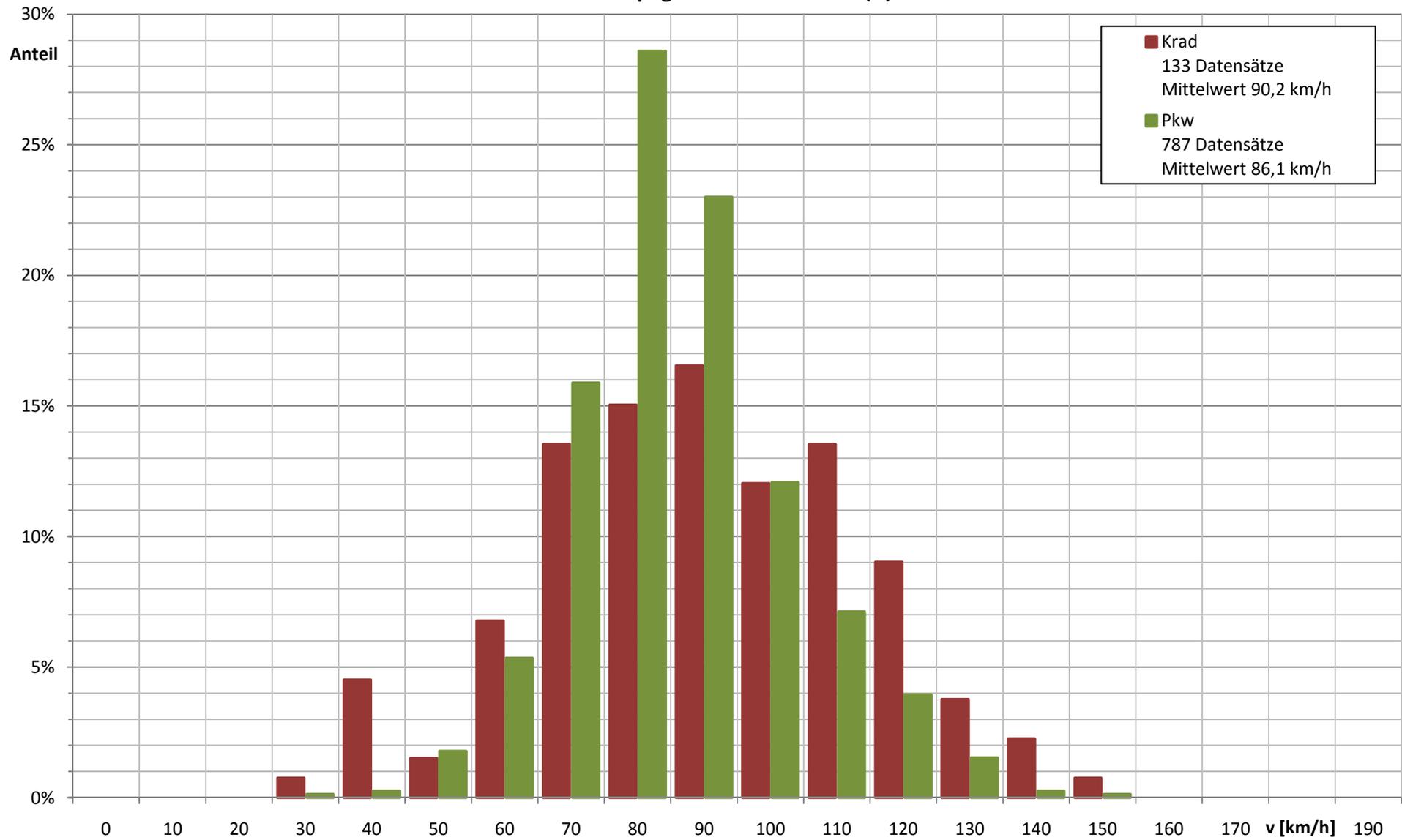
**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 30..35 dB(A)**



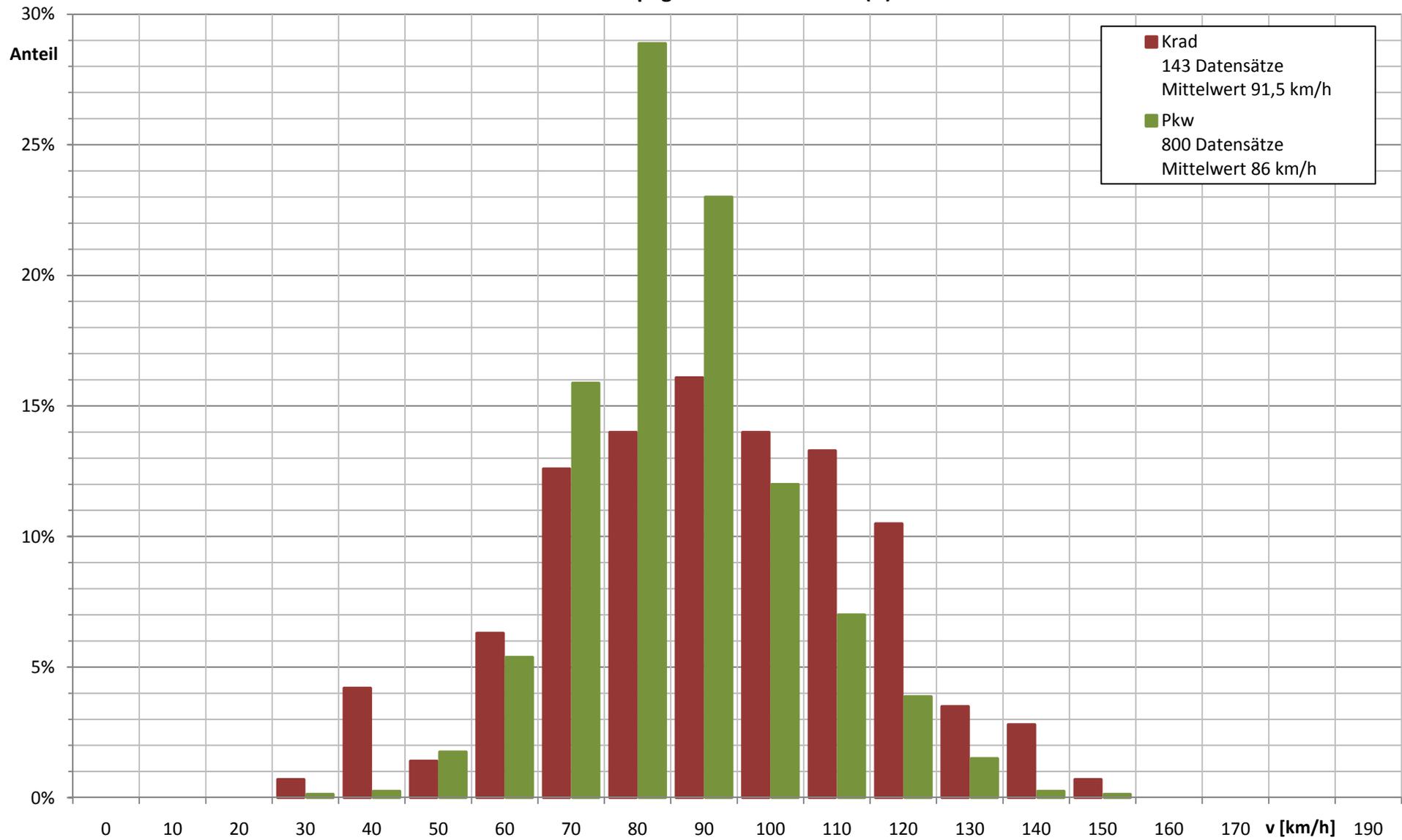
**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 35..40 dB(A)**



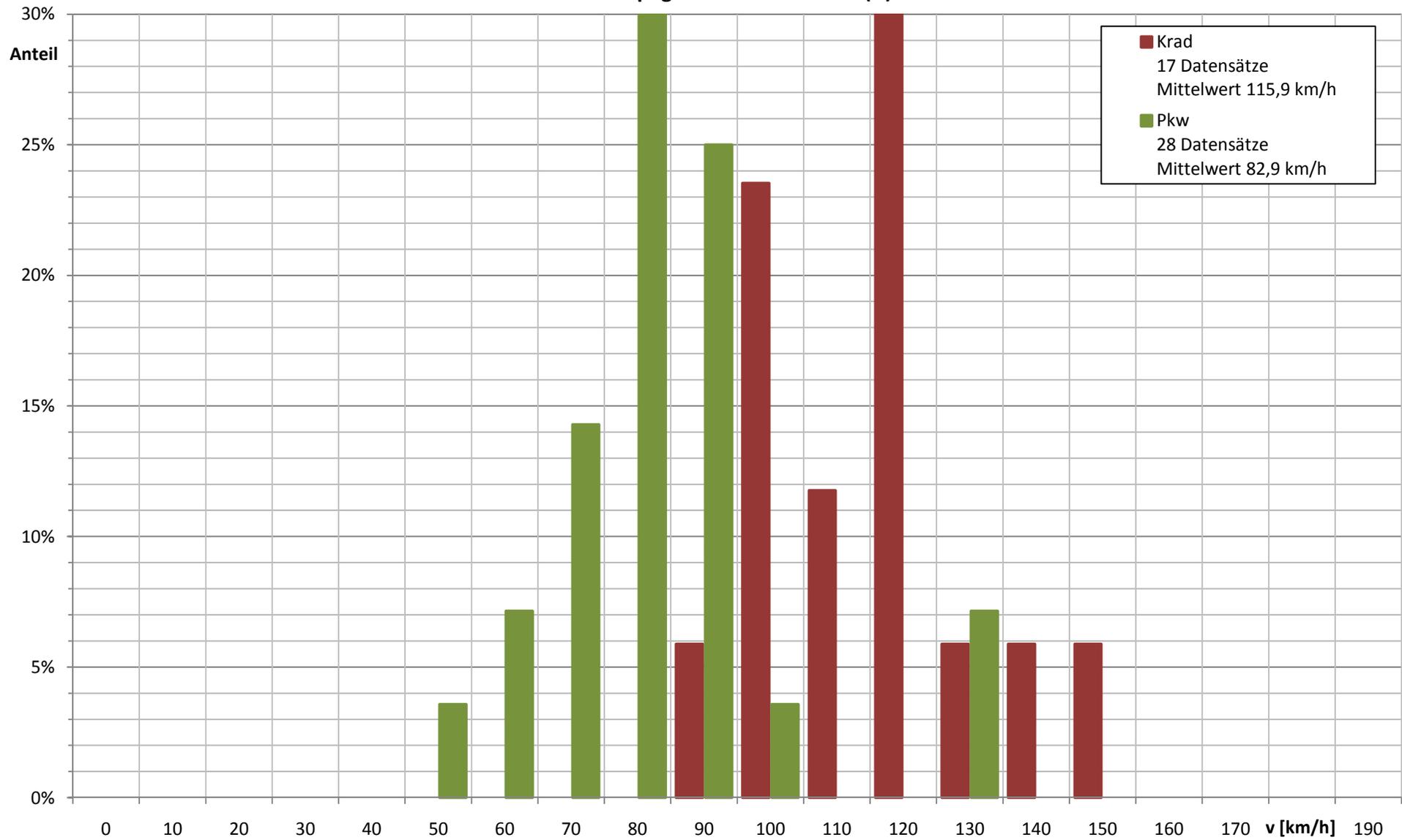
**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 40..45 dB(A)**



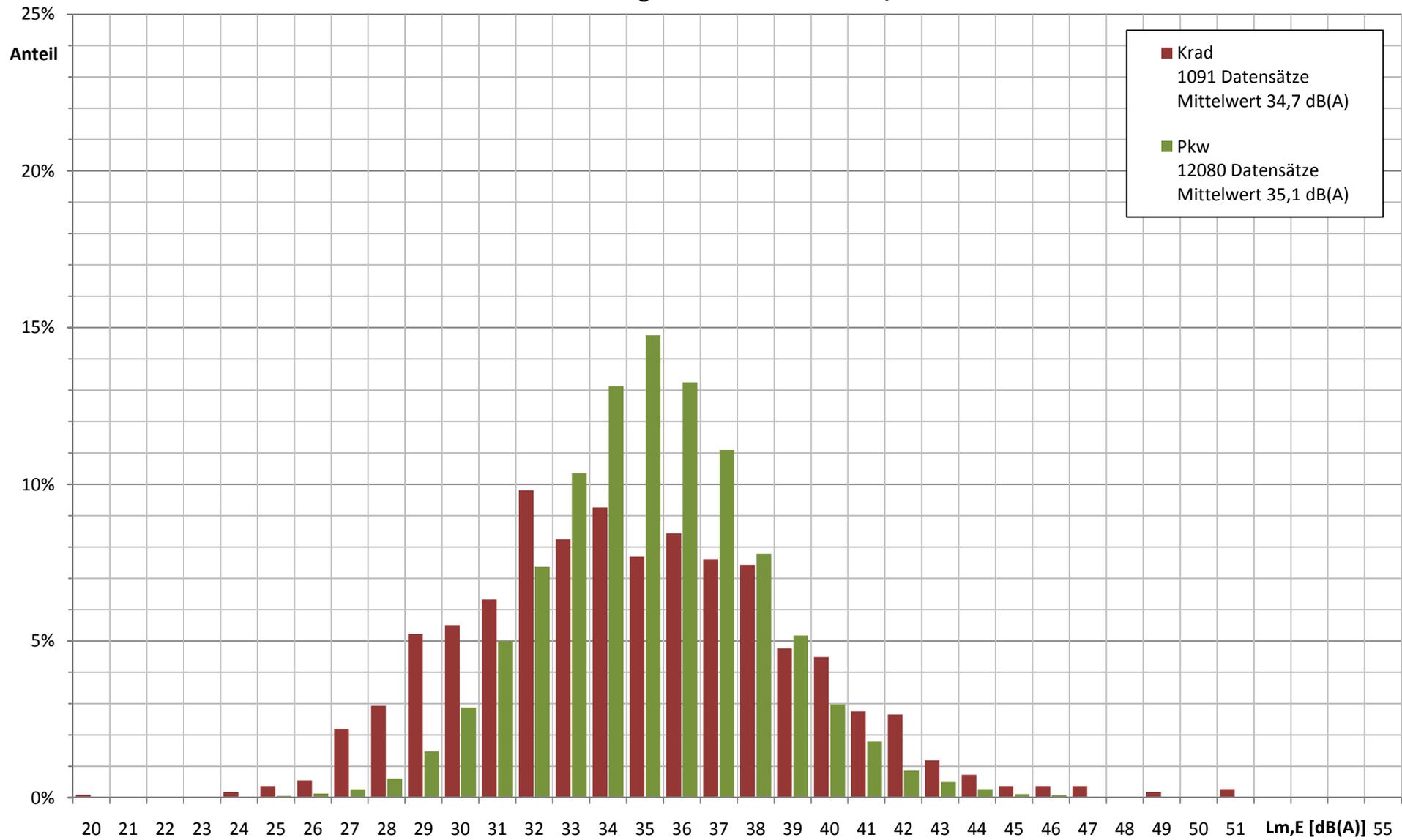
**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 40..50 dB(A)**



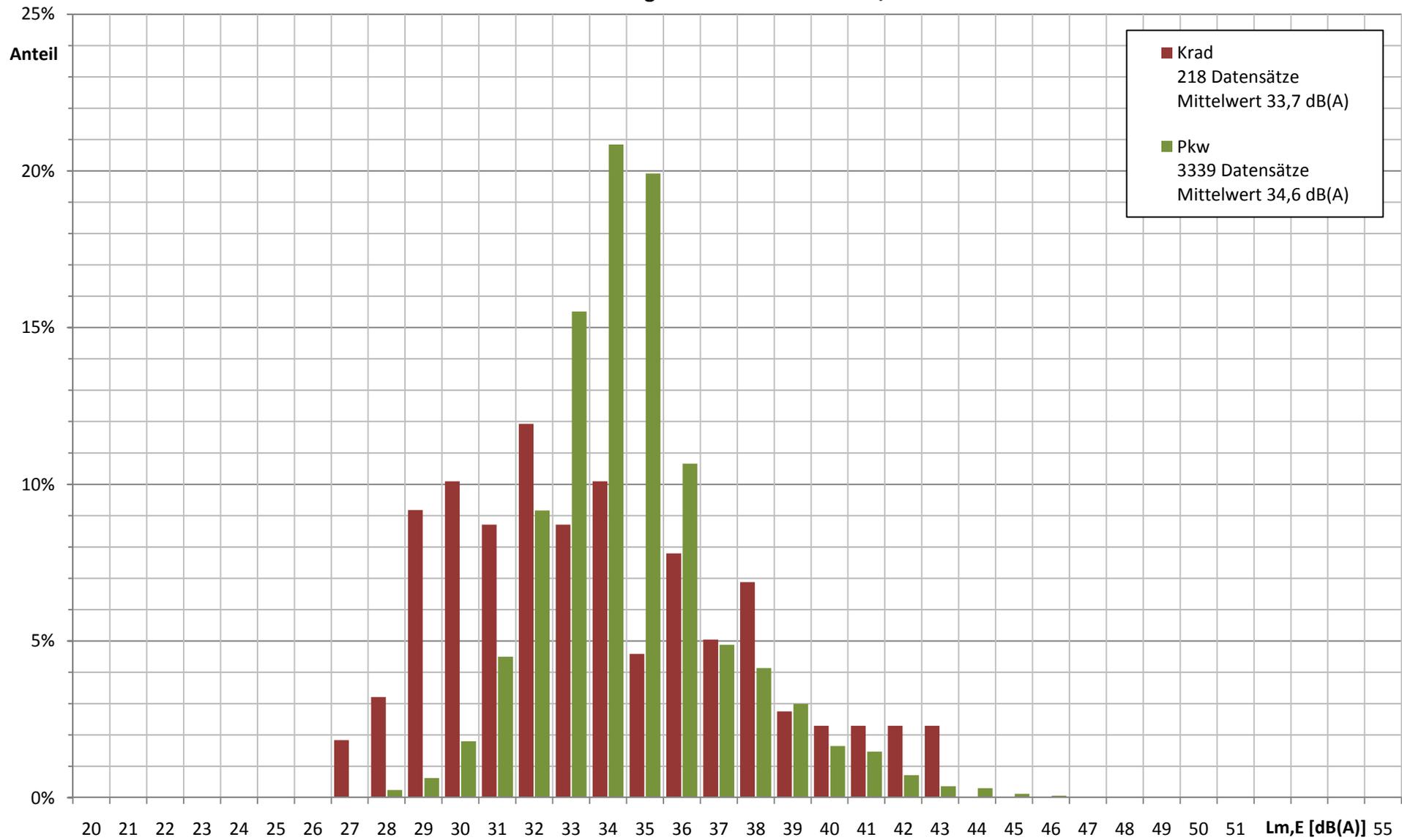
**Anteil der Geschwindigkeiten von Krad und Pkw
Emissionspegelbereich: 45..55 dB(A)**



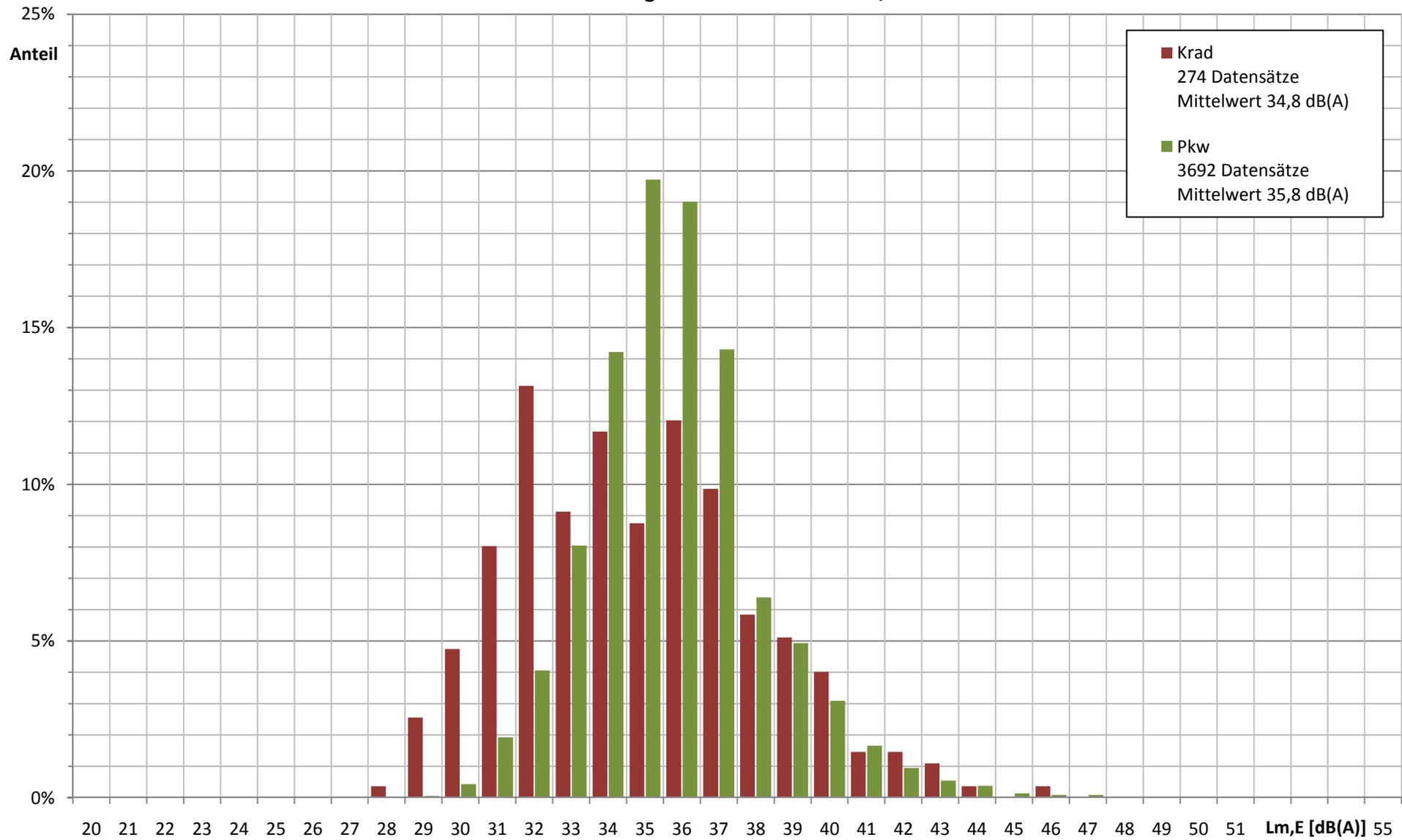
**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 20..160 km/h**



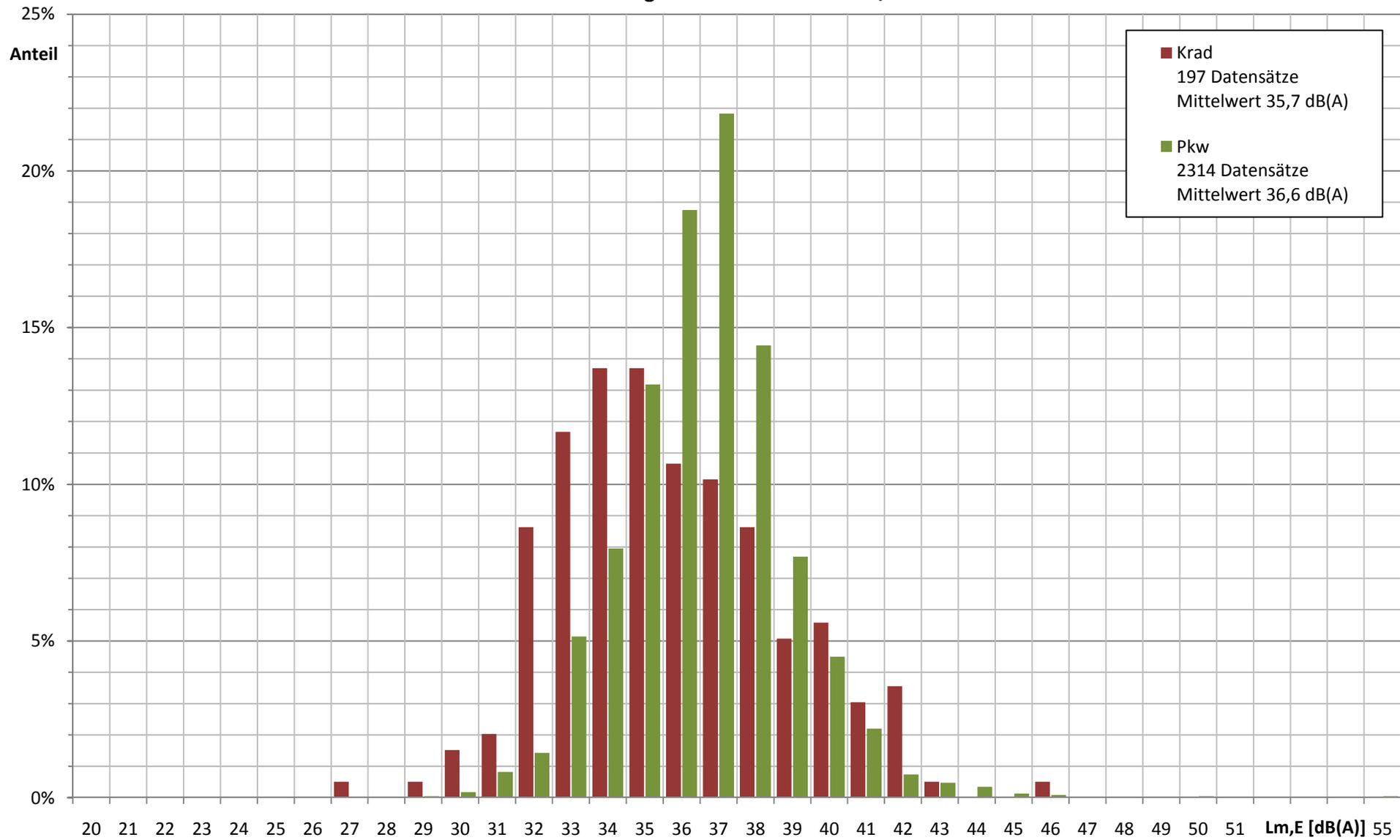
**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 65..75 km/h**



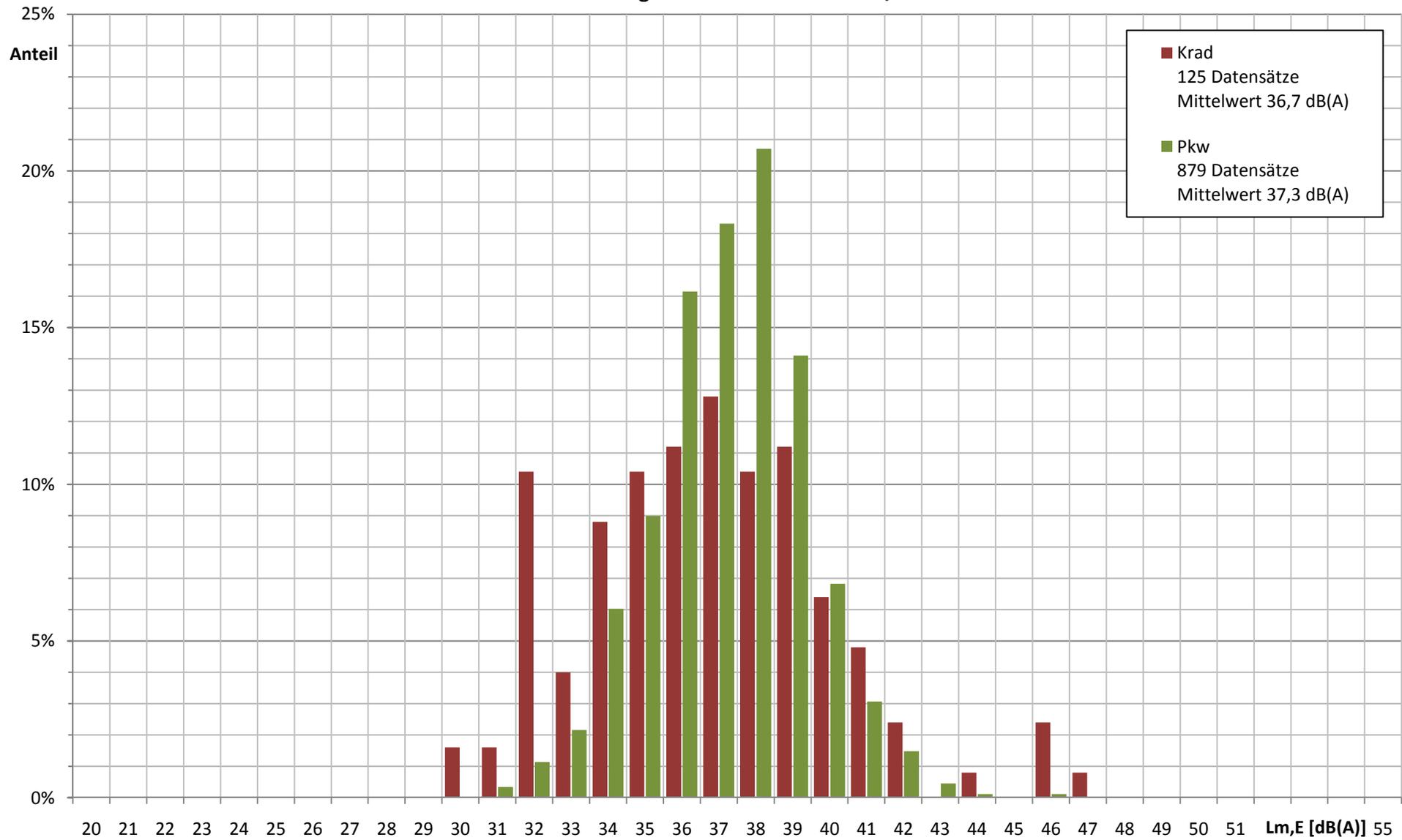
**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 75..85 km/h**



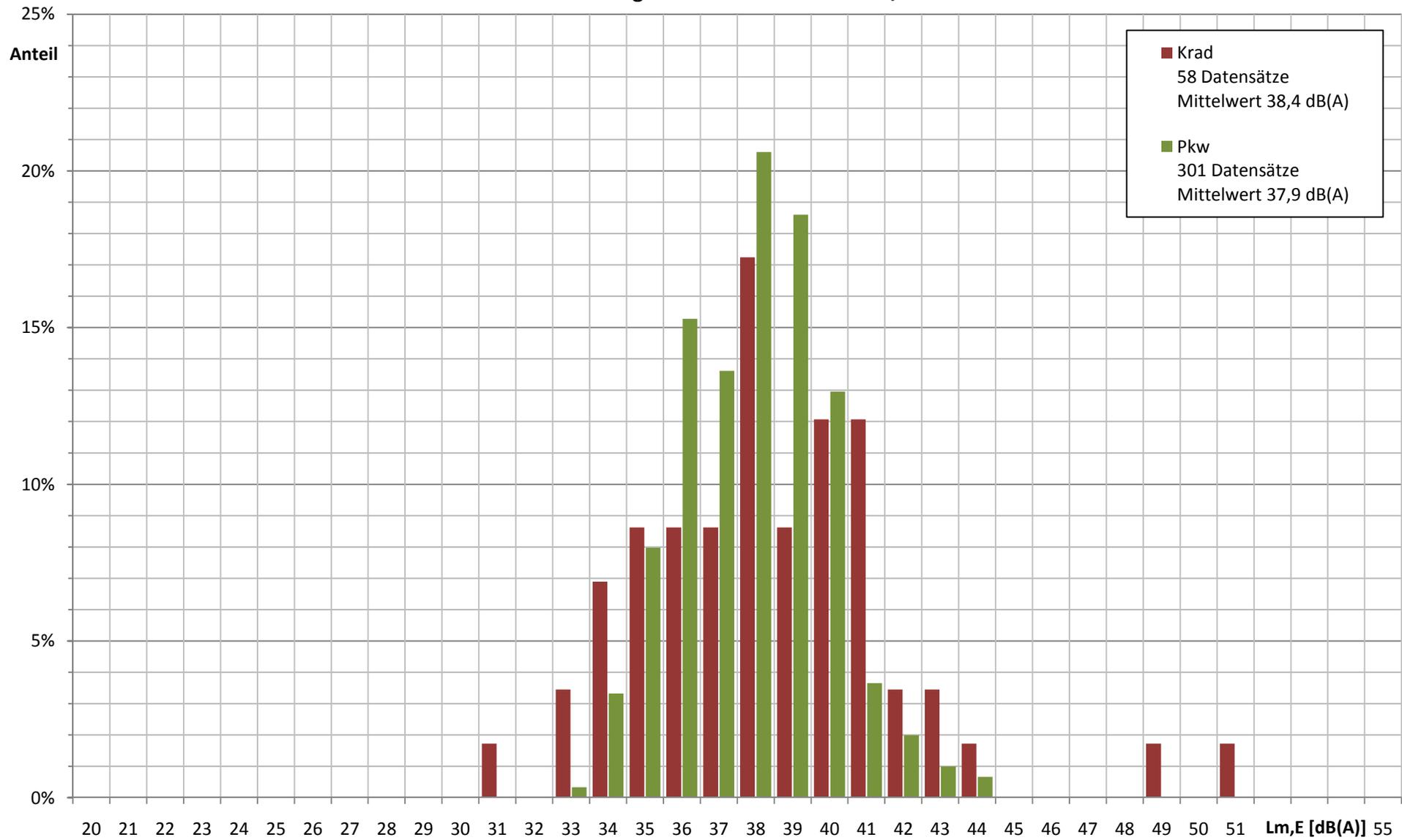
**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 85..95 km/h**



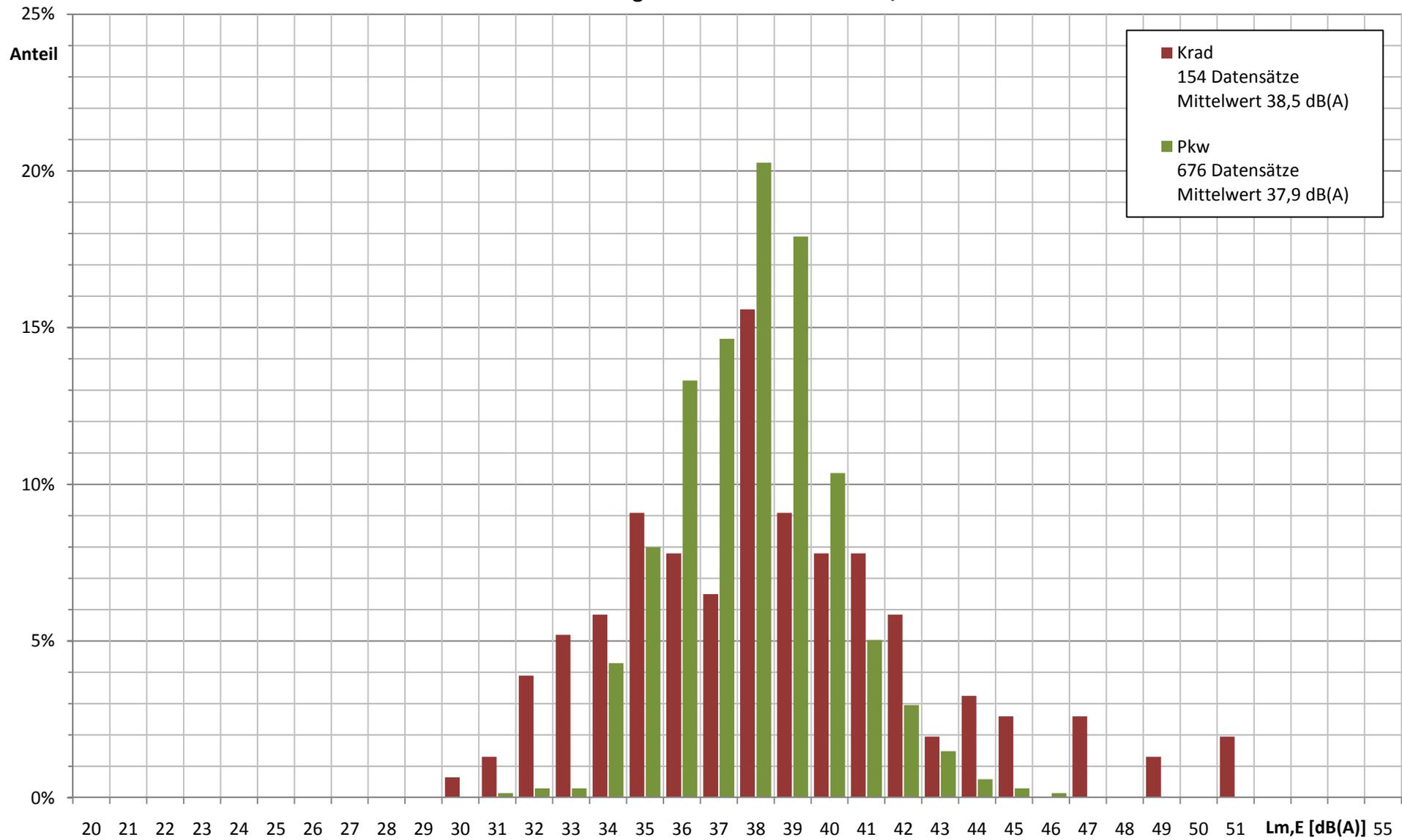
**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 95..105 km/h**



**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 105..115 km/h**



**Anteil der Emissionspegel von Krad und Pkw
Geschwindigkeitsbereich: 100..160 km/h**

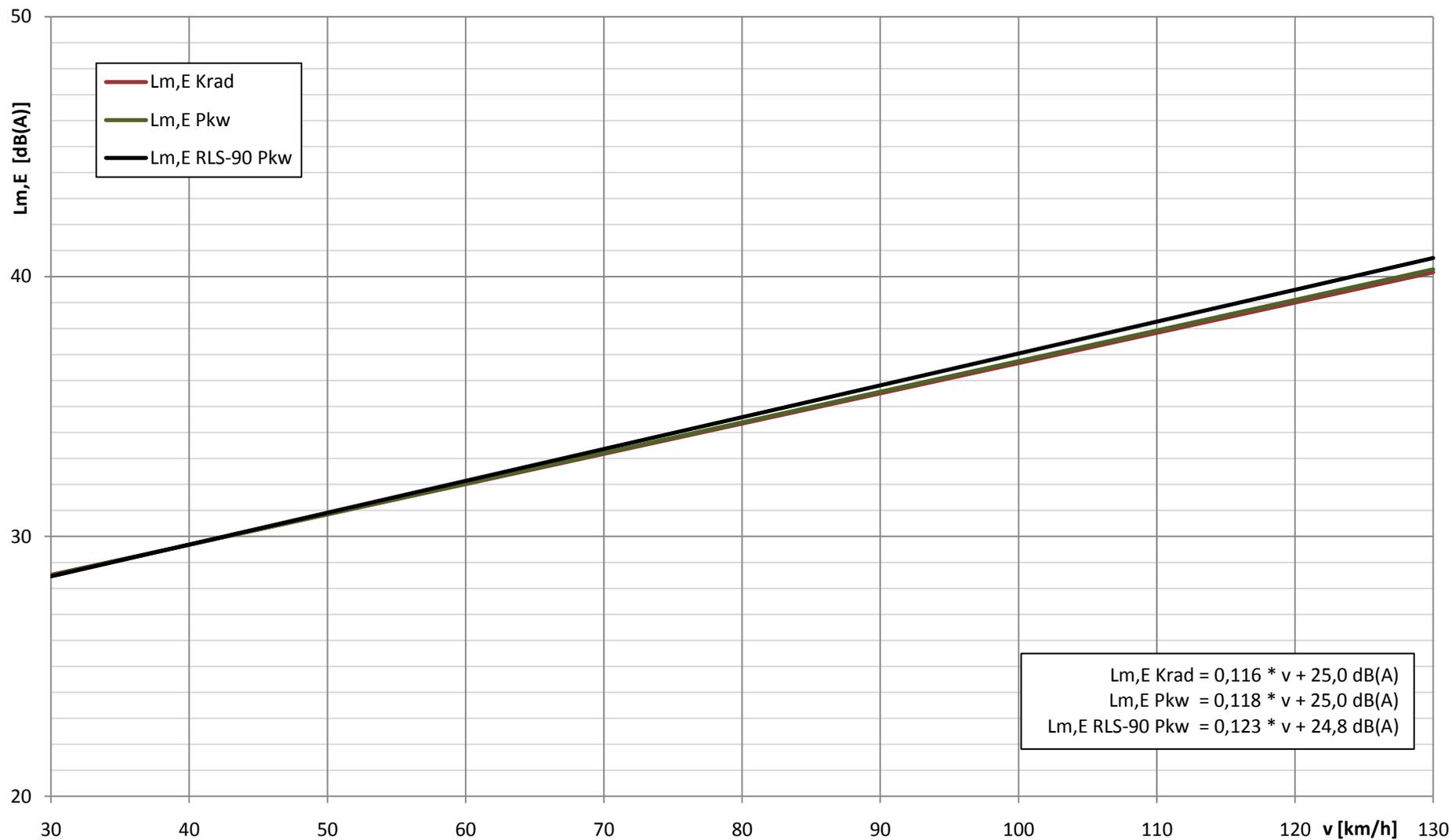


Anlage 8

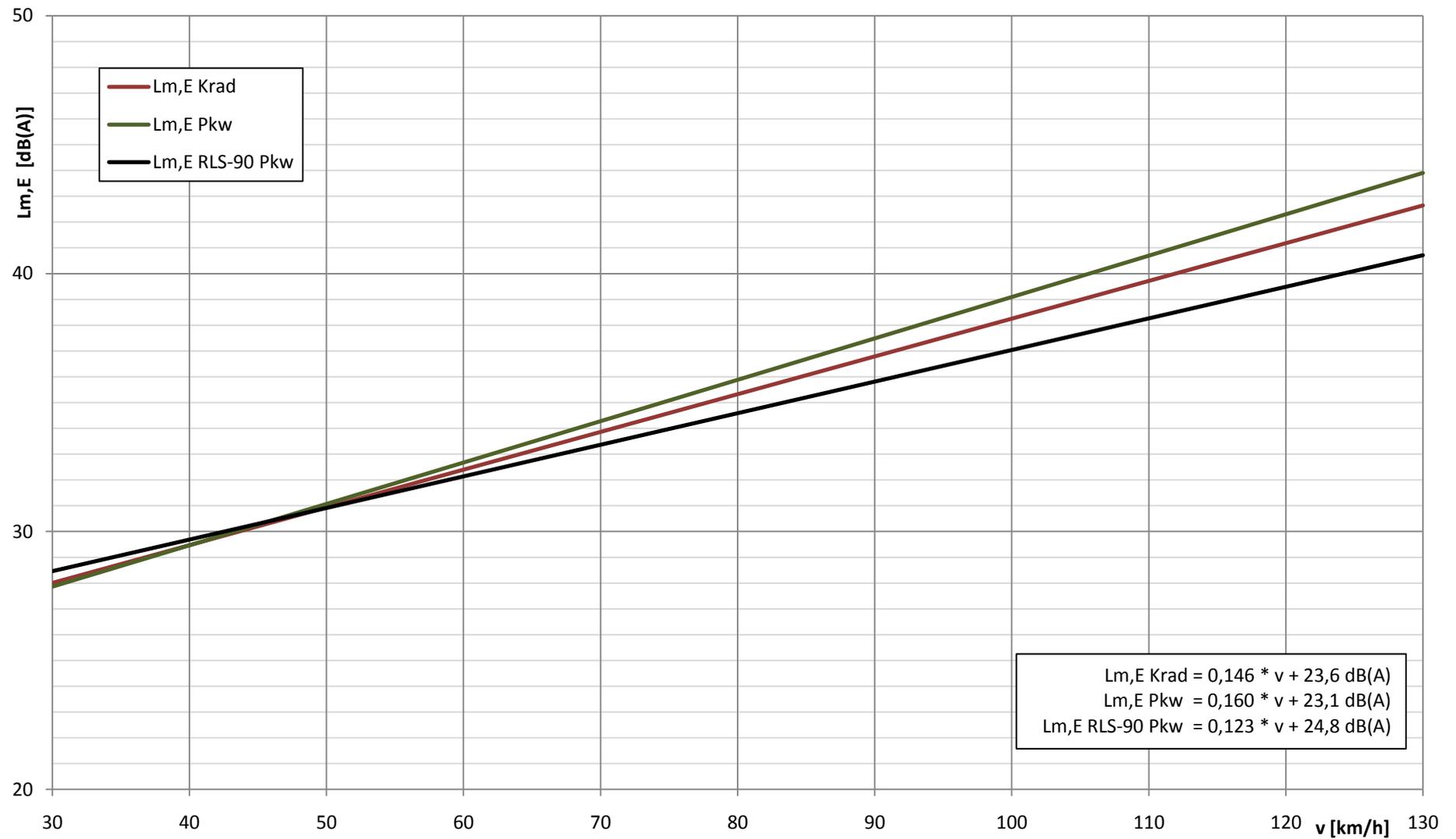
Regressionsanalyse der Emissionspegel

Anlage 8.1	Diagramm $L_{m,E}(v)$ (beobachtete Messungen)
Anlage 8.2	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (beobachtete Messungen)
Anlage 8.3	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (beobachtete Messungen)
Anlage 8.4	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (beobachtete Messungen)
Anlage 8.5	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (beobachtete Messungen)
Anlage 8.6	Diagramm $L_{m,E}(v)$ L 559 Mitte, Fahrtrichtung Leopoldshafen (beobachtete Messungen)
Anlage 8.7	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen (beobachtete Messungen)
Anlage 8.8	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Rheindamm, Fahrtrichtung Rheinfähre (beobachtete Messungen)
Anlage 8.9	Diagramm $L_{m,E}(v)$ (automatisierte Messungen)
Anlage 8.10	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Sand (automatisierte Messungen)
Anlage 8.11	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Herrenwies, Fahrtrichtung Herrenwies (automatisierte Messungen)
Anlage 8.12	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen (automatisierte Messungen)
Anlage 8.13	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Gammertingen, Fahrtrichtung Gammertingen (automatisierte Messungen)
Anlage 8.14	Tabelle Regressionskoeffizienten
Anlage 8.15	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Herrenwies, Fahrtrichtung Sand – Fahrtrichtung Herrenwies
Anlage 8.16	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Gammertingen, Fahrtrichtung Hettingen – Fahrtrichtung Gammertingen
Anlage 8.17	Diagramm $L_{m,E}(v)$ Vergleich Rheindamm, Fahrtrichtung Leopoldshafen – Fahrtrichtung Rheinfähre

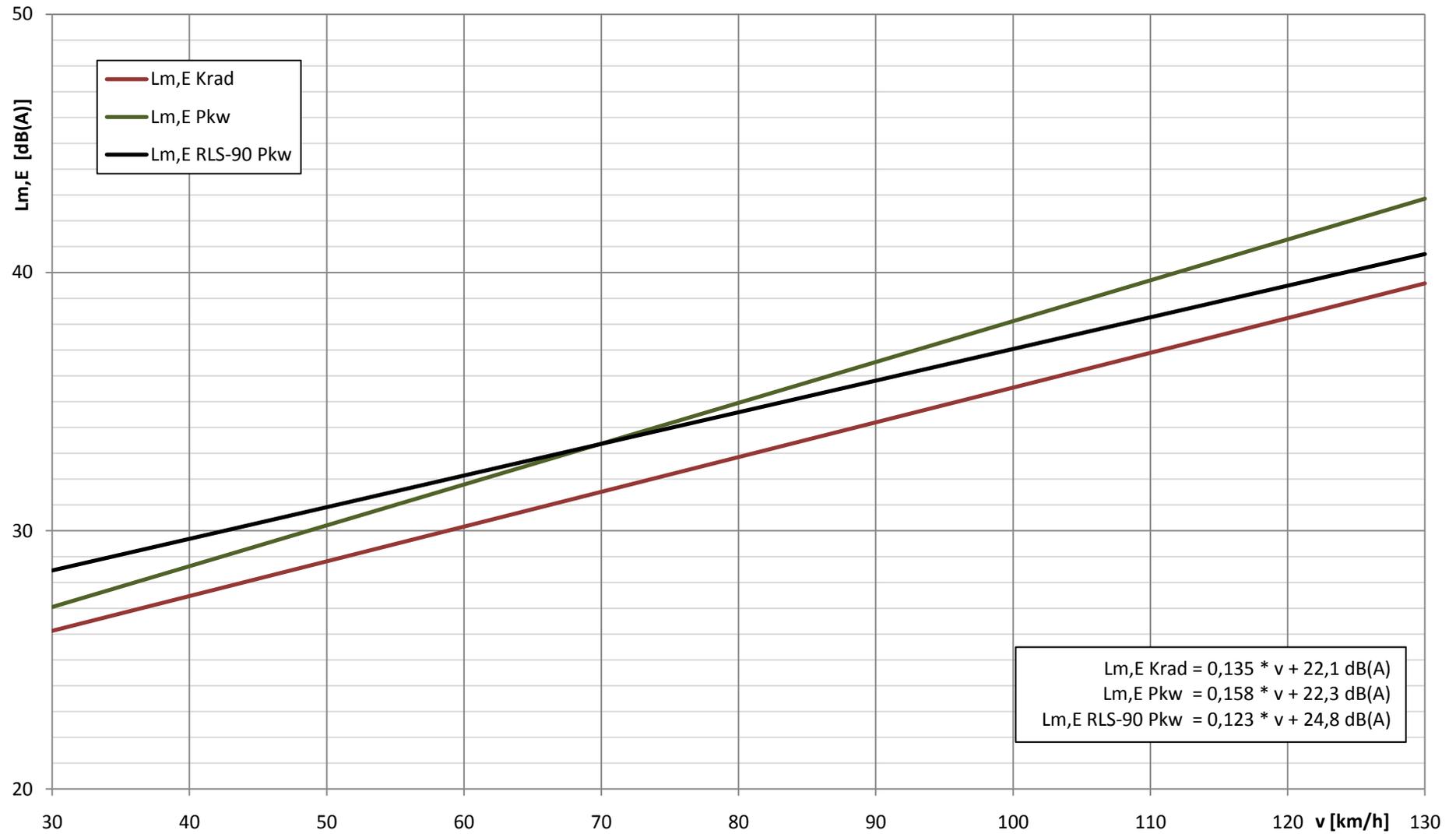
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
alle Messpunkte, 17.05./30.05./28.06./10.07./11.07.2009



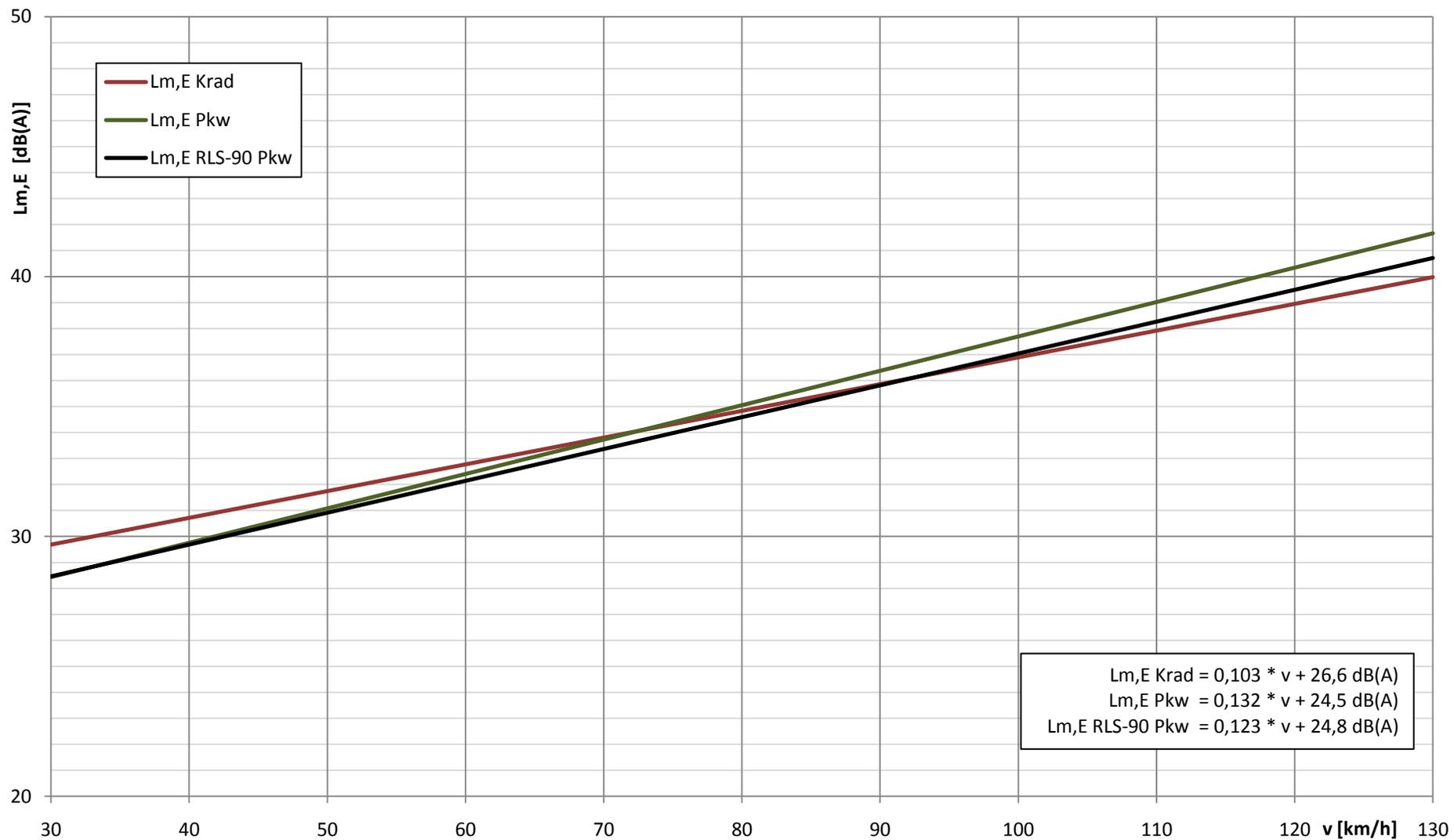
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
Herrenwies, Richtung Sand, 28.06.2009



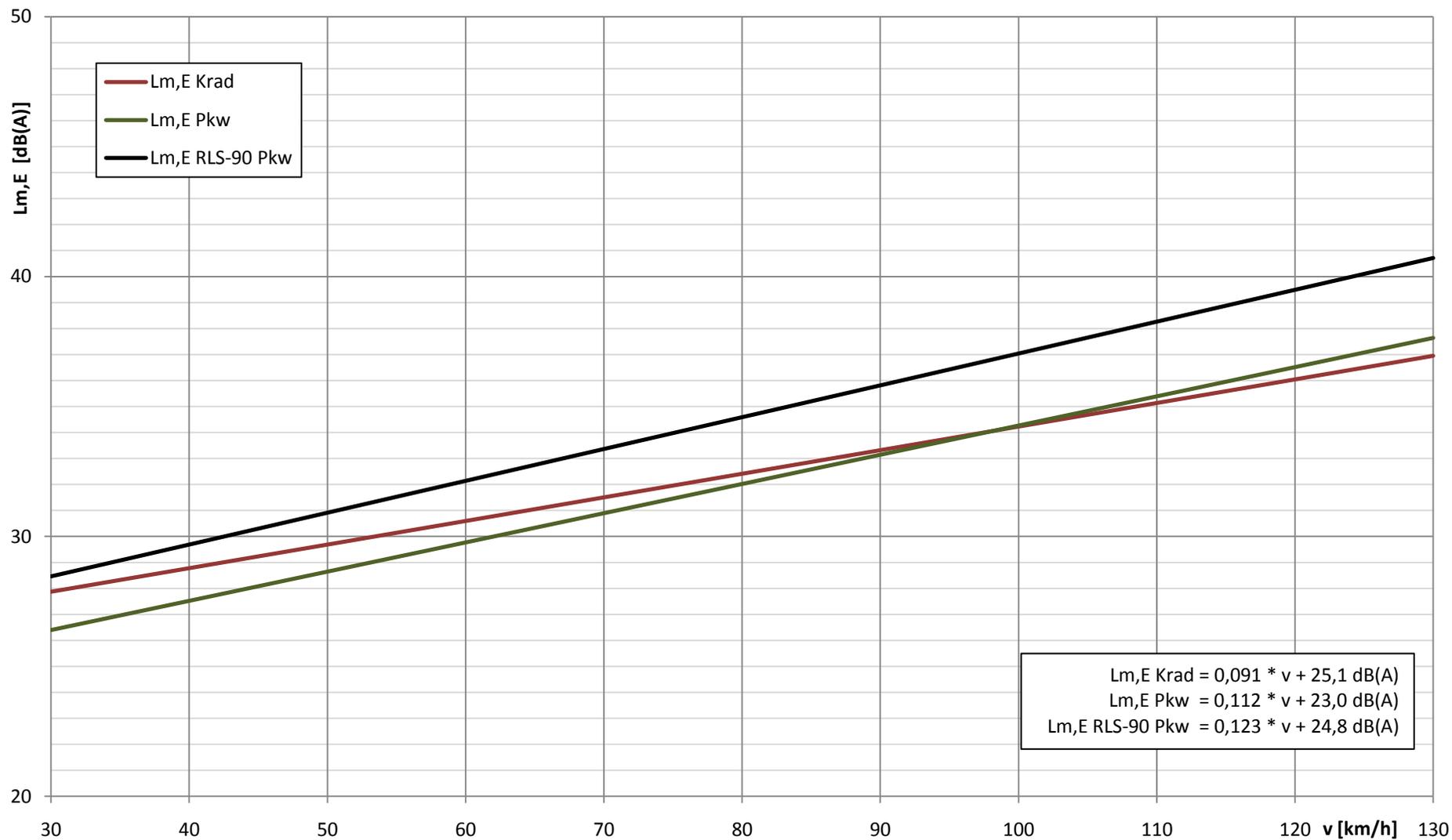
beobachtete Messungen, Regression LmE(v)
Herrenwies, Richtung Herrenwies, 28.06.2009



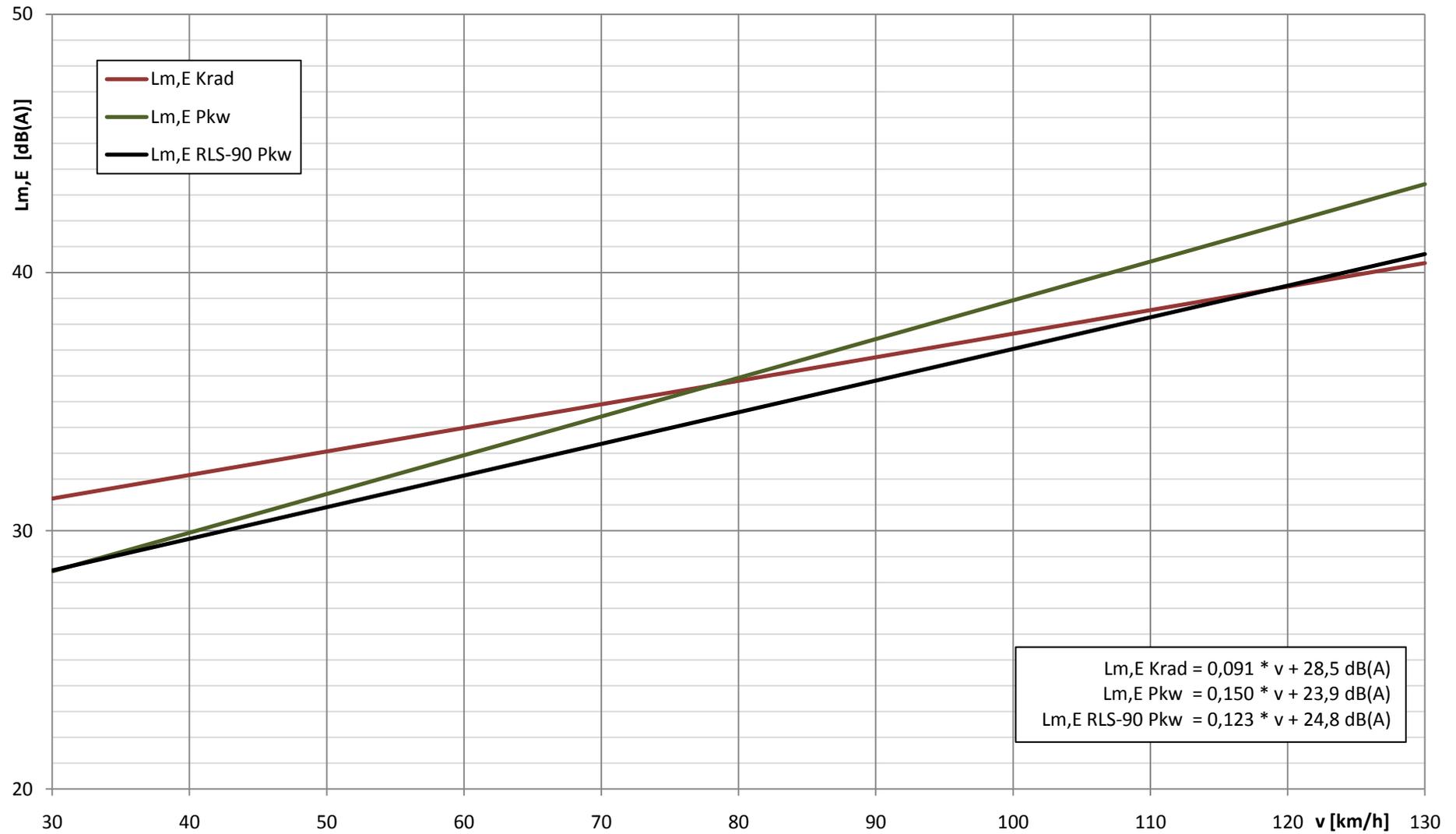
beobachtete Messungen, Regression LmE(v)
Gammertingen, Richtung Hettingen, 10./11.07.2009



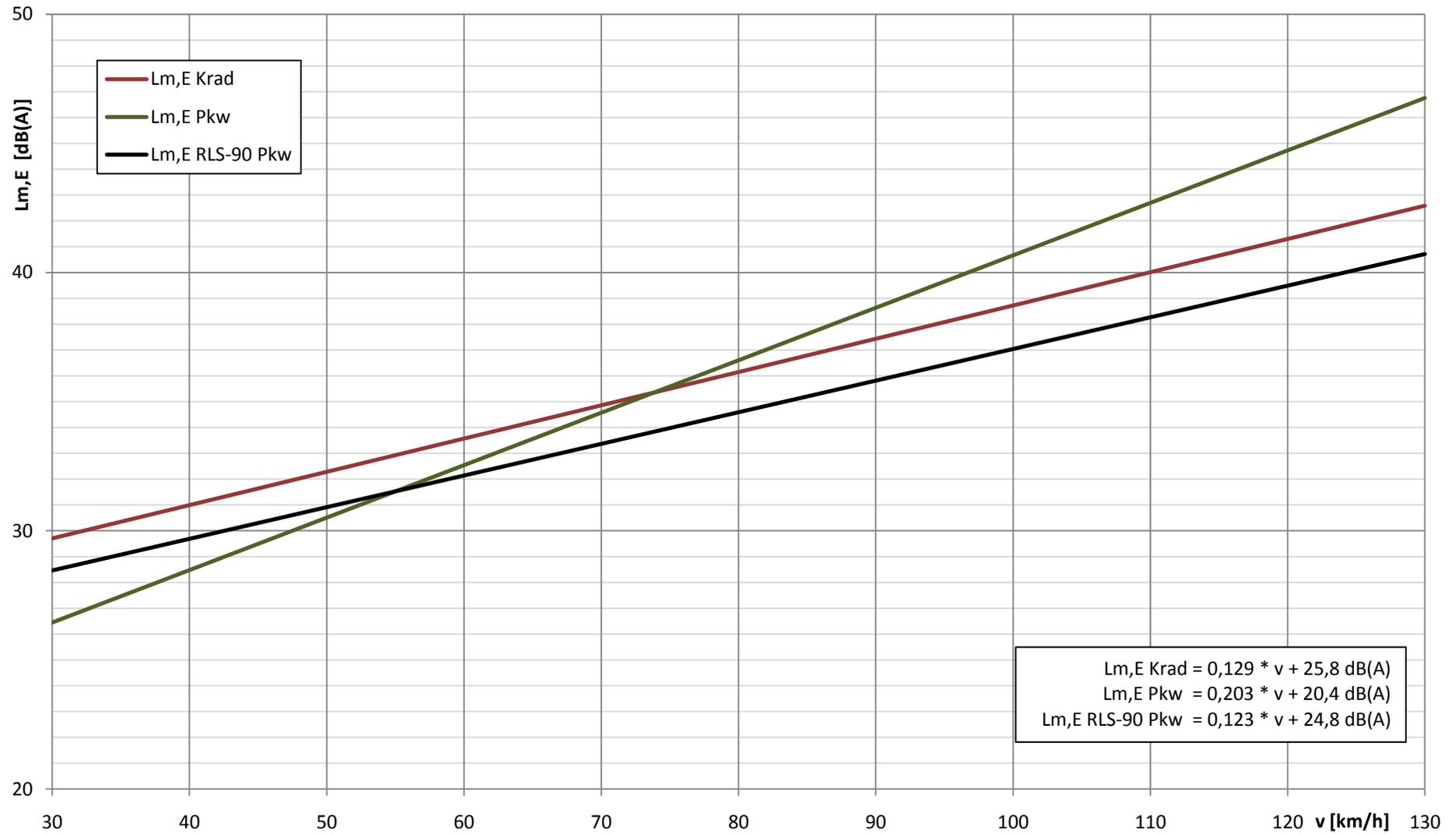
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
Gammertingen, Richtung Gammertingen, 10./11.07.2009



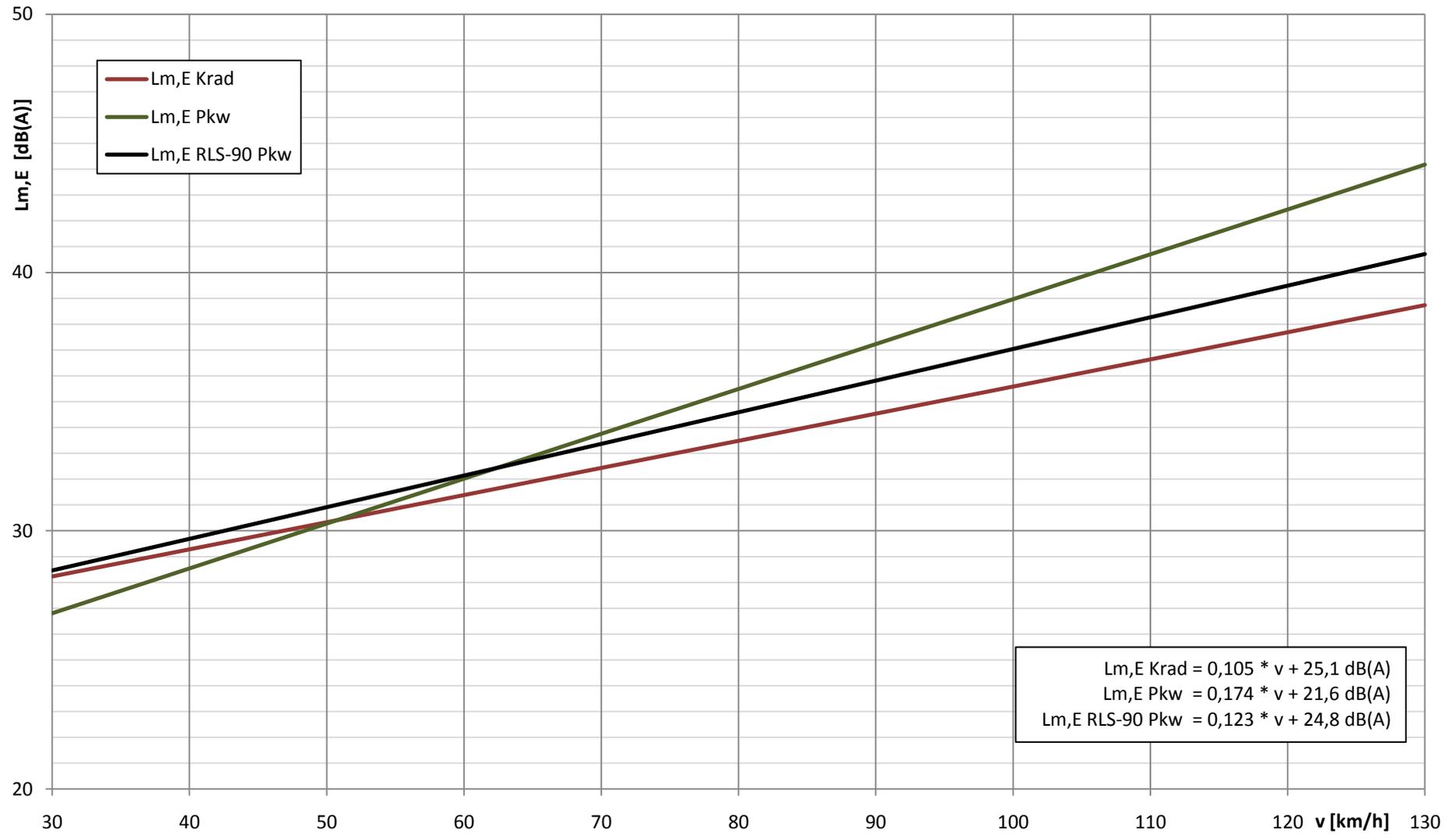
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
L 559 Mitte, Richtung Leopoldshafen, 30.05.2009



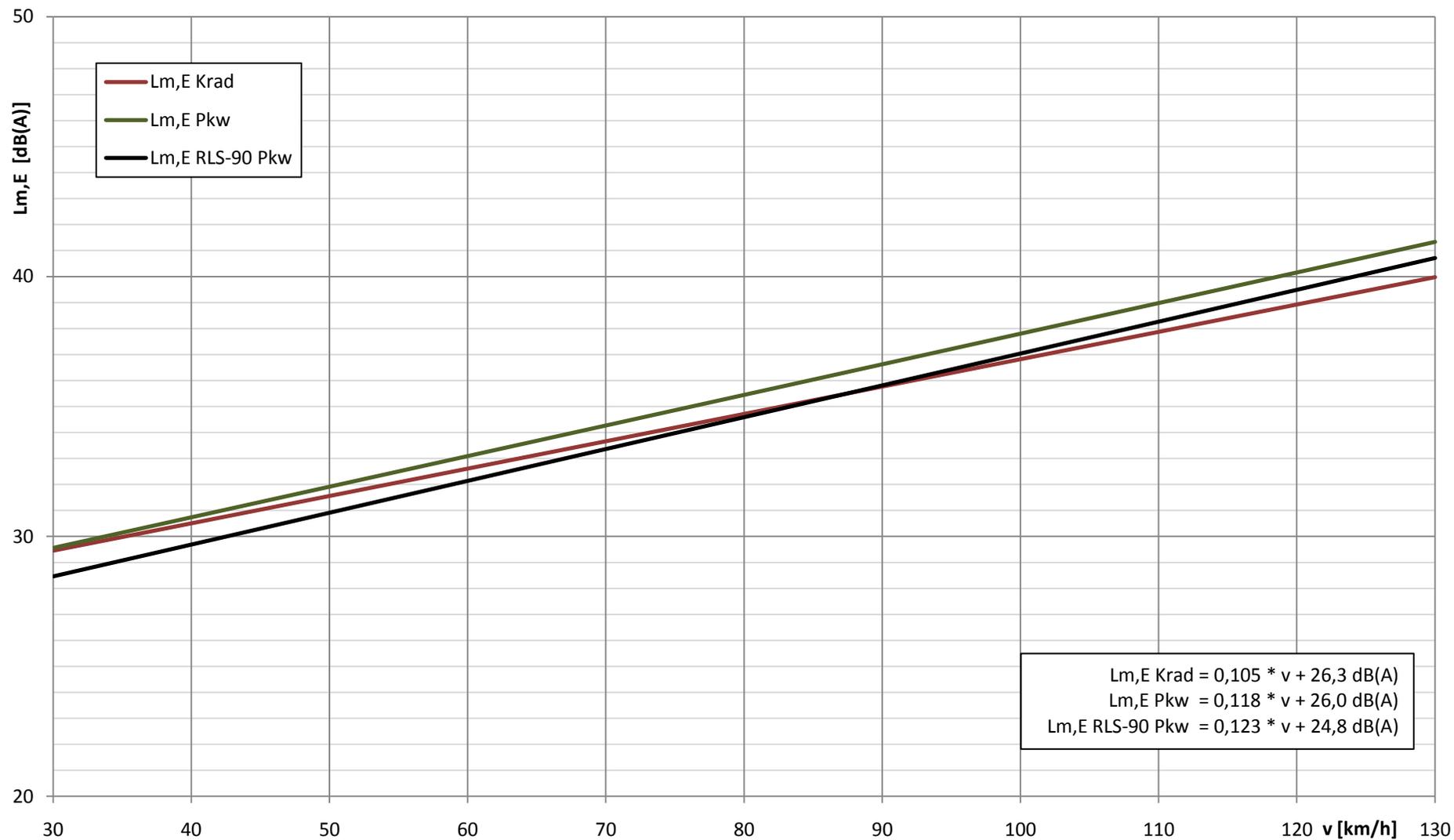
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
Rheindamm, Richtung Leopoldshafen, 17.05.2009



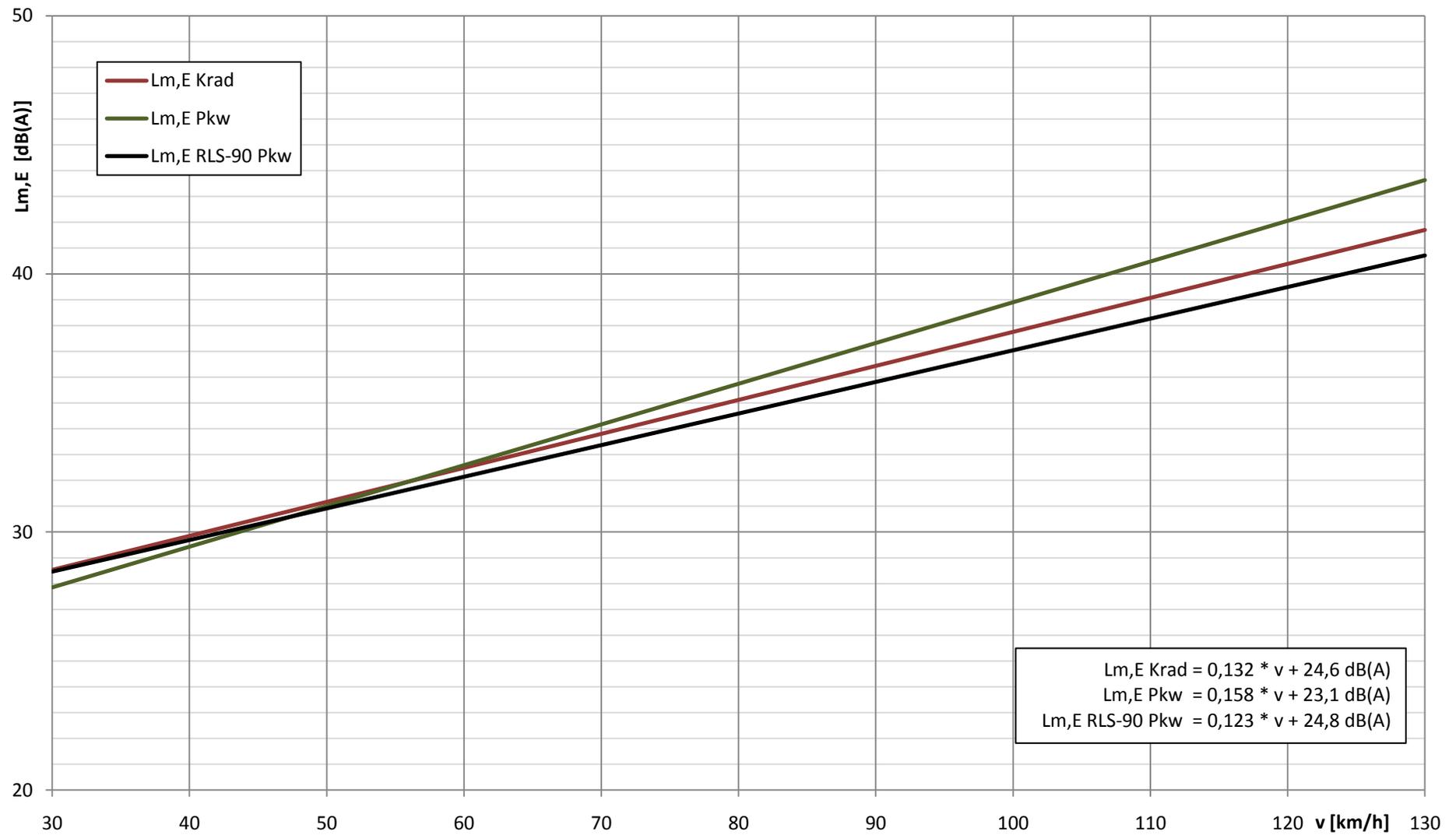
beobachtete Messungen, Regression $L_{m,E}(v)$
Rheindamm, Richtung Rheinfähre, 17.05.2009



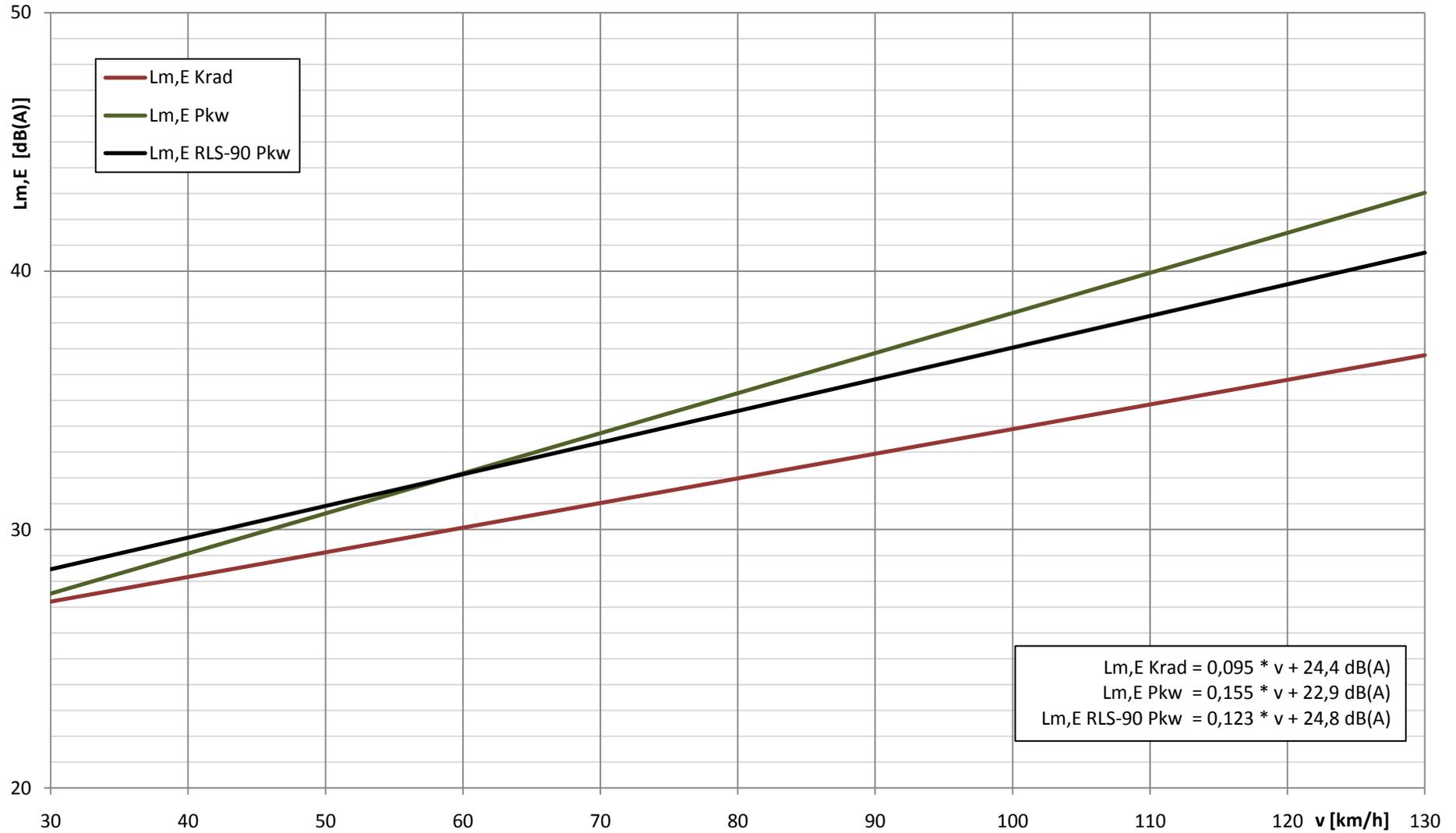
automatische Messungen, Regression LmE(v)
alle MP, alle Richtungen, 18.06.2009 - 20.07.2009



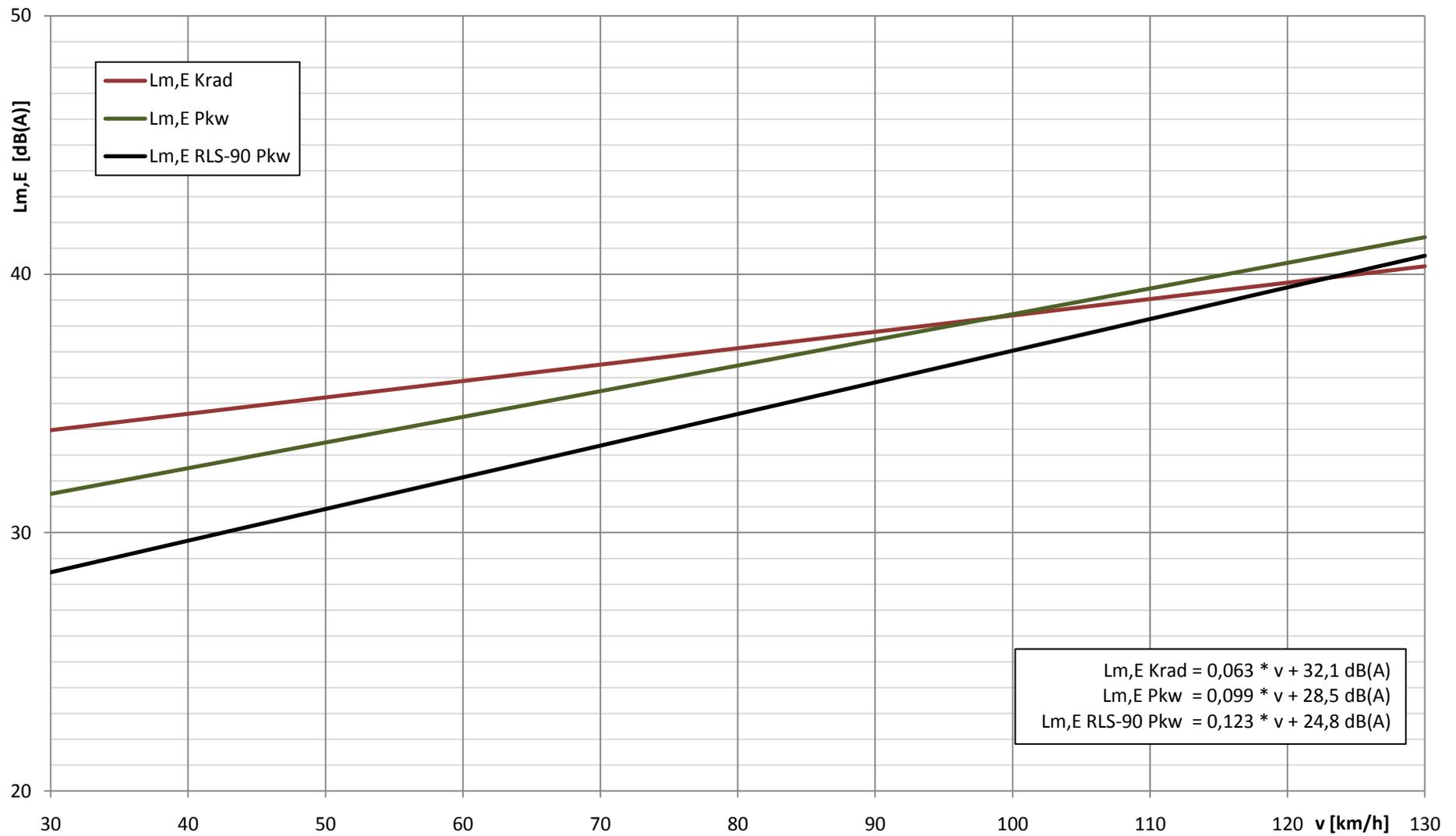
automatische Messungen, Regression LmE(v)
Herrenwies, Richtung Sand, 18.06.2009 - 02.07.2009



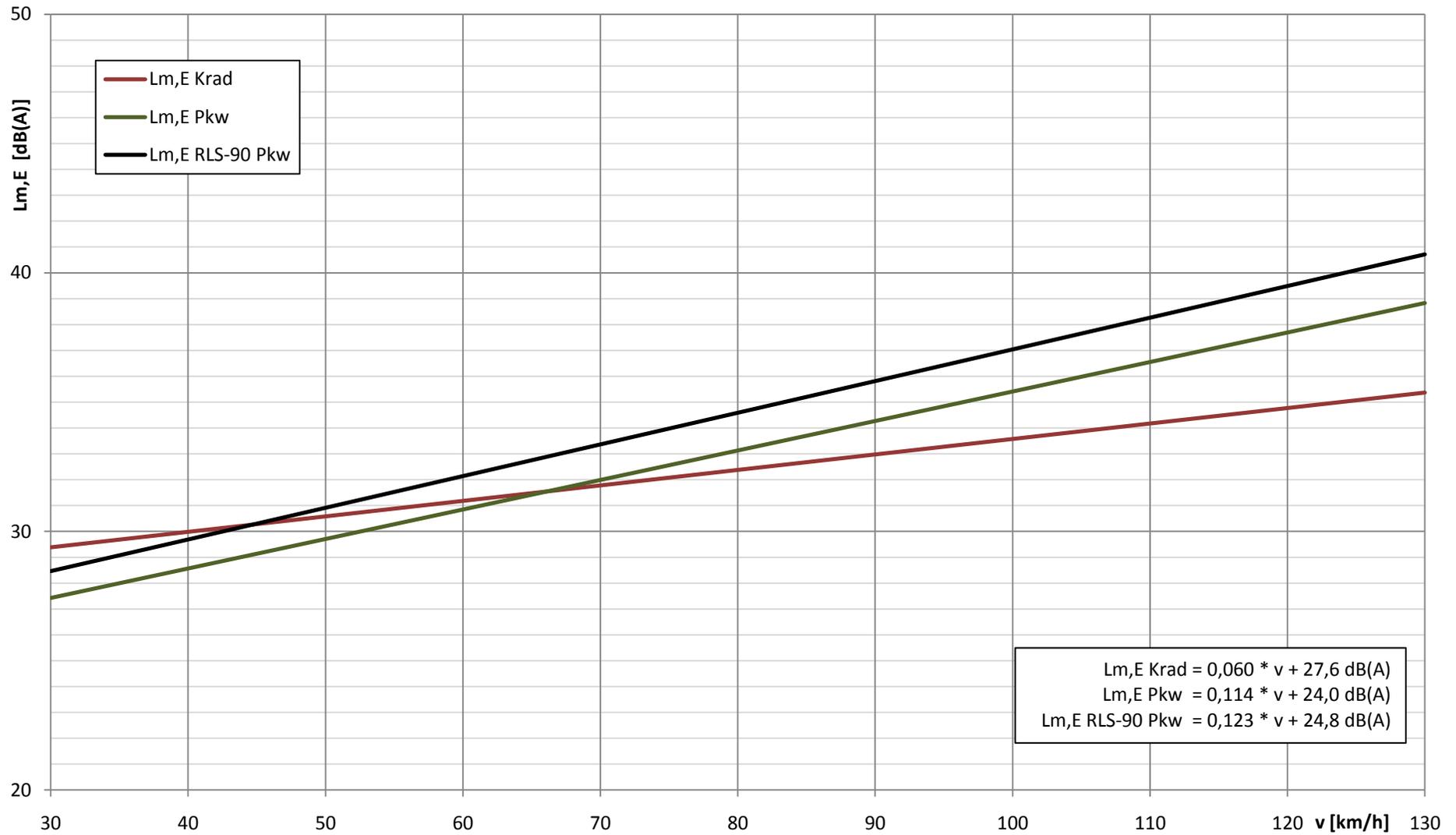
automatische Messungen, Regression LmE(v)
Herrenwies, Richtung Herrenwies, 18.06.2009 - 02.07.2009



automatische Messungen, Regression LmE(v)
Gammertingen, Richtung Hettingen, 02.07.2009 - 20.07.2009



automatische Messungen, Regression LmE(v)
Gammertingen, Richtung Gammertingen, 02.07.2009 - 20.07.2009



Zusammenfassung der Regressionskoeffizienten

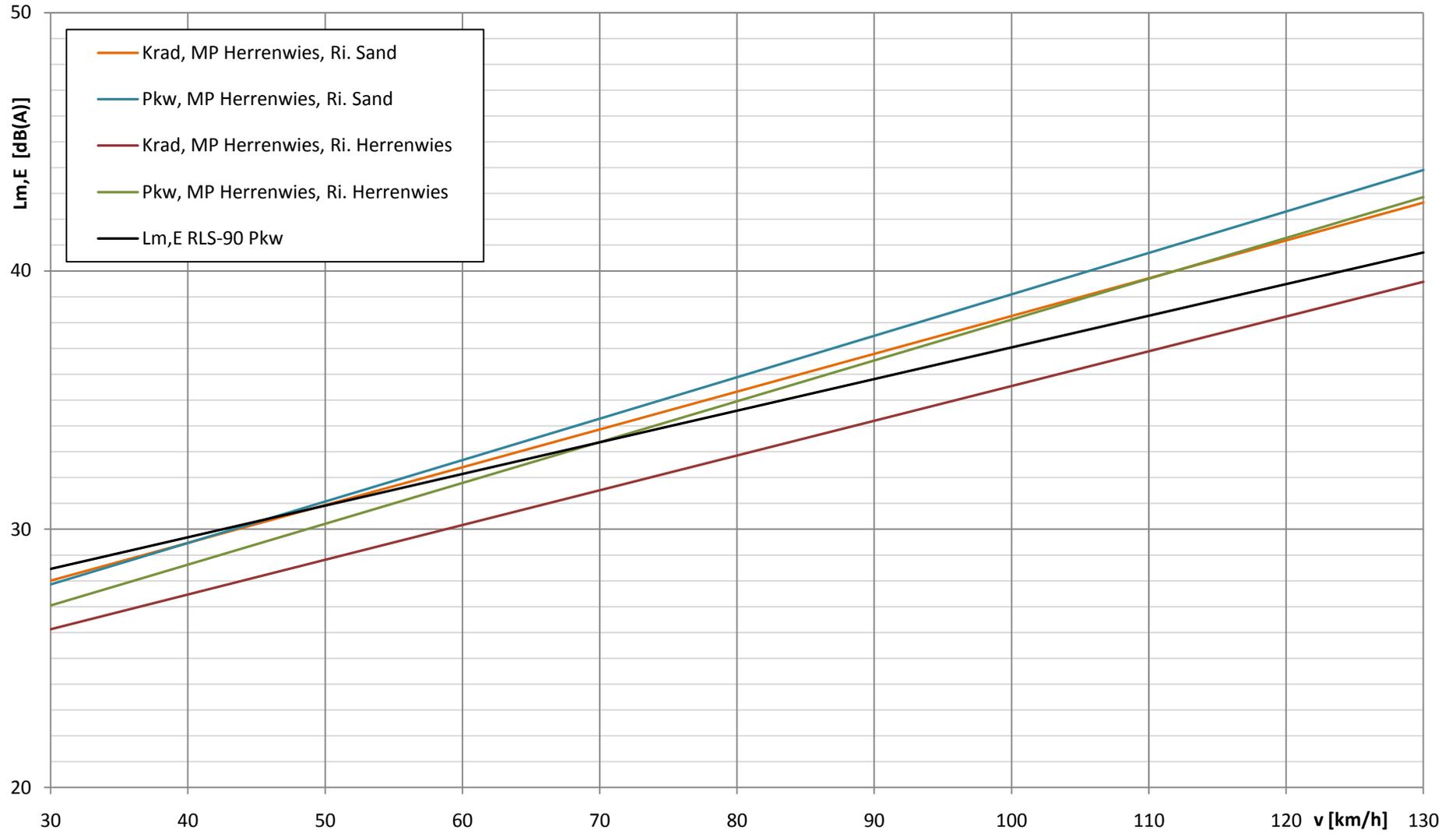
$$Lm,E(v) = m \cdot v + t$$

Messpunkt	Richtung	Ermittlung	m Krad	t Krad	m Pkw	t Pkw
Herrenwies	Sand	a	0,132	24,6	0,158	23,1
Herrenwies	Sand	b	0,146	23,6	0,160	23,1
Herrenwies	Herrenwies	a	0,095	24,4	0,155	22,9
Herrenwies	Herrenwies	b	0,135	22,1	0,158	22,3
Gammertingen	Hettingen	a	0,063	32,1	0,099	28,5
Gammertingen	Hettingen	b	0,103	26,6	0,132	24,5
Gammertingen	Gammertingen	a	0,060	27,6	0,114	24,0
Gammertingen	Gammertingen	b	0,091	25,1	0,112	23,0
L 559 Mitte	Leopoldshafen	b	0,091	28,5	0,150	23,9
Rheindamm	Leopoldshafen	b	0,129	25,8	0,203	20,4
Rheindamm	Rheinfähre	b	0,105	25,1	0,174	21,6
alle	alle	a	0,105	26,3	0,118	26,0
alle	alle	b	0,116	25,0	0,118	25,0
		RLS-90	0,123	24,8	0,123	24,8

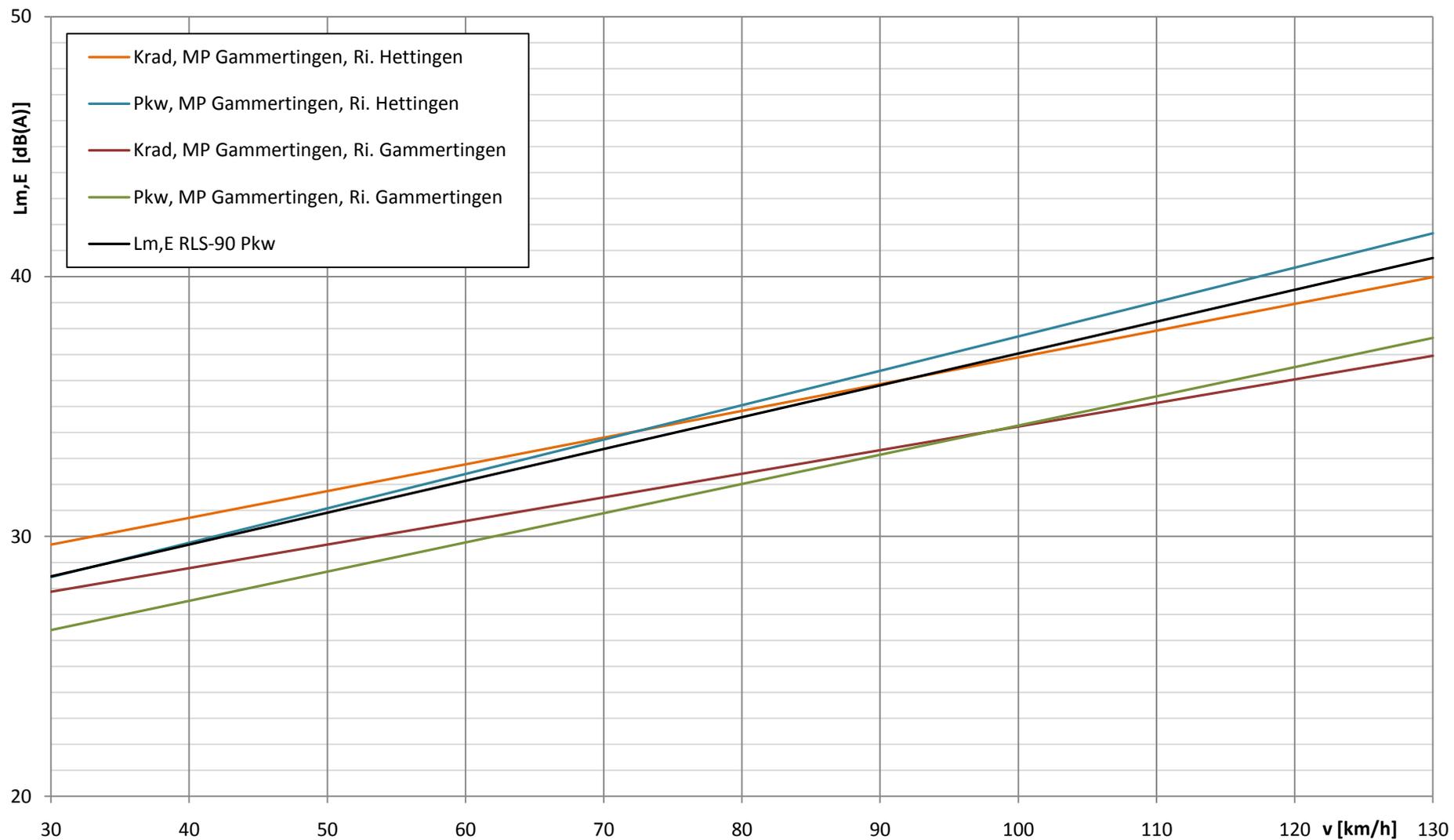
a = automatische Messungen

b = beobachtete Messungen

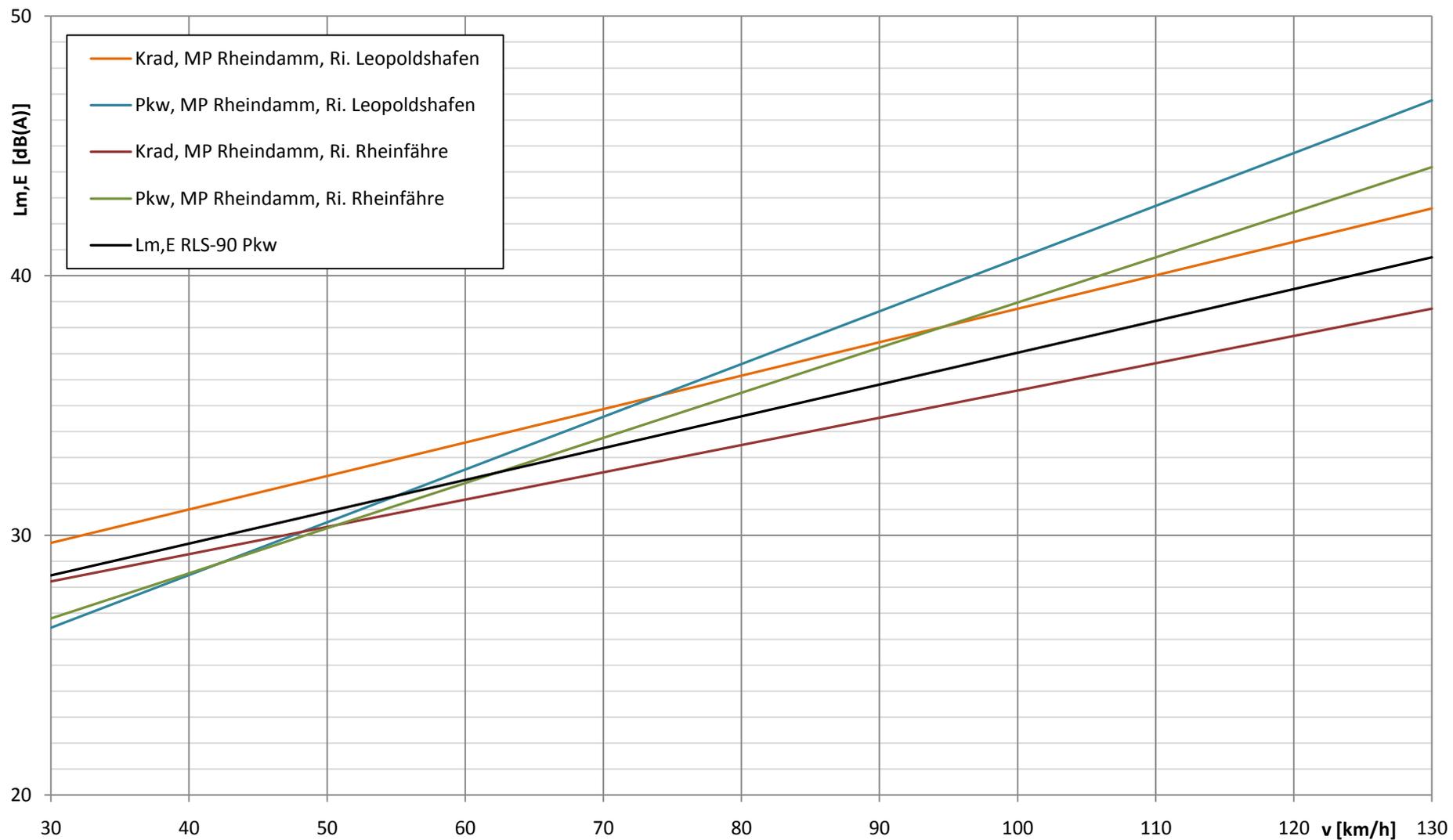
Regression LmE(v)
(beobachtete Messungen)



Regression LmE(v) (beobachtete Messungen)



Regression LmE(v) (beobachtete Messungen)

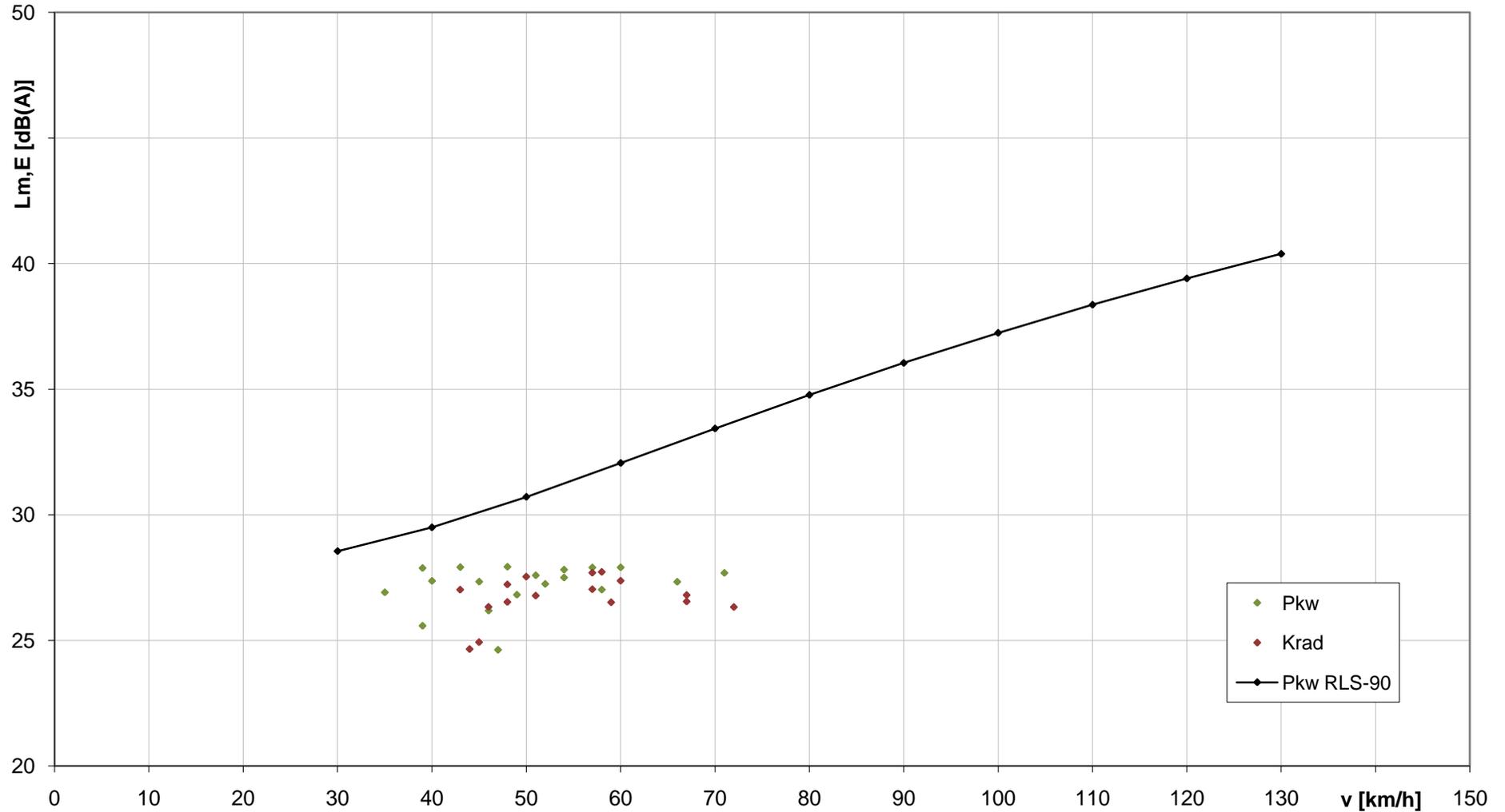


Anlage 9

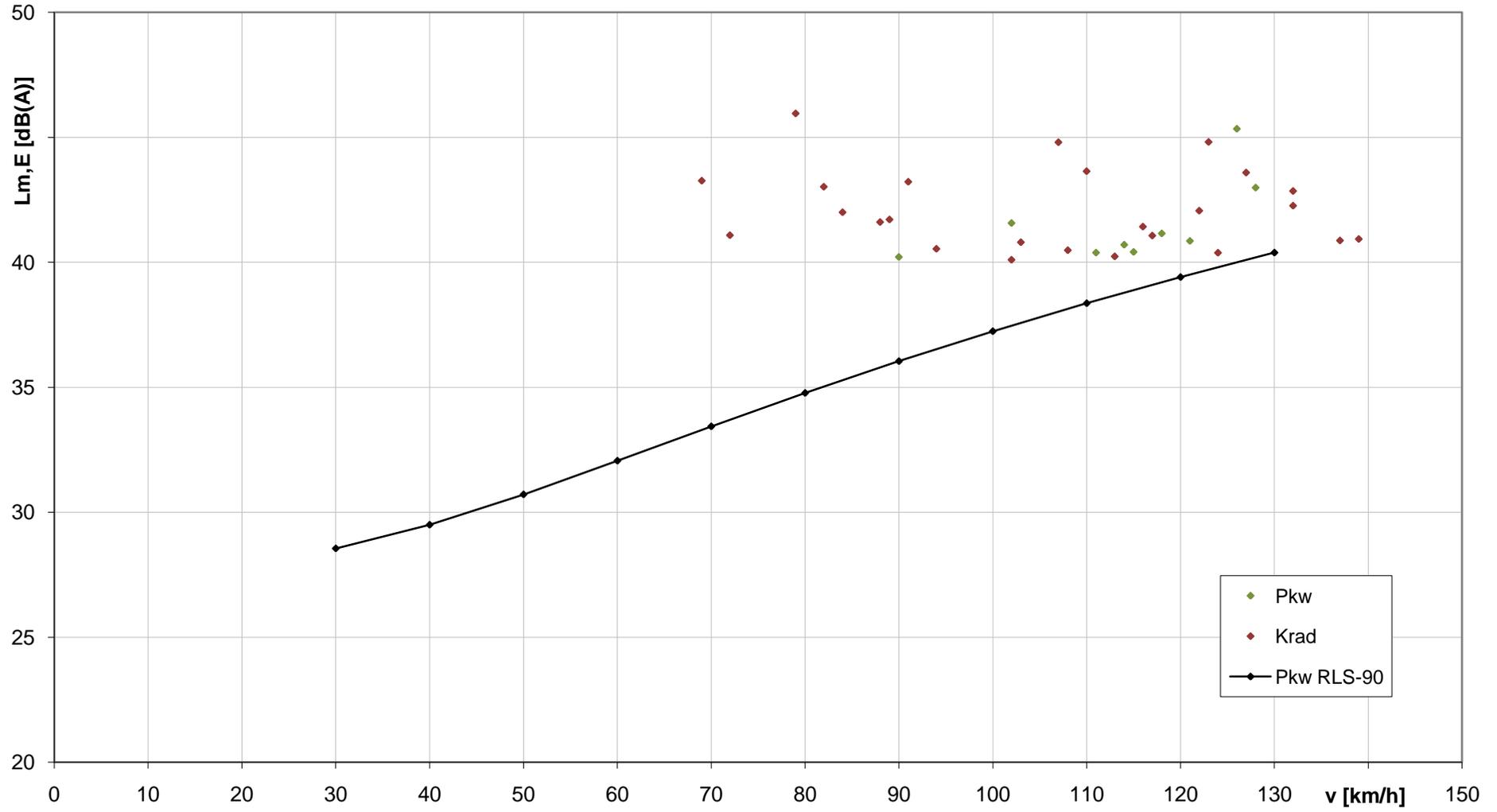
Ausgewählte Vorbeifahrten für folgende Analysen

- Anlage 9.1 Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} < 28$ dB(A)
- Anlage 9.2 Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} > 40$ dB(A)
- Anlage 9.3 Diagramm $L_{m,E}(v)$ der Vorbeifahrten mit $v = 95..105$ km/h

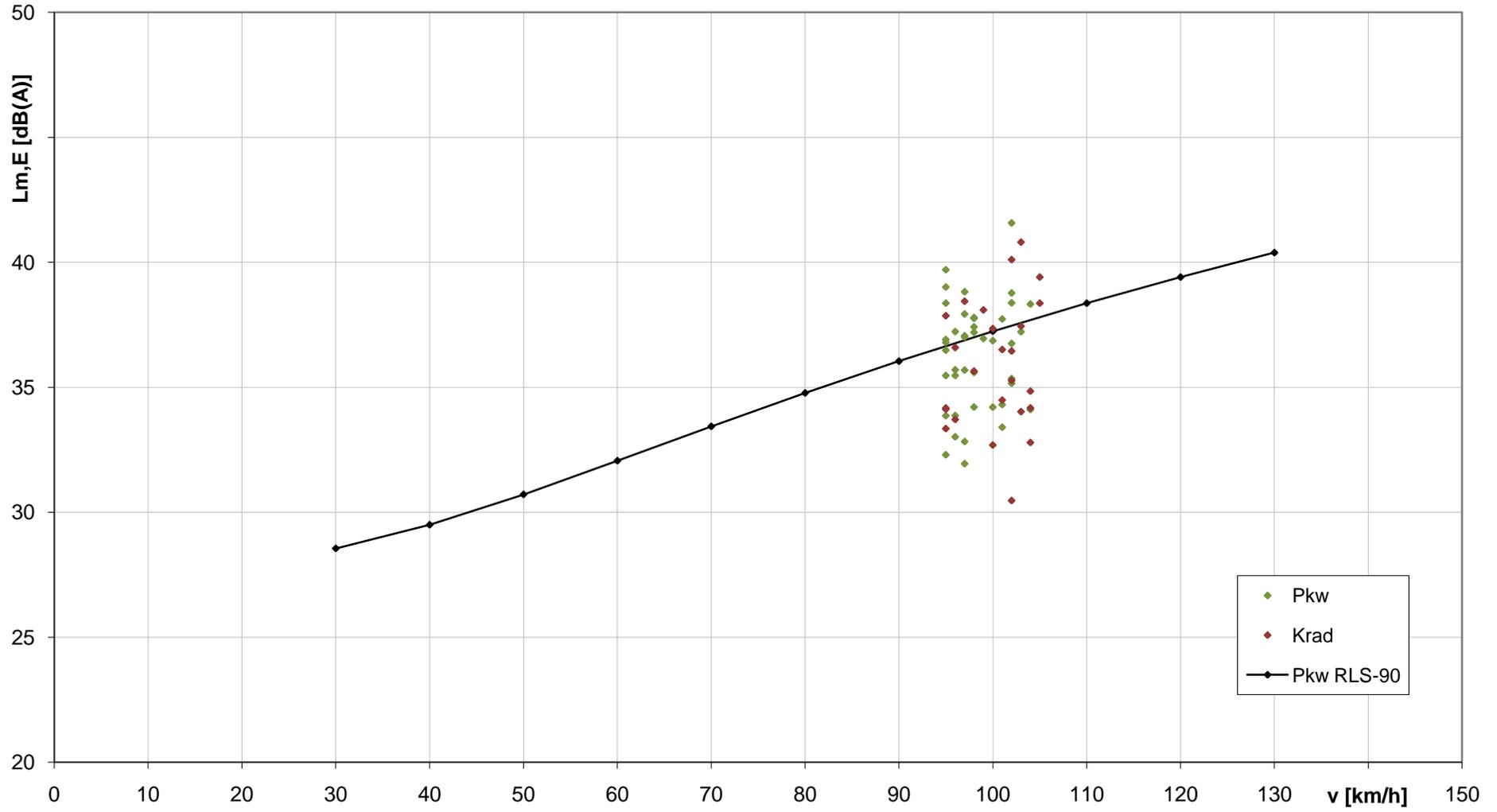
L_{m,E}(v)
ausgewählte Vorbeifahrten mit L_{m,E} < 28 dB(A)



L_{m,E}(v)
ausgewählte Vorbeifahrten mit L_{m,E} > 40 dB(A)



Lm,E(v)
ausgewählte Vorbeifahrten mit v = 95..105 km/h

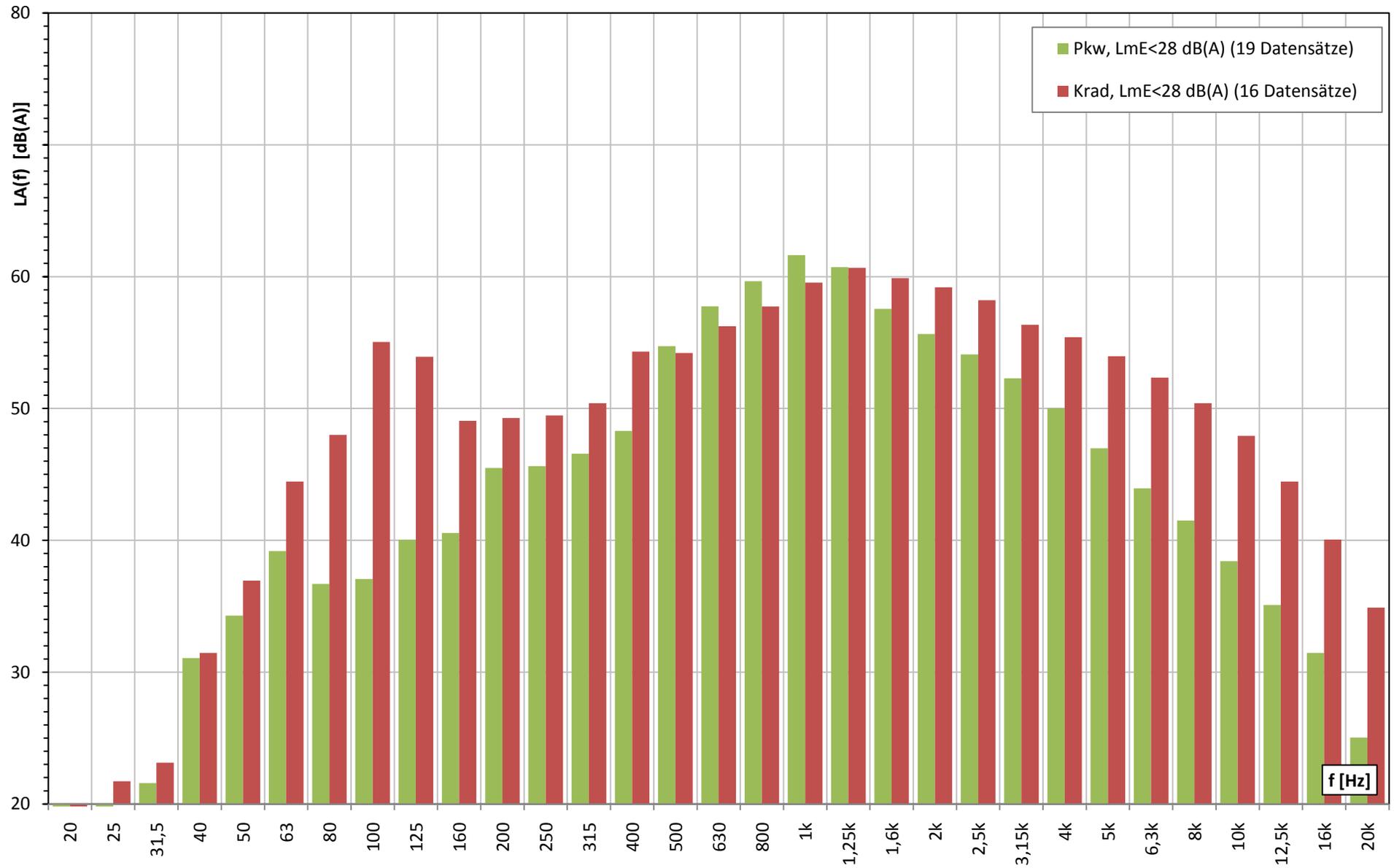


Anlage 10

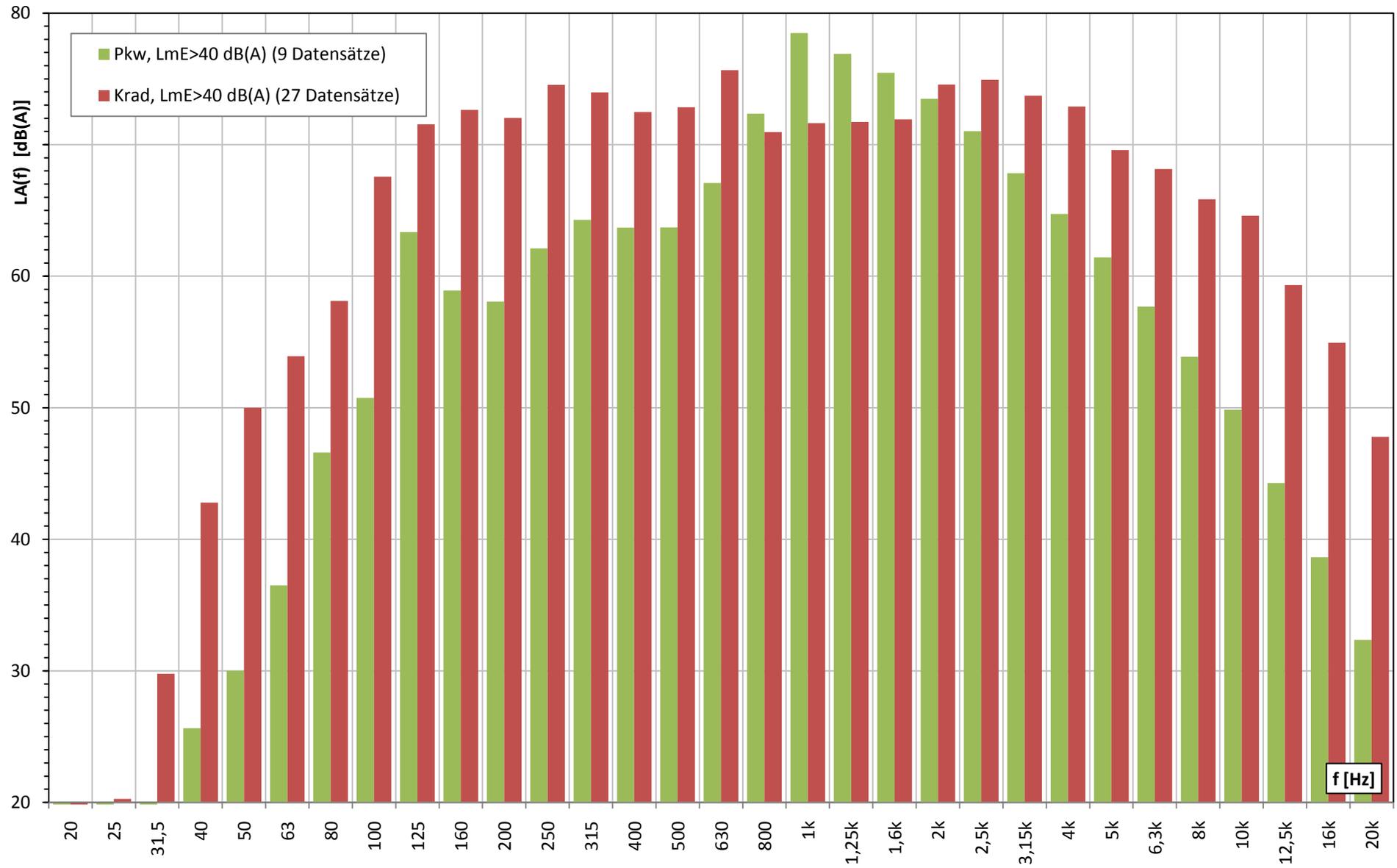
Spektren ausgewählter Vorbeifahrten

- Anlage 10.1 Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} < 28$ dB(A)
- Anlage 10.2 Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $L_{m,E} > 40$ dB(A)
- Anlage 10.3 Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ der Vorbeifahrten mit $v = 95..105$ km/h
- Anlage 10.4 Diagramm Terzspektrum $L_A(f)$ aller ausgewählten Vorbeifahrten

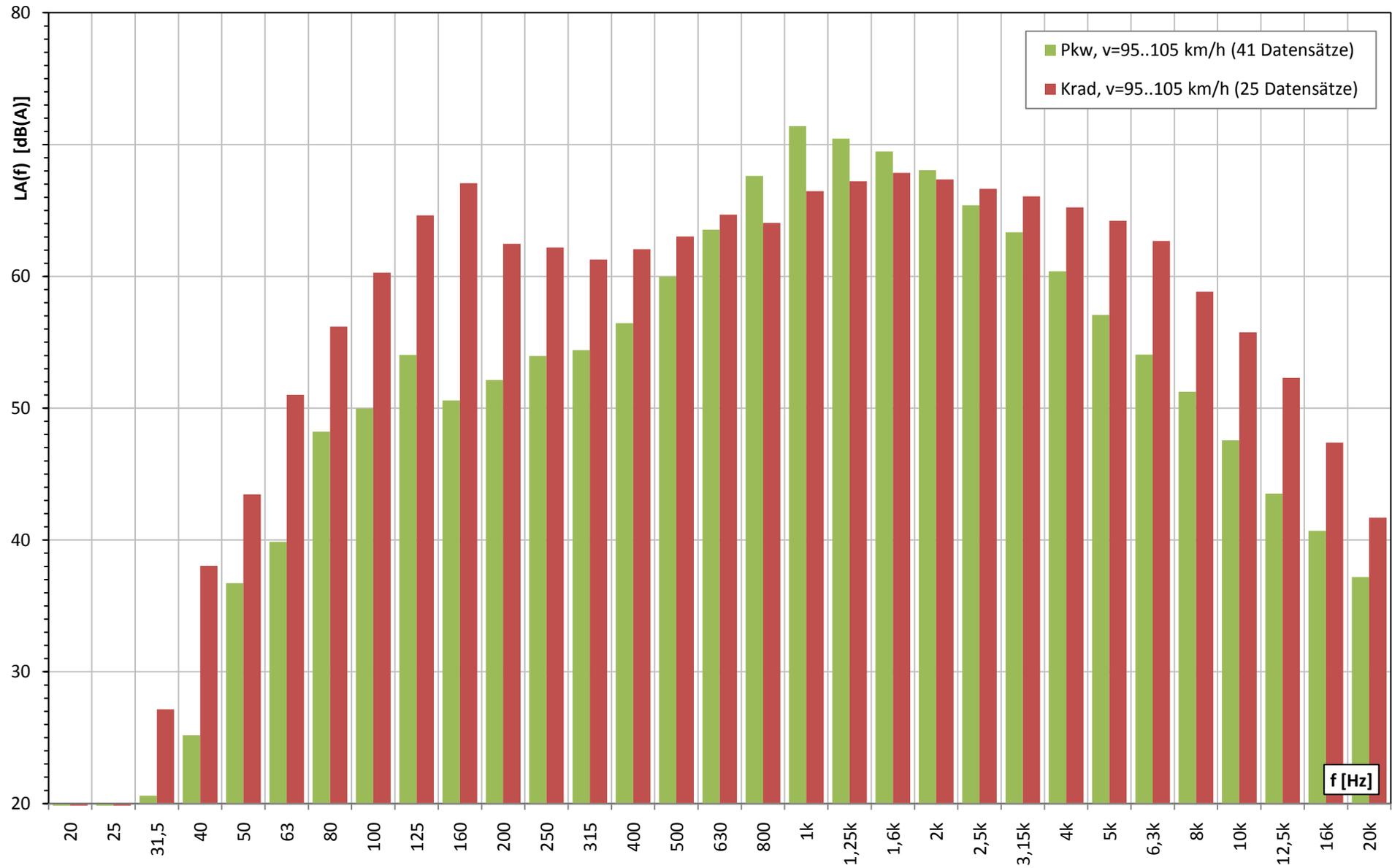
Terzspektrum ausgewählter Vorbeifahrten



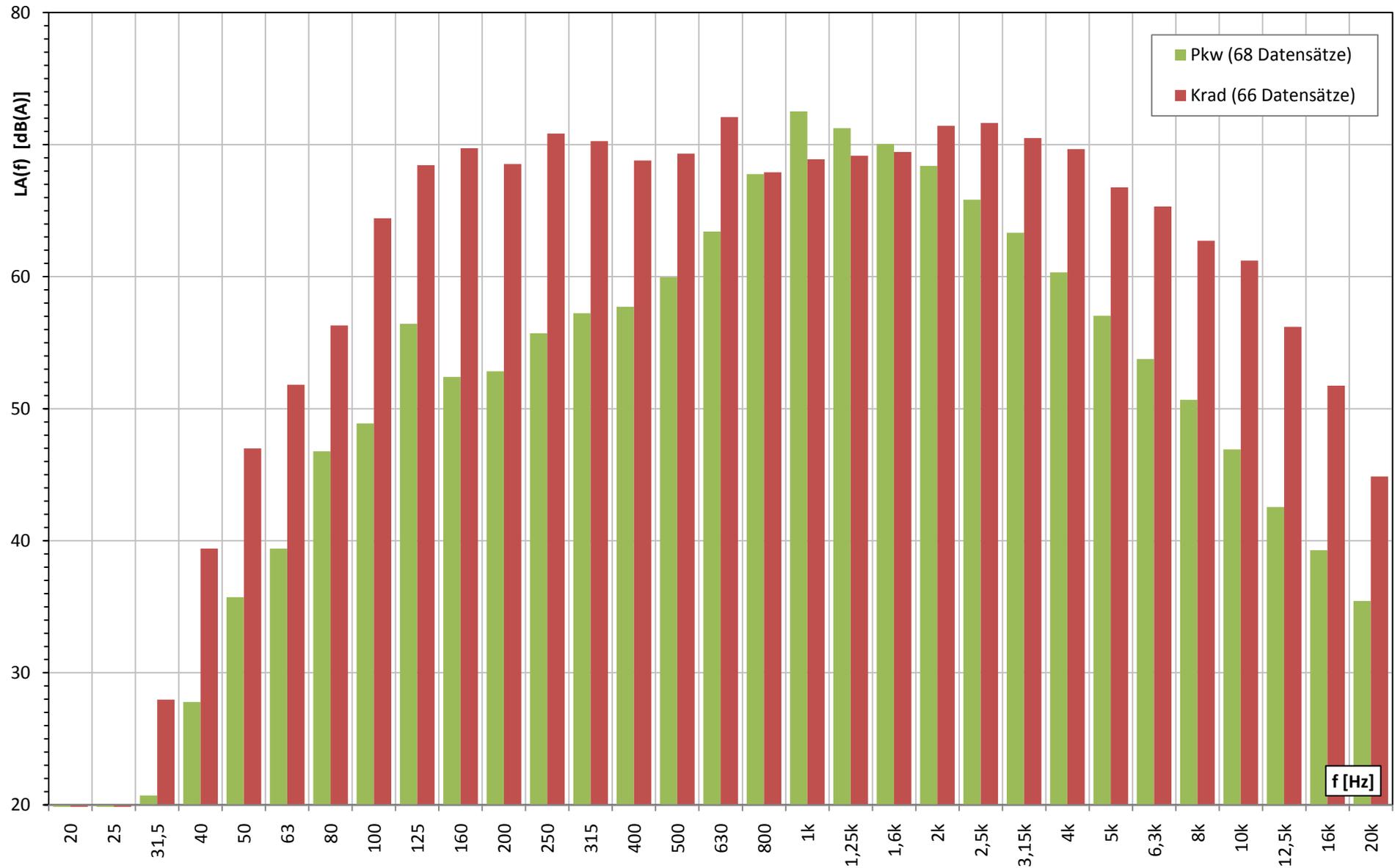
Terzspektrum ausgewählter Vorbeifahrten



Terzspektrum ausgewählter Vorbeifahrten



Terzspektrum ausgewählter Vorbeifahrten



Anlage 11

Spektrogramme ausgewählter Vorbeifahrten

Anmerkung:

Im vorliegenden Dokument sind 12 Spektrogramme beispielhaft abgebildet.

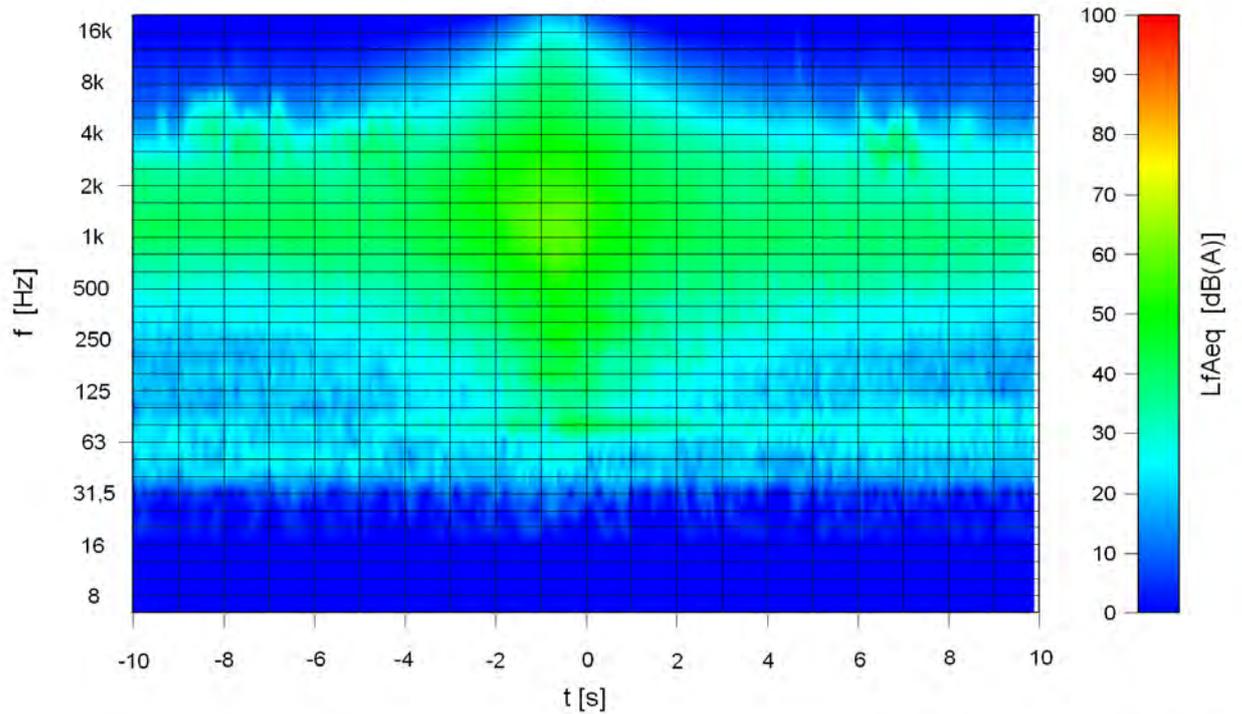
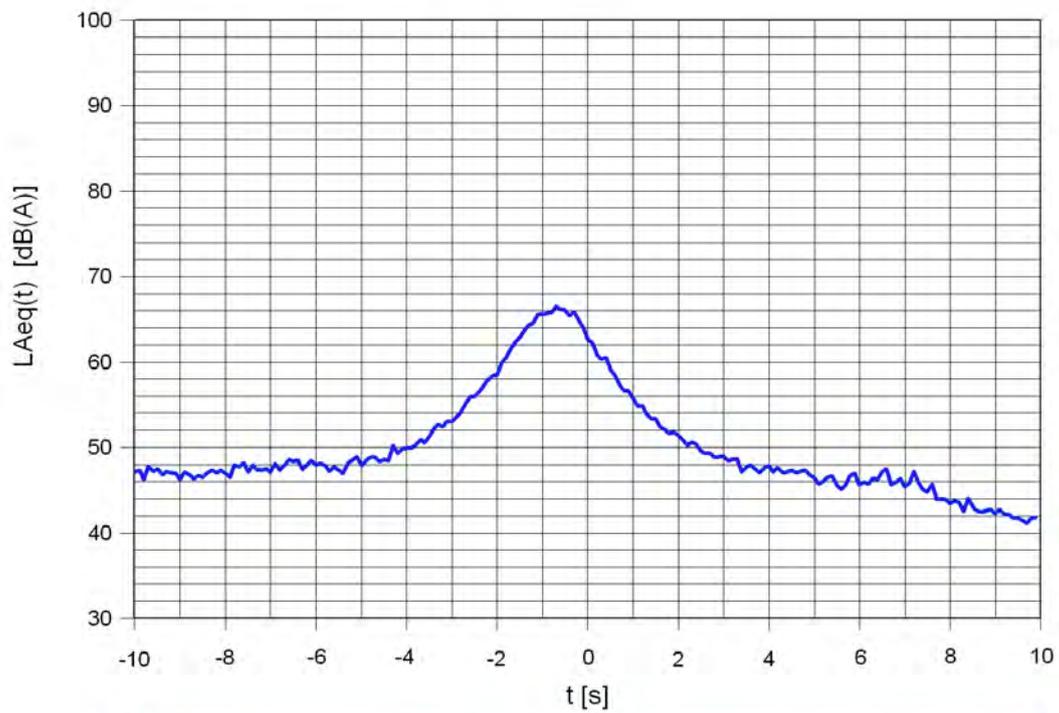
Eine vollständige Zusammenstellung aller 135 Spektrogramme ist auf CD-ROM erhältlich.

Anlage 11.7	Spektrogramm Pkw, 46 km / h
Anlage 11.73	Spektrogramm Krad, 46 km / h
Anlage 11.11	Spektrogramm Pkw, 51 km / h
Anlage 11.76	Spektrogramm Krad, 50 km / h
Anlage 11.30	Spektrogramm Pkw, 96 km / h
Anlage 11.101	Spektrogramm Krad, 96 km / h
Anlage 11.61	Spektrogramm Pkw, 104 km / h
Anlage 11.119	Spektrogramm Krad, 104 km / h
Anlage 11.65	Spektrogramm Pkw, 115 km / h
Anlage 11.125	Spektrogramm Krad, 113 km / h
Anlage 11.66	Spektrogramm Pkw, 118 km / h
Anlage 11.127	Spektrogramm Krad, 117 km / h

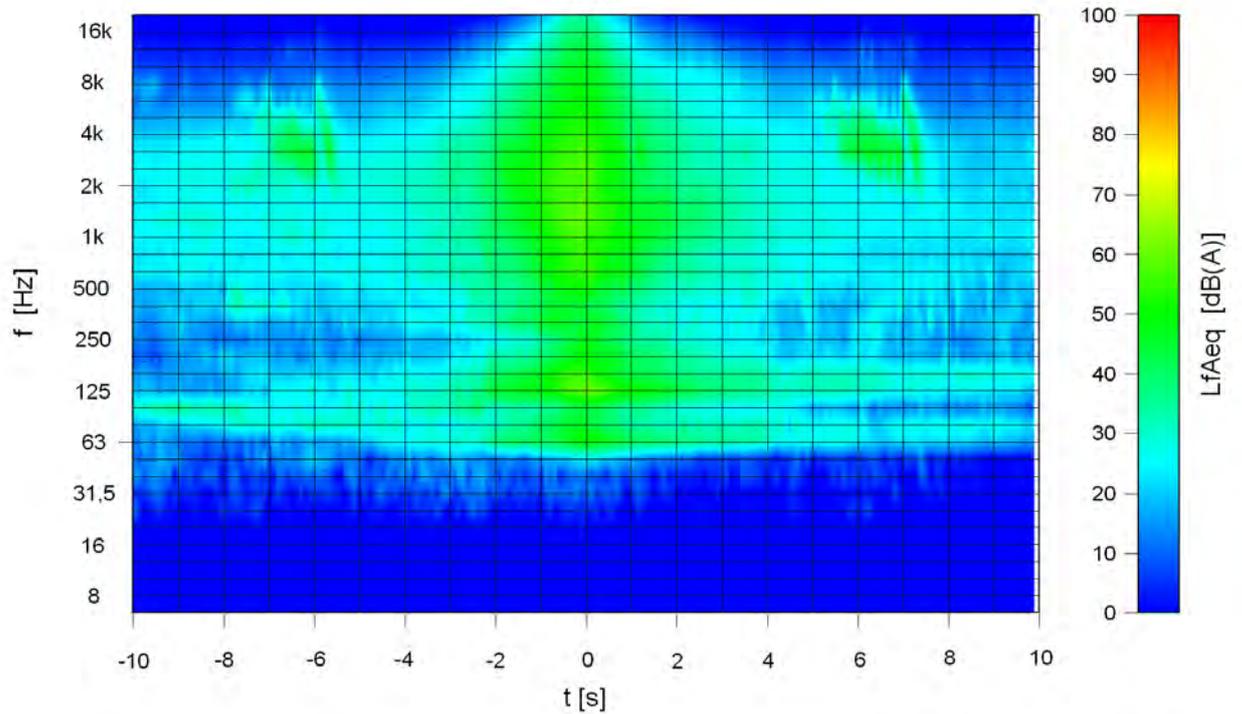
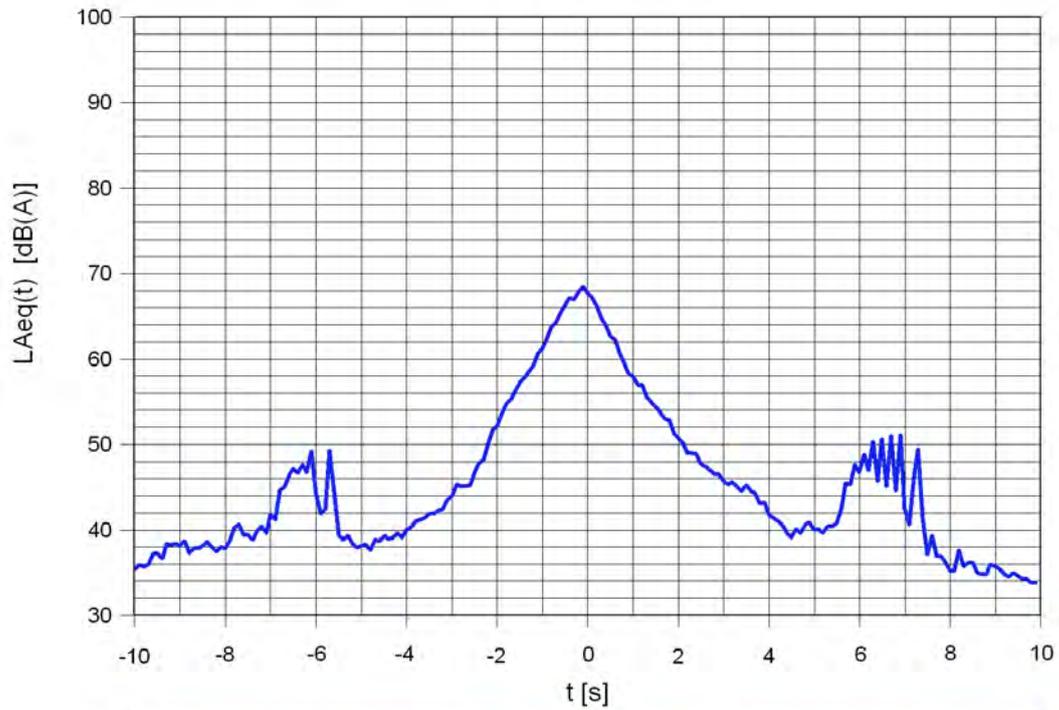
Anmerkung:

Die Spektrogramme sind im vorliegenden Dokument abweichend von ihrer ursprünglichen Anlagennummer so umsortiert, dass jeweils zwei aufeinander folgende Seiten direkt miteinander verglichen werden können (Pkw, Krad).

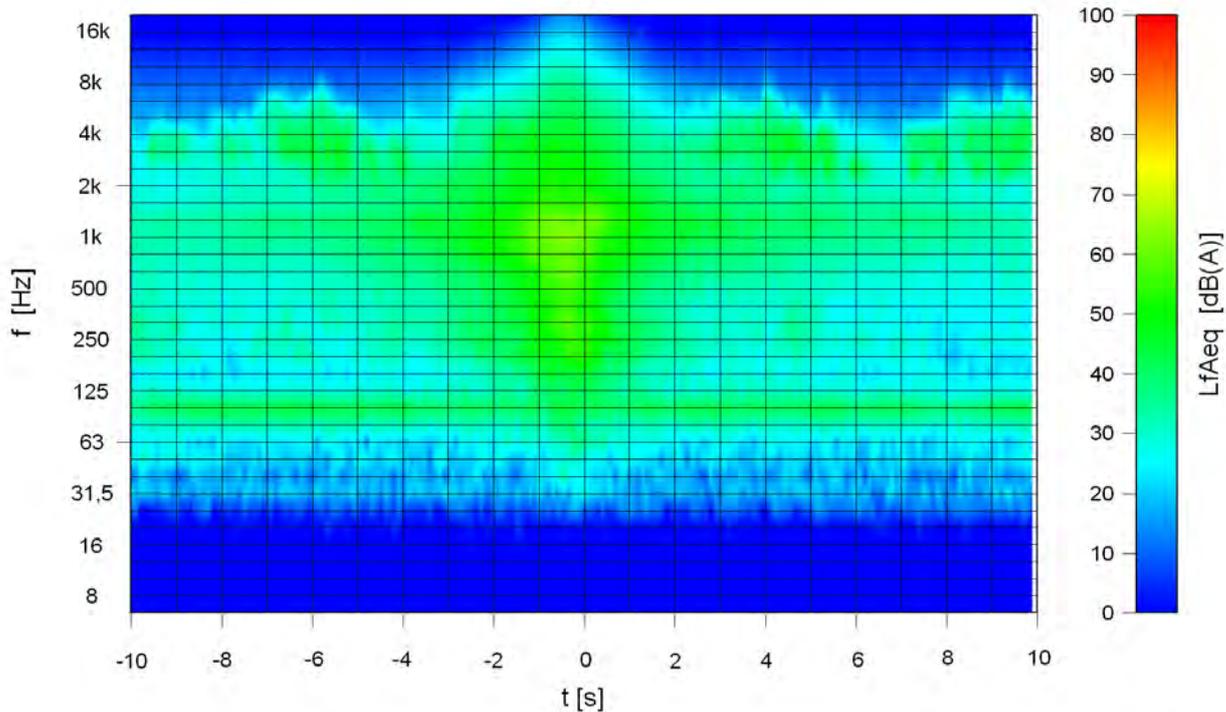
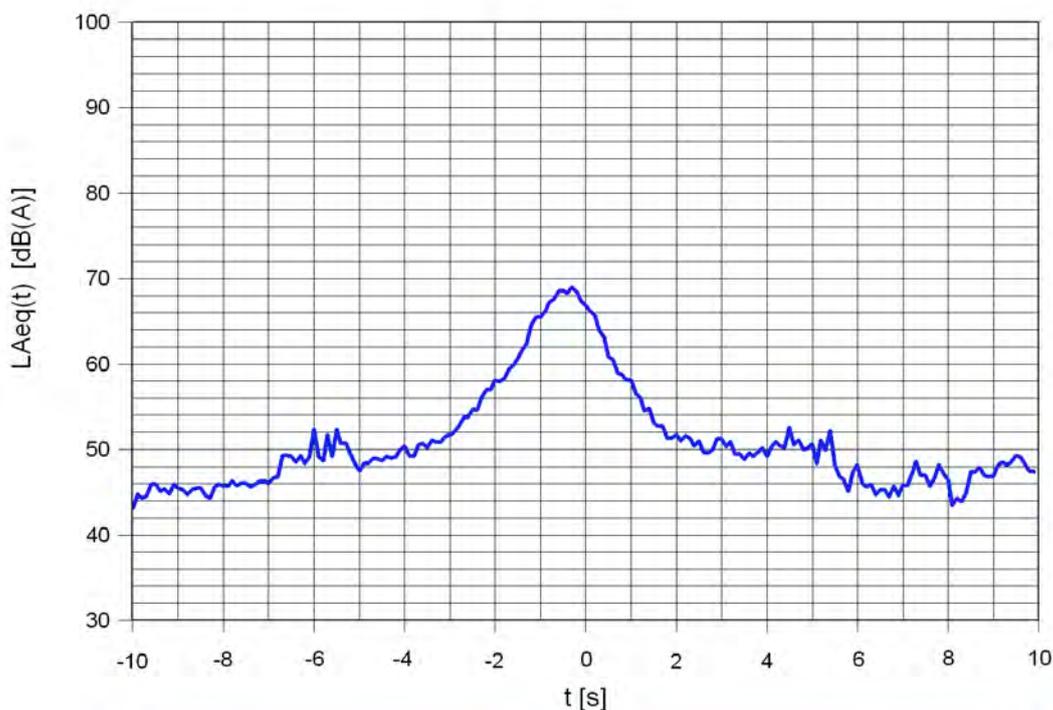
Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	46 km/h
Lm,E	26.2 dB(A)
Messpunkt	L 559 Rheindamm
Datum	2009-05-17
Zeit	15:43:42
Messdaten	LeoH_2009-05-17_15-43-42.xls
Audiodatei	LeoHIP2_15_43_42_000.wav



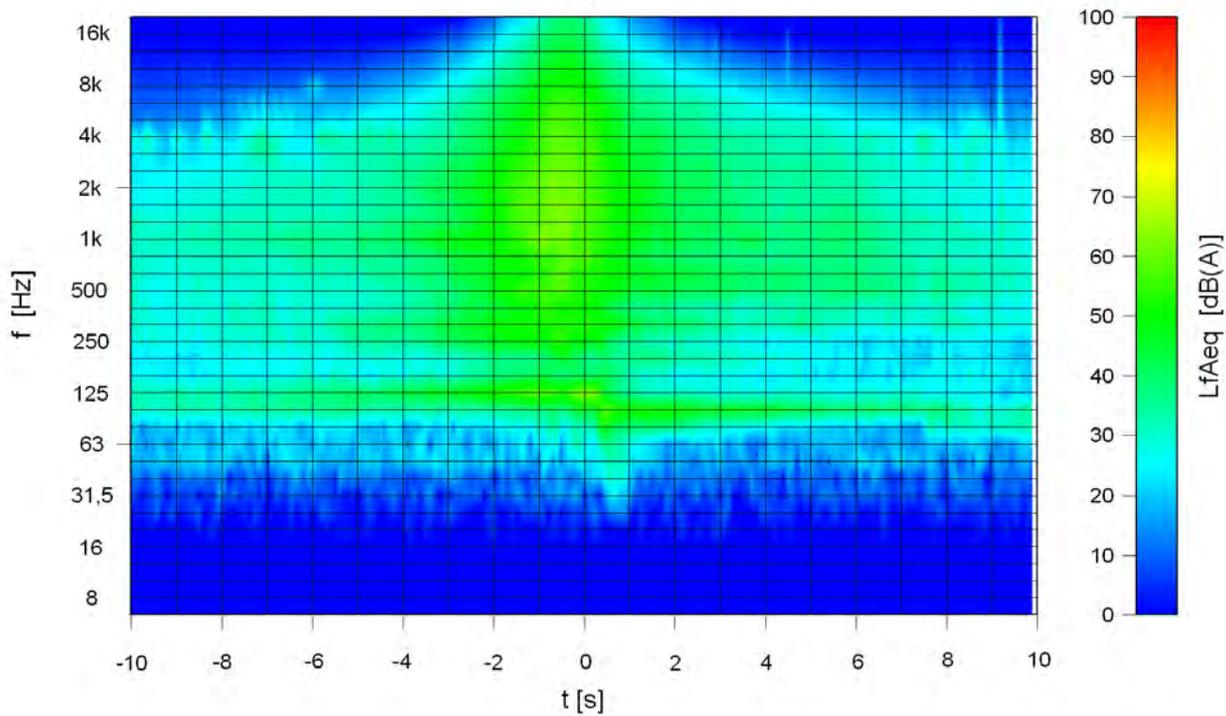
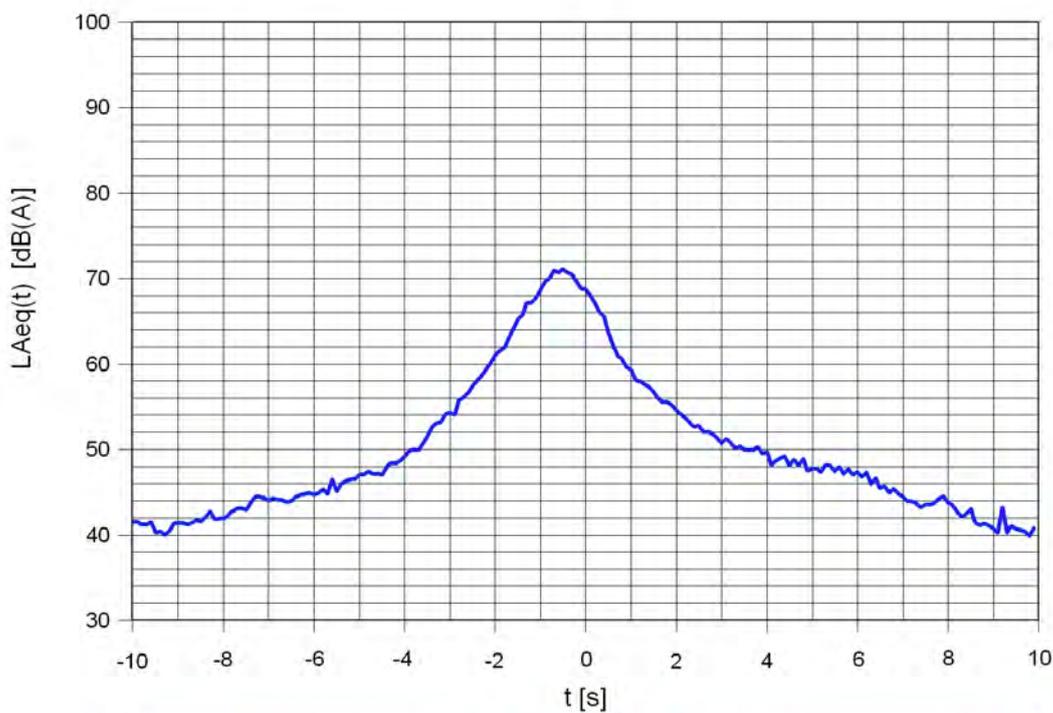
Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	46 km/h
Lm,E	26.3 dB(A)
Messpunkt	Herrenwies
Datum	2009-06-28
Zeit	10:48:16
Messdaten	Hwies_2009-06-28_10-48-16.xls
Audiodatei	HwiesK1_10_48_16_500.wav



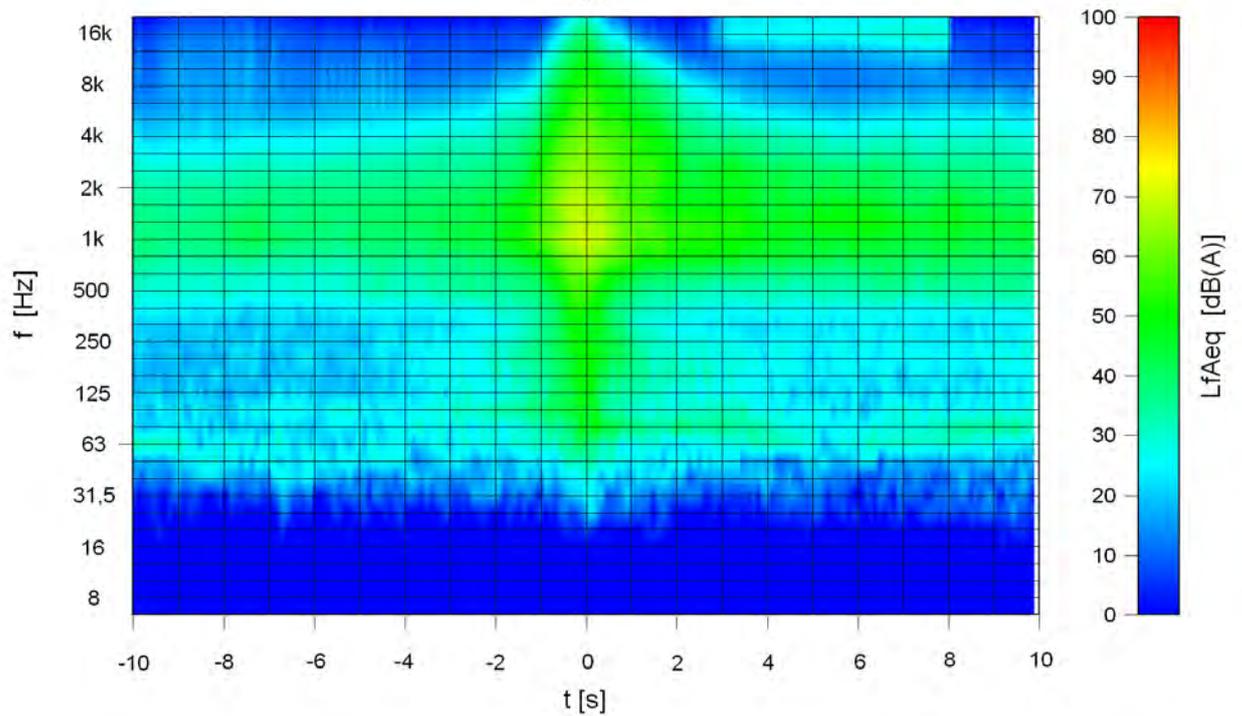
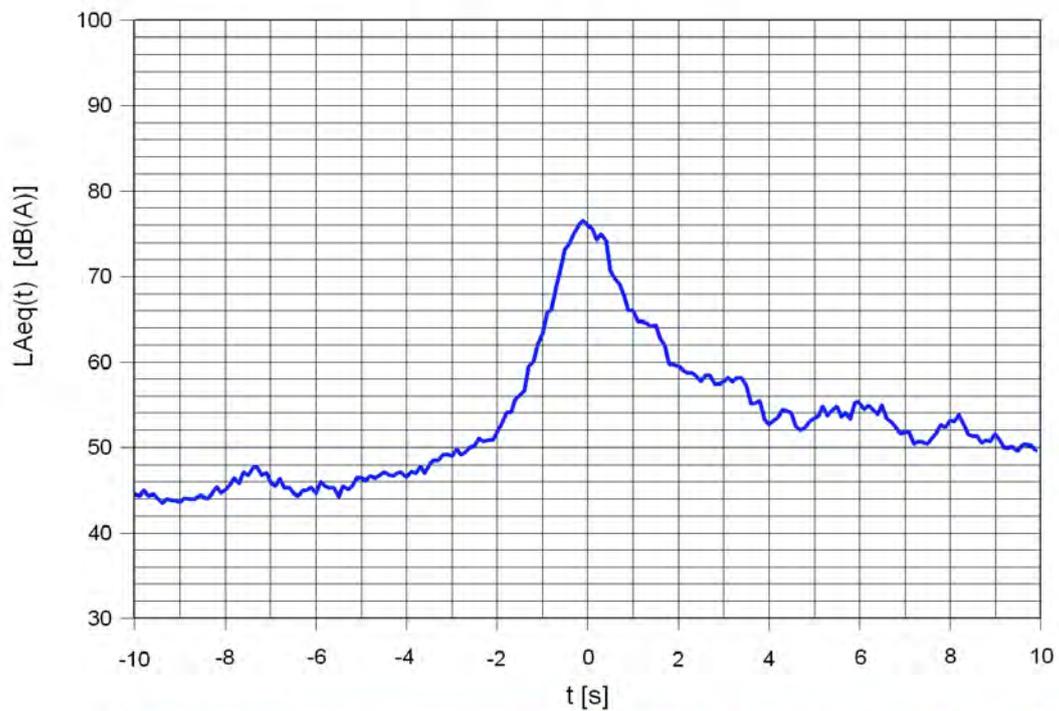
Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	51 km/h
Lm,E	27.6 dB(A)
Messpunkt	L 559 Rheindamm
Datum	2009-05-17
Zeit	12:46:33
Messdaten	LeoH_2009-05-17_12-46-33.xls
Audiodatei	LeoH1P2_12_46_33_700.wav



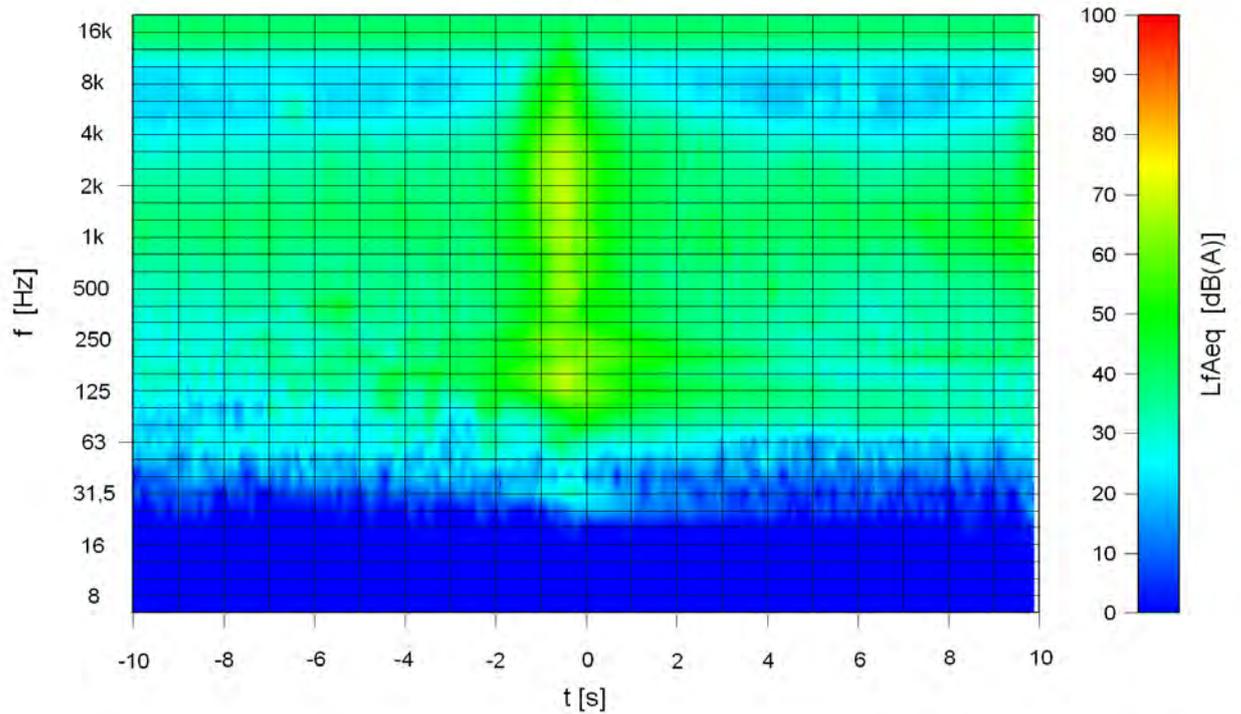
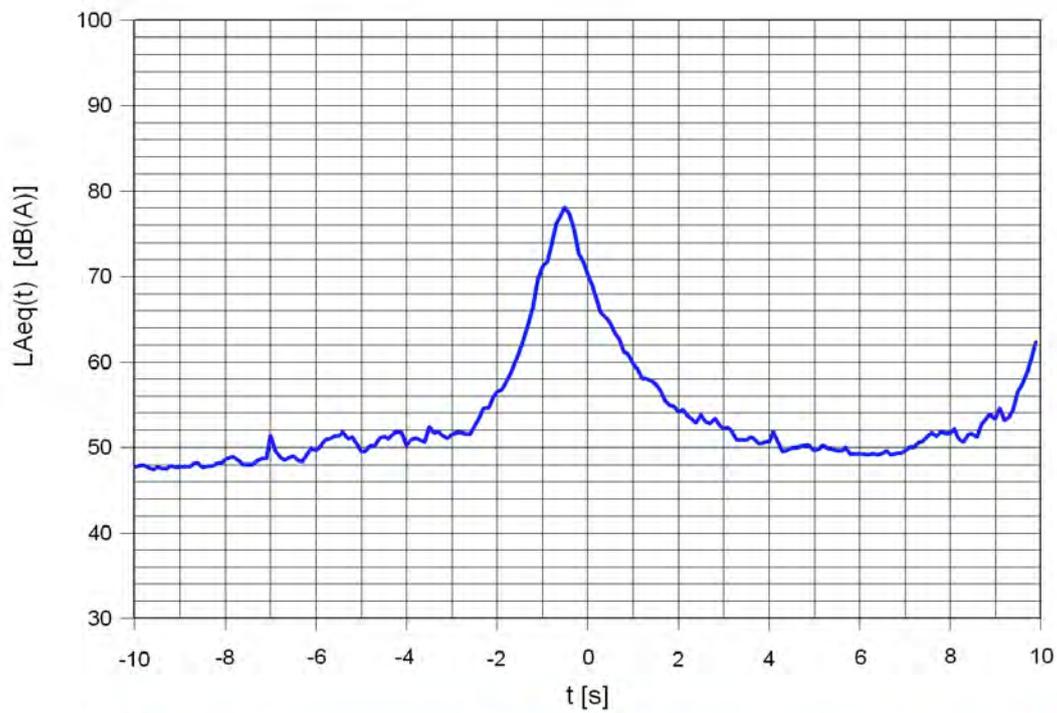
Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	50 km/h
Lm,E	27.5 dB(A)
Messpunkt	L 559 Rheindamm
Datum	2009-05-17
Zeit	09:15:53
Messdaten	LeoH_2009-05-17_09-15-53.xls
Audiodatei	LeoHK2_09_15_53_700.wav



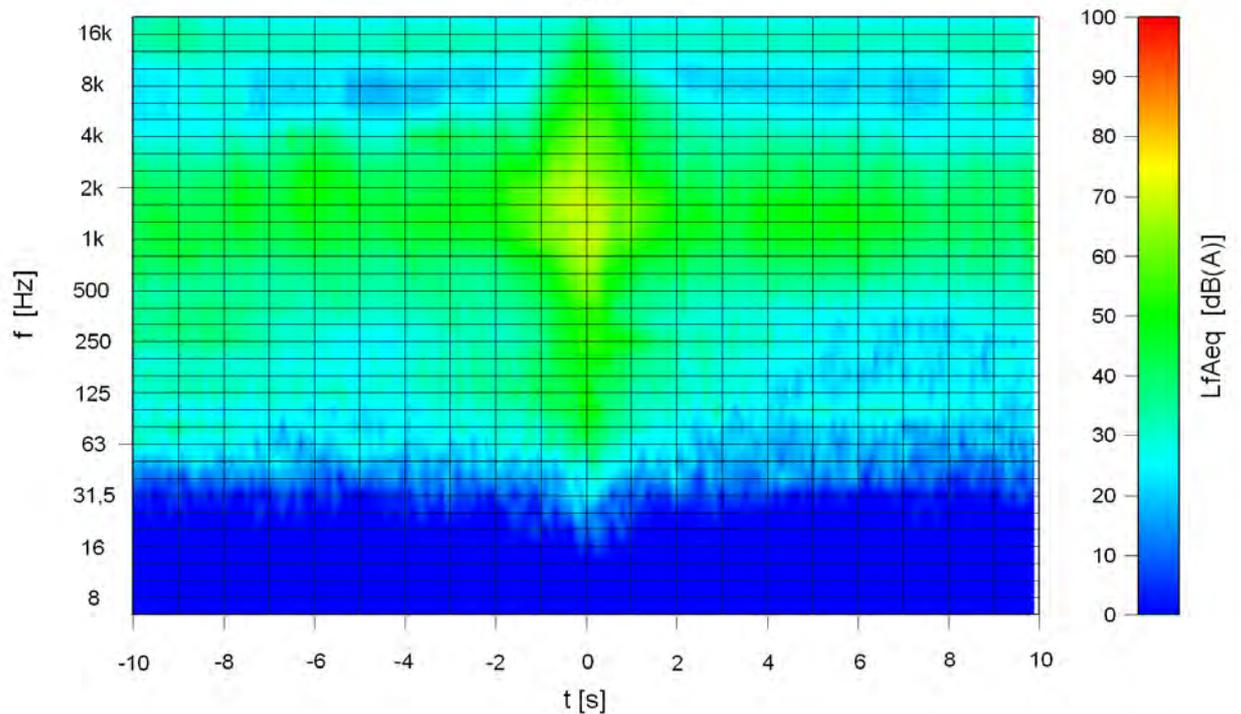
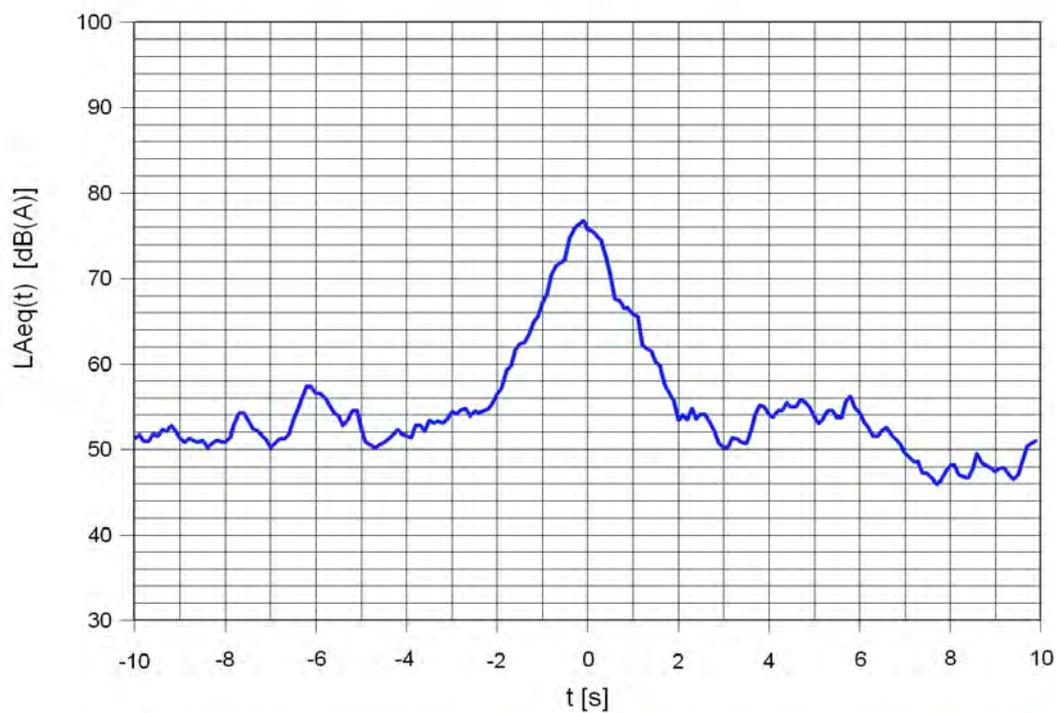
Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	96 km/h
Lm,E	33.9 dB(A)
Messpunkt	Gammertingen
Datum	2009-07-10
Zeit	19:31:50
Messdaten	Gamm1_2009-07-10_19-31-50.xls
Audiodatei	Gamm1\P1_19_31_50_900.wav



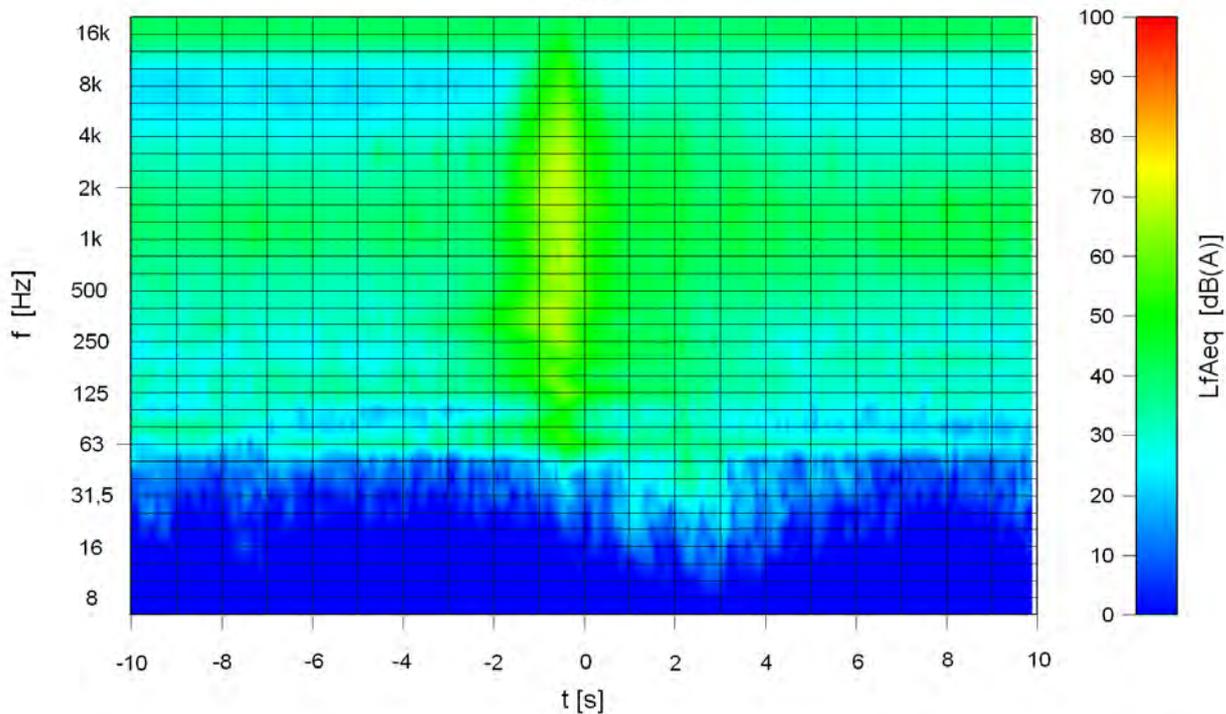
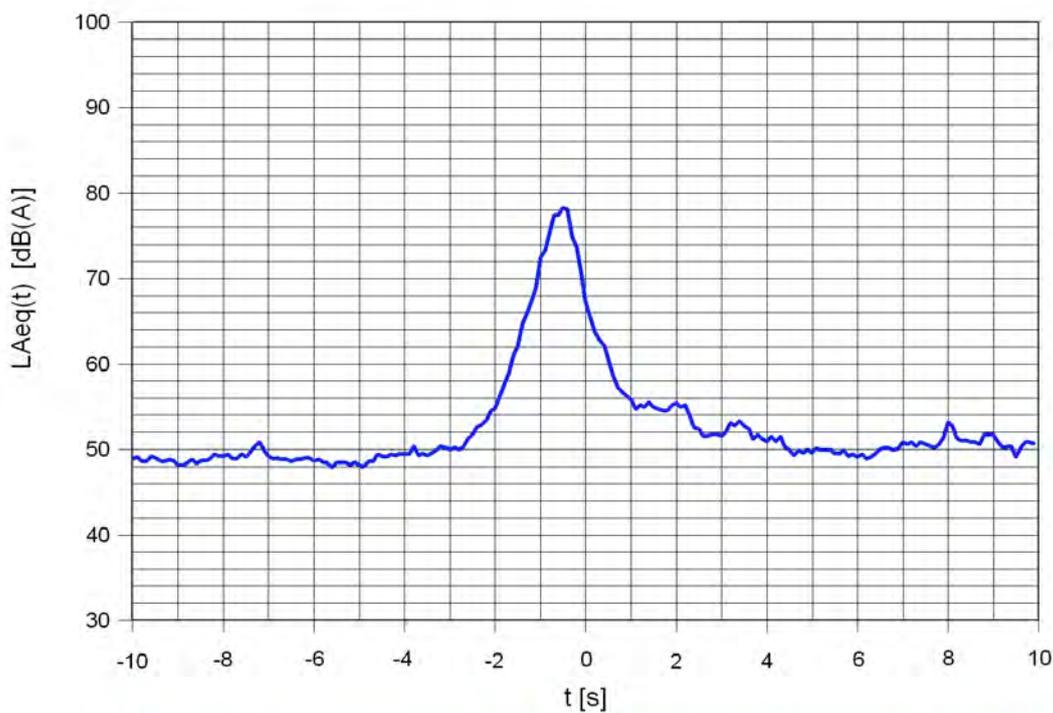
Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	96 km/h
Lm,E	33.7 dB(A)
Messpunkt	Gammertingen
Datum	2009-07-11
Zeit	16:06:05
Messdaten	Hett2_2009-07-11_16-06-05.xls
Audiodatei	Hett2\K2_16_06_05_400.wav



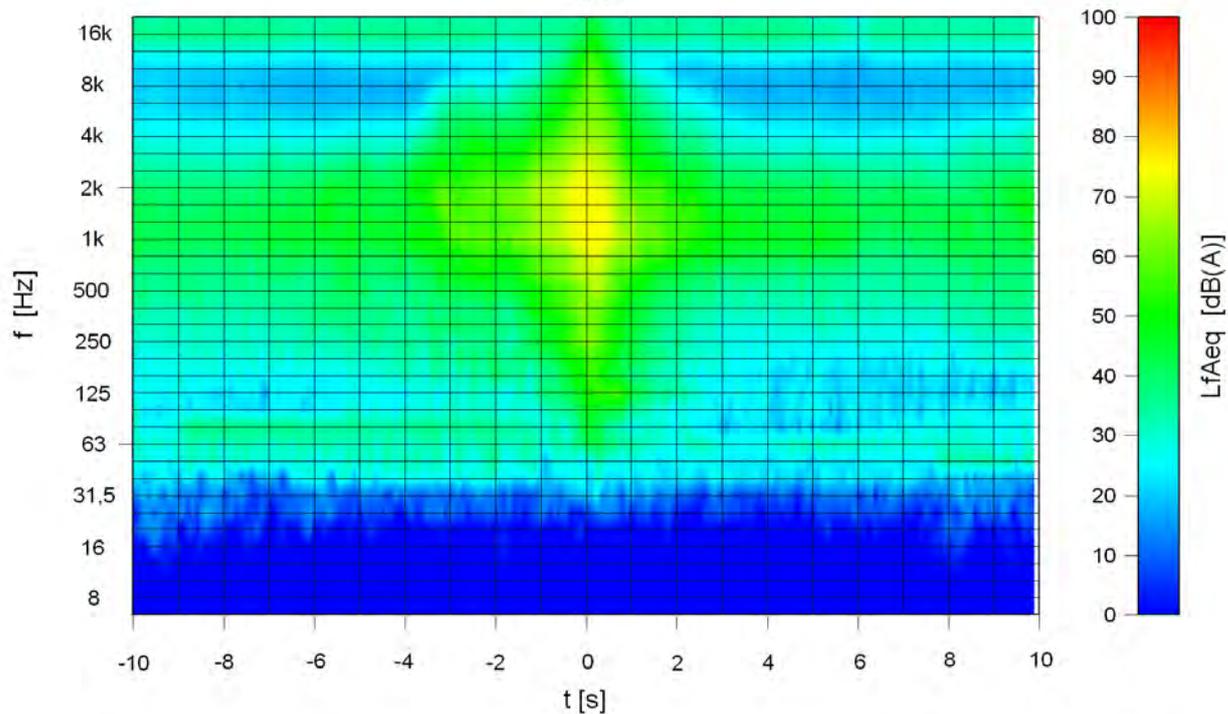
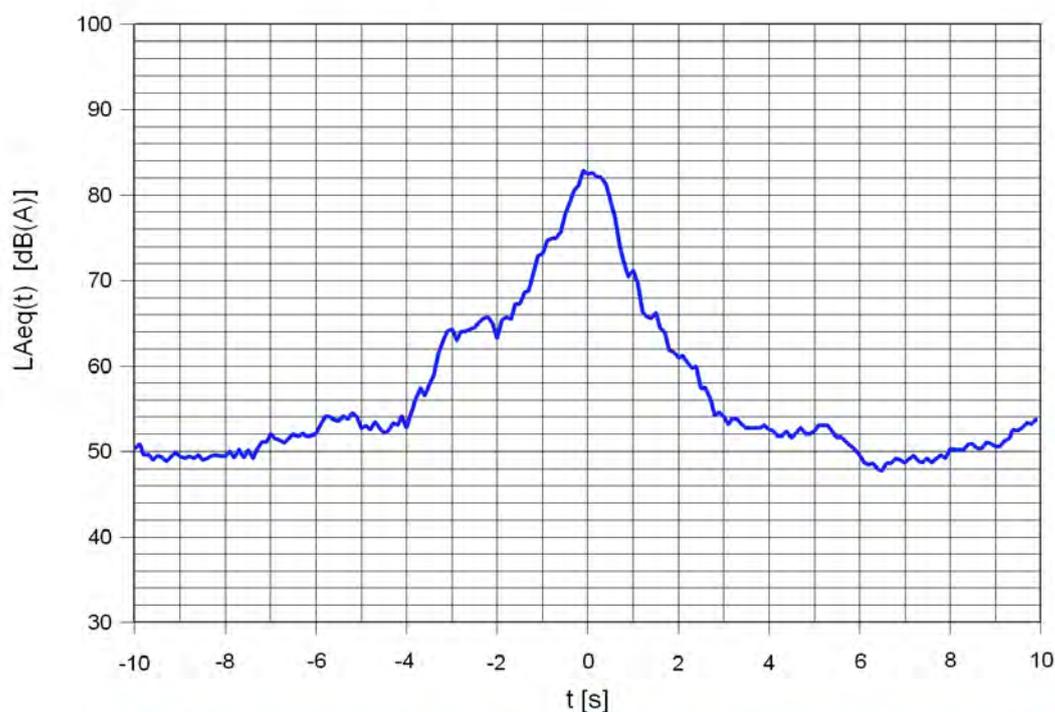
Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	104 km/h
Lm,E	34.1 dB(A)
Messpunkt	Gammertingen
Datum	2009-07-11
Zeit	13:25:54
Messdaten	Gamm2_2009-07-11_13-25-54.xls
Audiodatei	Gamm2\P1_13_25_54_500.wav



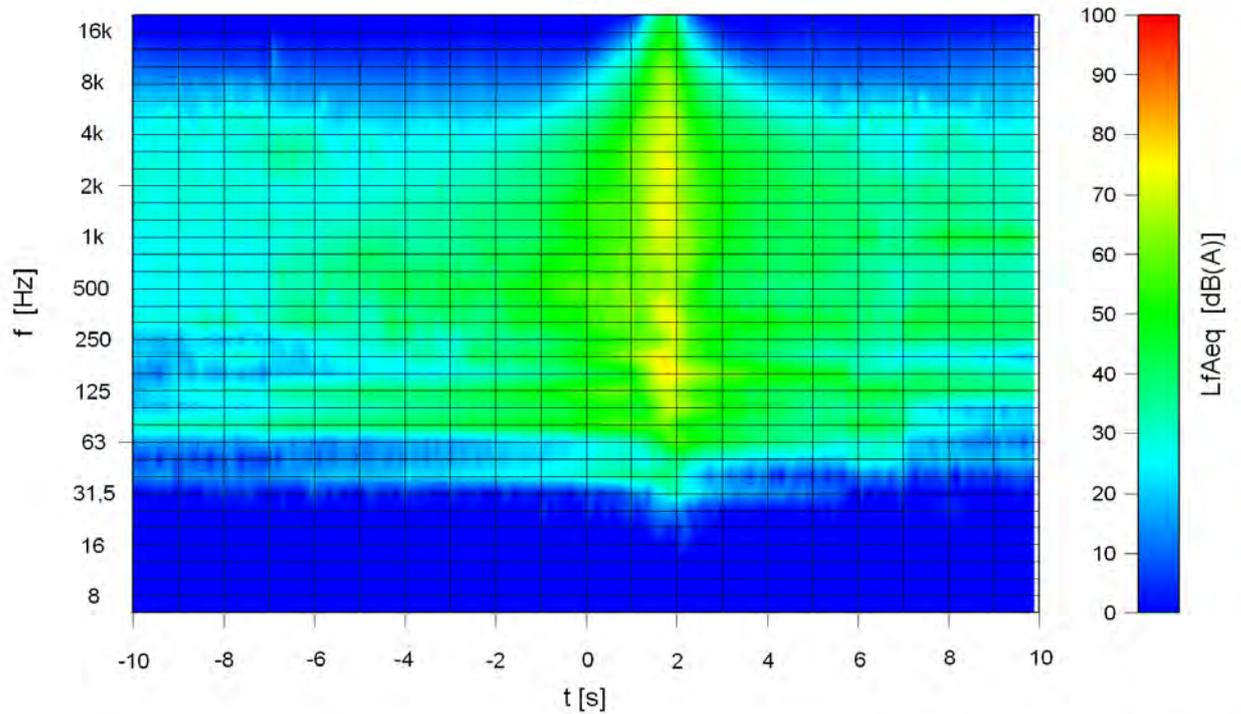
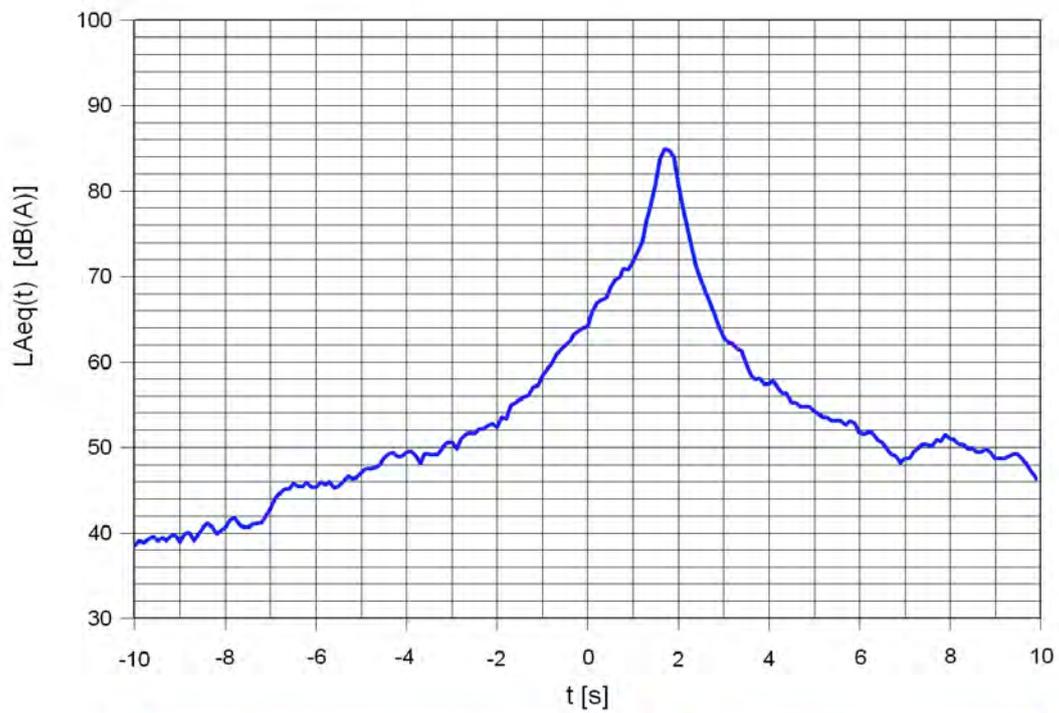
Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	104 km/h
Lm,E	34.2 dB(A)
Messpunkt	Gammertingen
Datum	2009-07-11
Zeit	15:55:36
Messdaten	Hett2_2009-07-11_15-55-36.xls
Audiodatei	Hett2\K2_15_55_36_400.wav



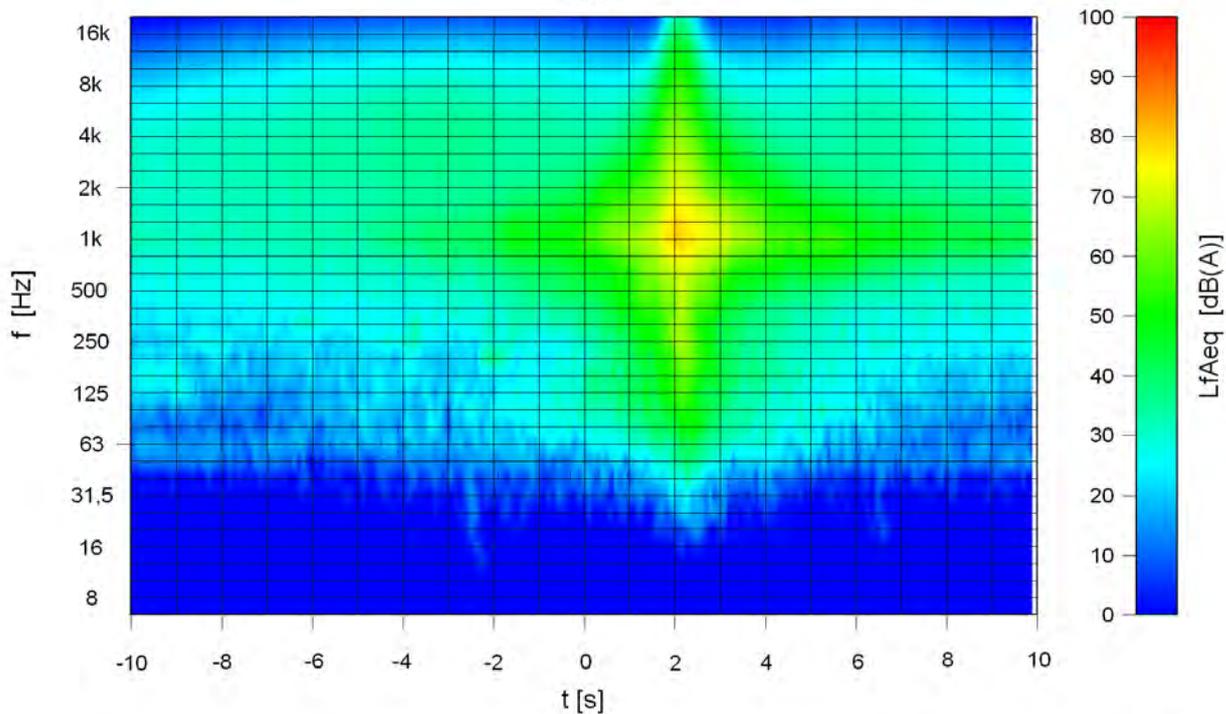
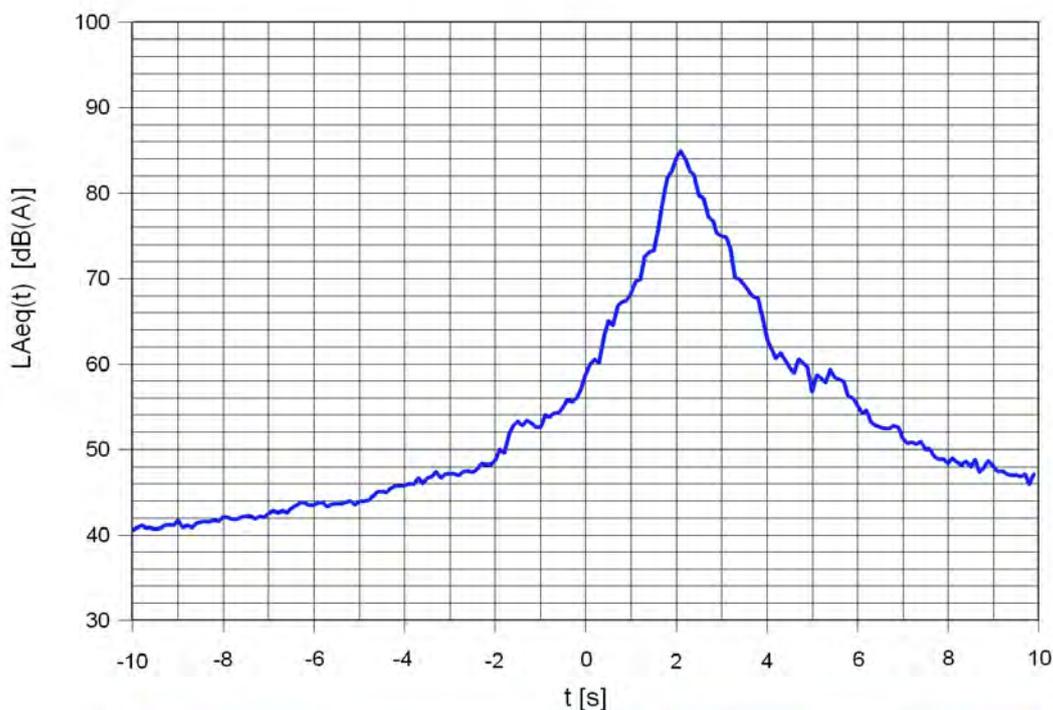
Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	115 km/h
Lm,E	40.4 dB(A)
Messpunkt	Gammertingen
Datum	2009-07-11
Zeit	10:14:49
Messdaten	Hett2_2009-07-11_10-14-49.xls
Audiodatei	Hett2\P2_10_14_49_400.wav



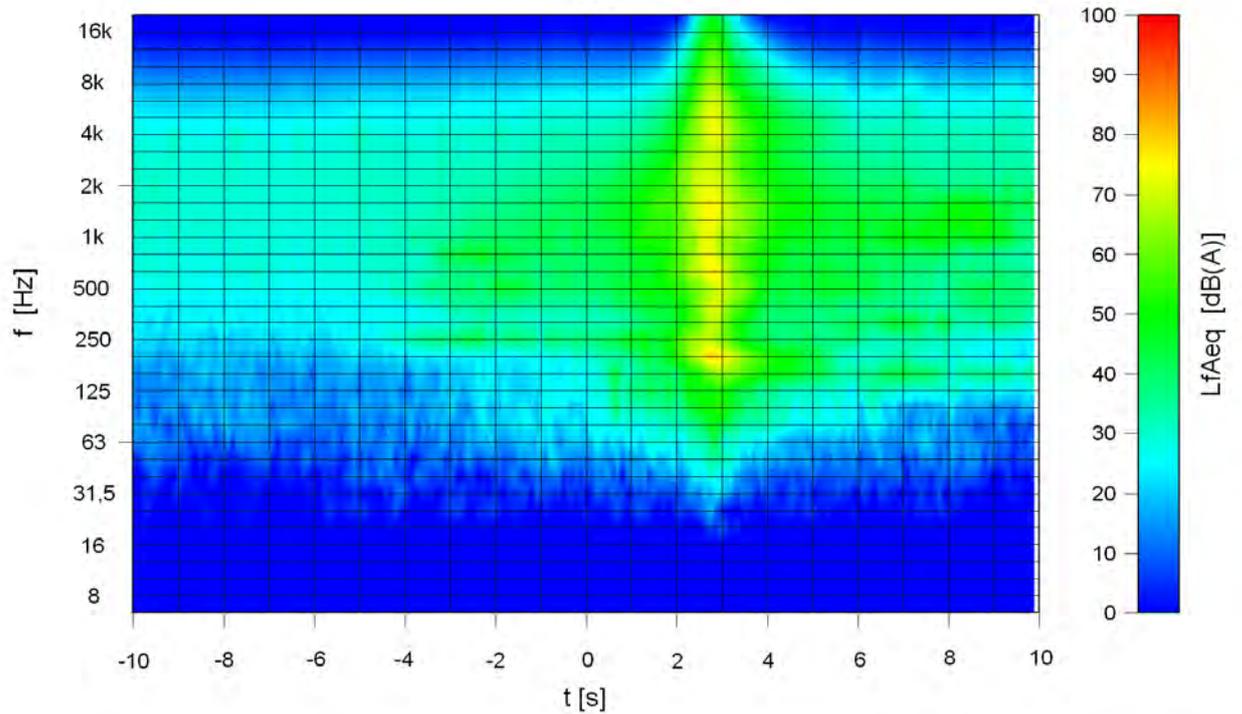
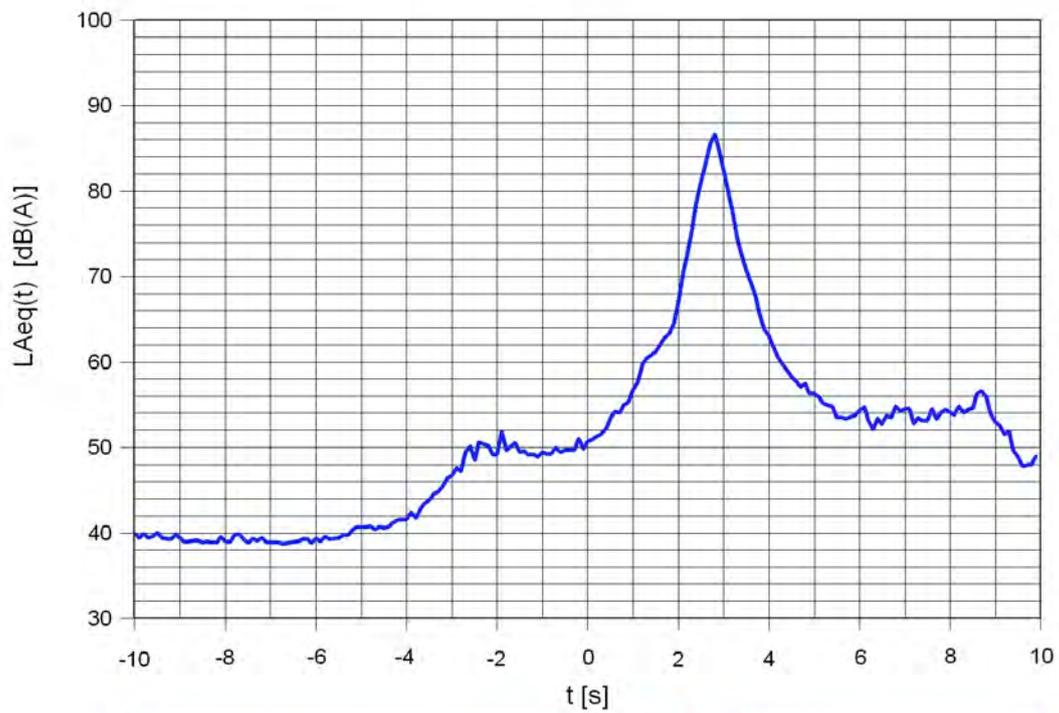
Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	113 km/h
Lm,E	40.2 dB(A)
Messpunkt	L 559 Mitte
Datum	2009-05-30
Zeit	17:41:25
Messdaten	LeoM_2009-05-30_17-41-25.xls
Audiodatei	LeoMK2_17_41_25_200.wav



Fahrzeug	Pkw
Geschwindigkeit	118 km/h
Lm,E	41.2 dB(A)
Messpunkt	L 559 Mitte
Datum	2009-05-30
Zeit	18:16:19
Messdaten	LeoM_2009-05-30_18-16-19.xls
Audiodatei	LeoMIP2_18_16_19_000.wav



Fahrzeug	Krad
Geschwindigkeit	117 km/h
Lm,E	41.1 dB(A)
Messpunkt	L 559 Mitte
Datum	2009-05-30
Zeit	18:03:52
Messdaten	LeoM_2009-05-30_18-03-52.xls
Audiodatei	LeoMK2_18_03_52_600.wav

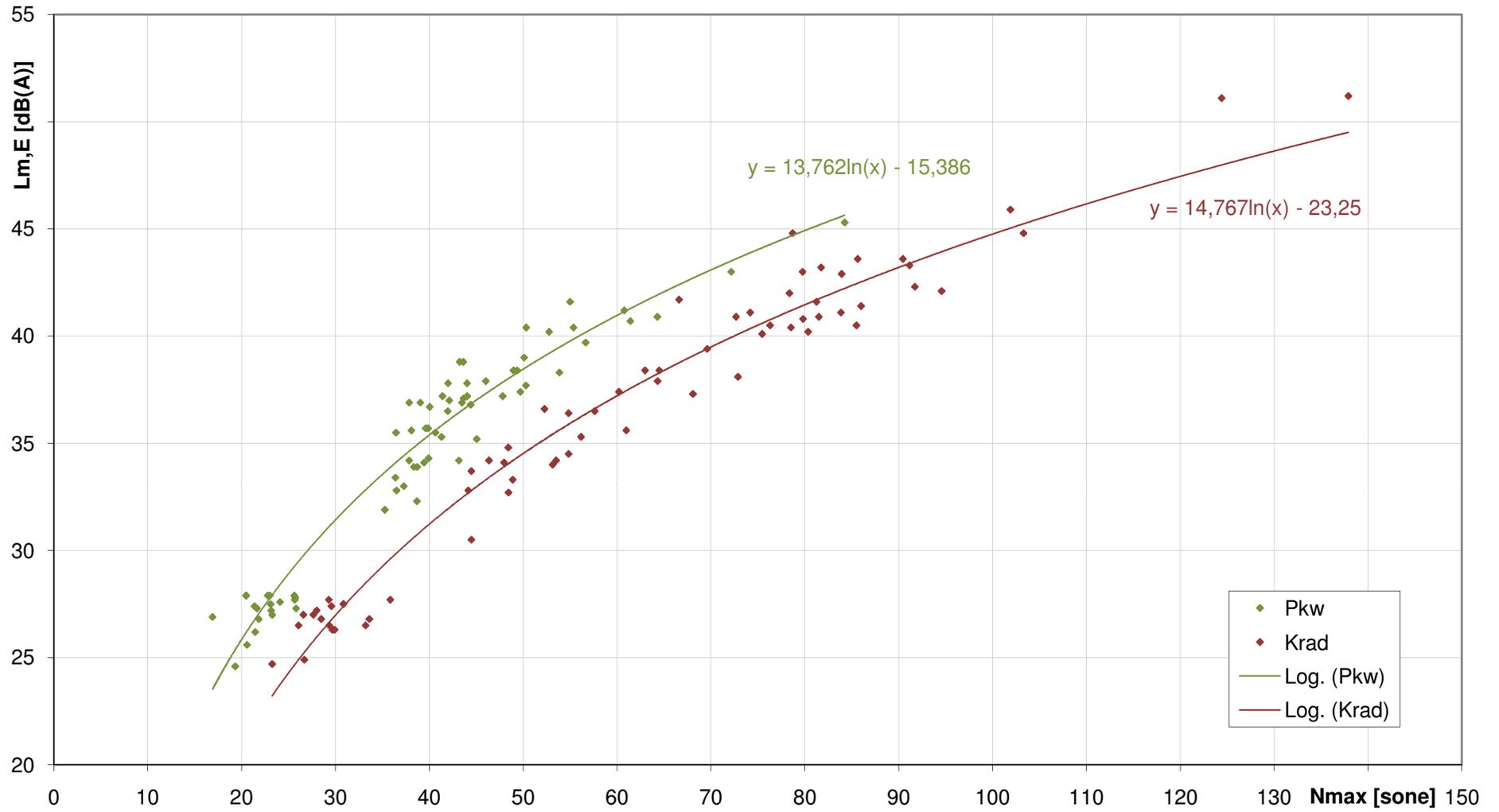


Anlage 12

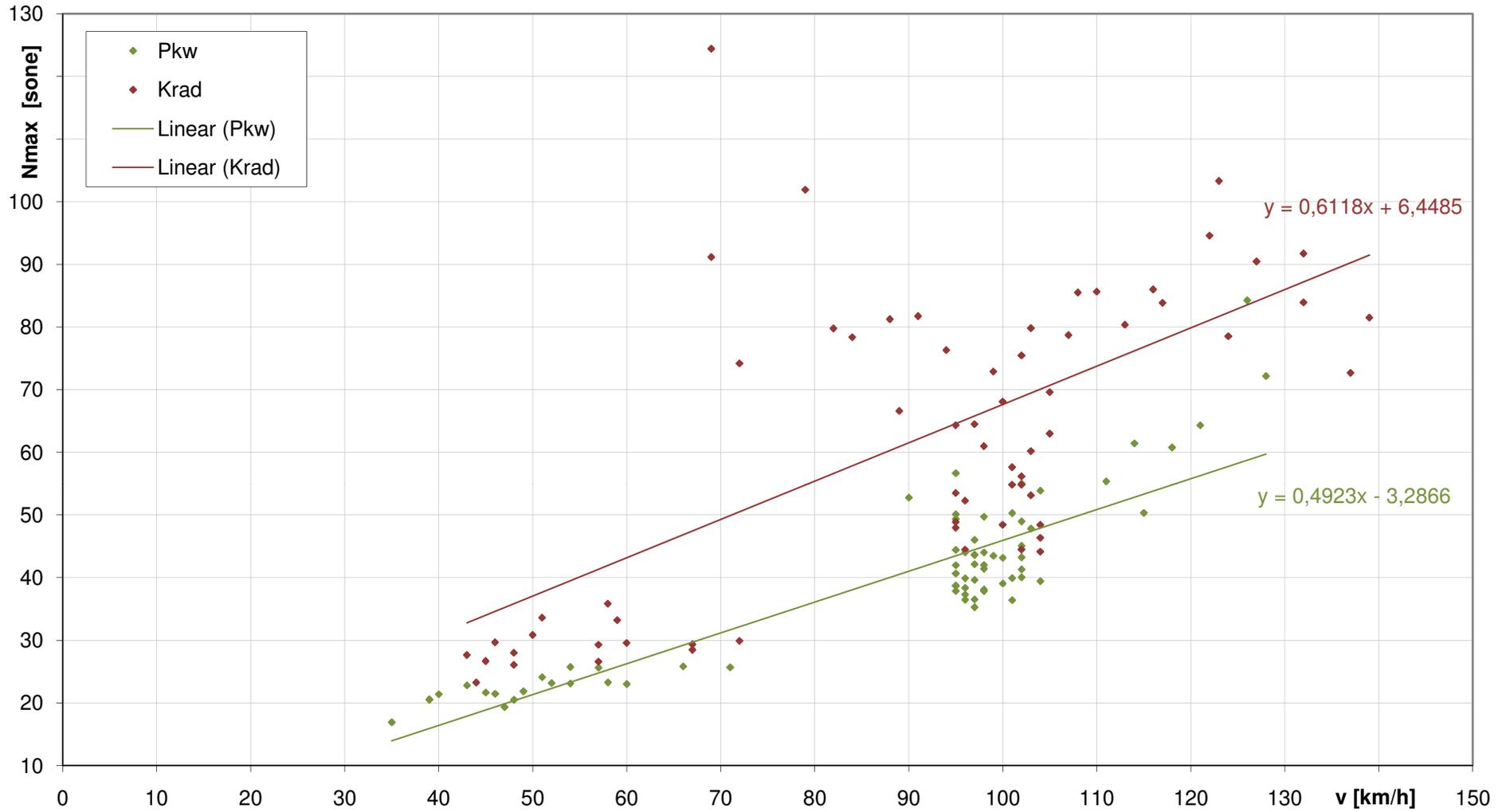
Psychoakustische Auswertungen

Anlage 12.1	Diagramm Höchstwerte der Lautheit $N_{\max}(L_{m,E})$
Anlage 12.2	Diagramm Höchstwerte der Lautheit $N_{\max}(v)$
Anlage 12.3	Diagramm 5%-Perzentile der Lautheit $N_5(L_{m,E})$
Anlage 12.4	Diagramm 5%-Perzentile der Lautheit $N_5(v)$
Anlage 12.5	Diagramm Höchstwerte der Rauigkeit $R_{\max}(L_{m,E})$
Anlage 12.6	Diagramm Höchstwerte der Rauigkeit $R_{\max}(v)$
Anlage 12.7	Diagramm Mittelwerte der Rauigkeit $R_m(L_{m,E})$
Anlage 12.8	Diagramm Mittelwerte der Rauigkeit $R_m(v)$
Anlage 12.9	Diagramm Höchstwerte der Schärfe $S_{\max}(L_{m,E})$
Anlage 12.10	Diagramm Höchstwerte der Schärfe $S_{\max}(v)$
Anlage 12.11	Diagramm Mittelwerte der Schärfe $S_m(L_{m,E})$
Anlage 12.12	Diagramm Mittelwerte der Schärfe $S_m(v)$

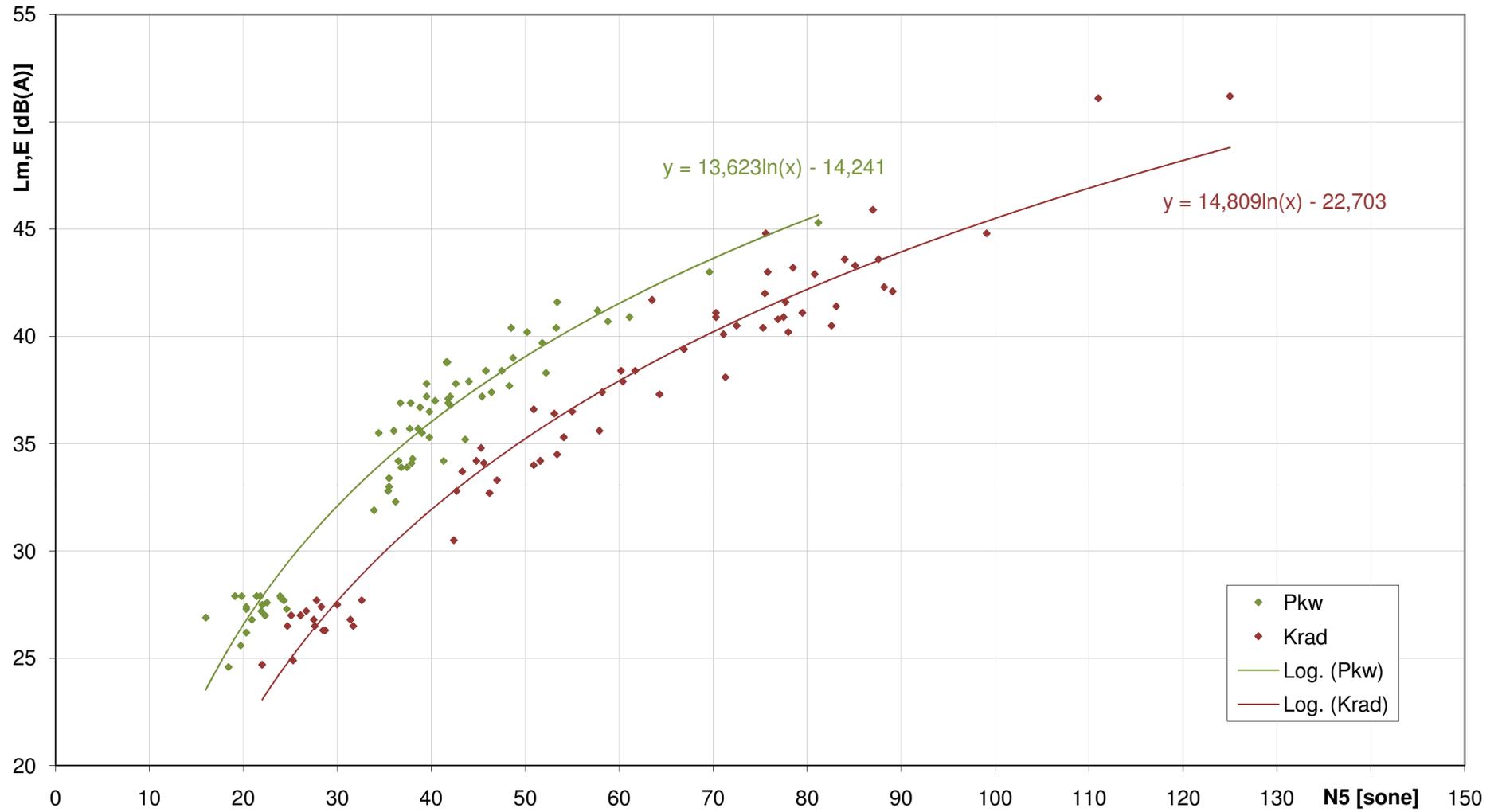
Höchstwerte der Lautheit Lm,E vs. Nmax



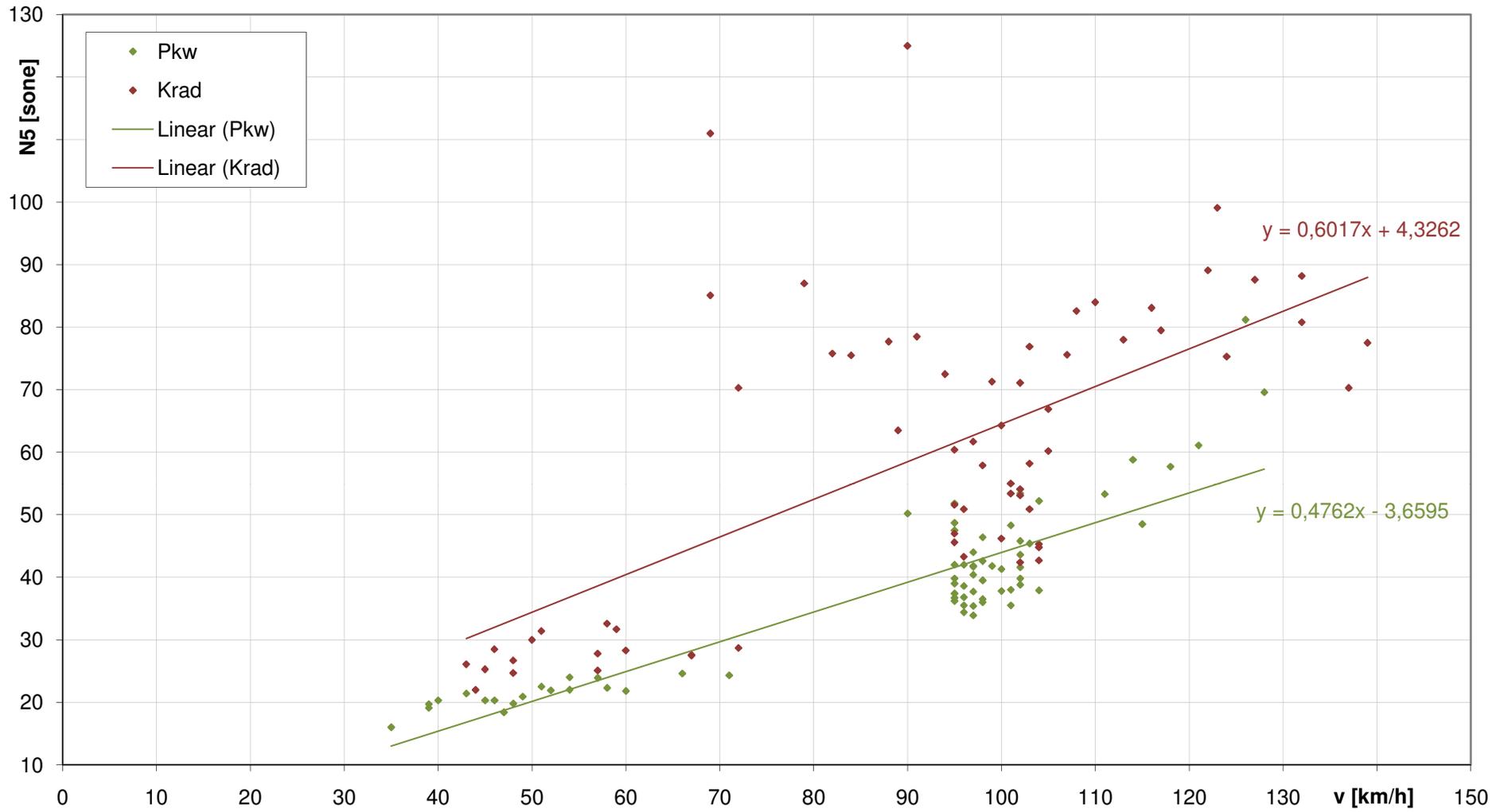
Höchstwerte der Lautheit Nmax(v)



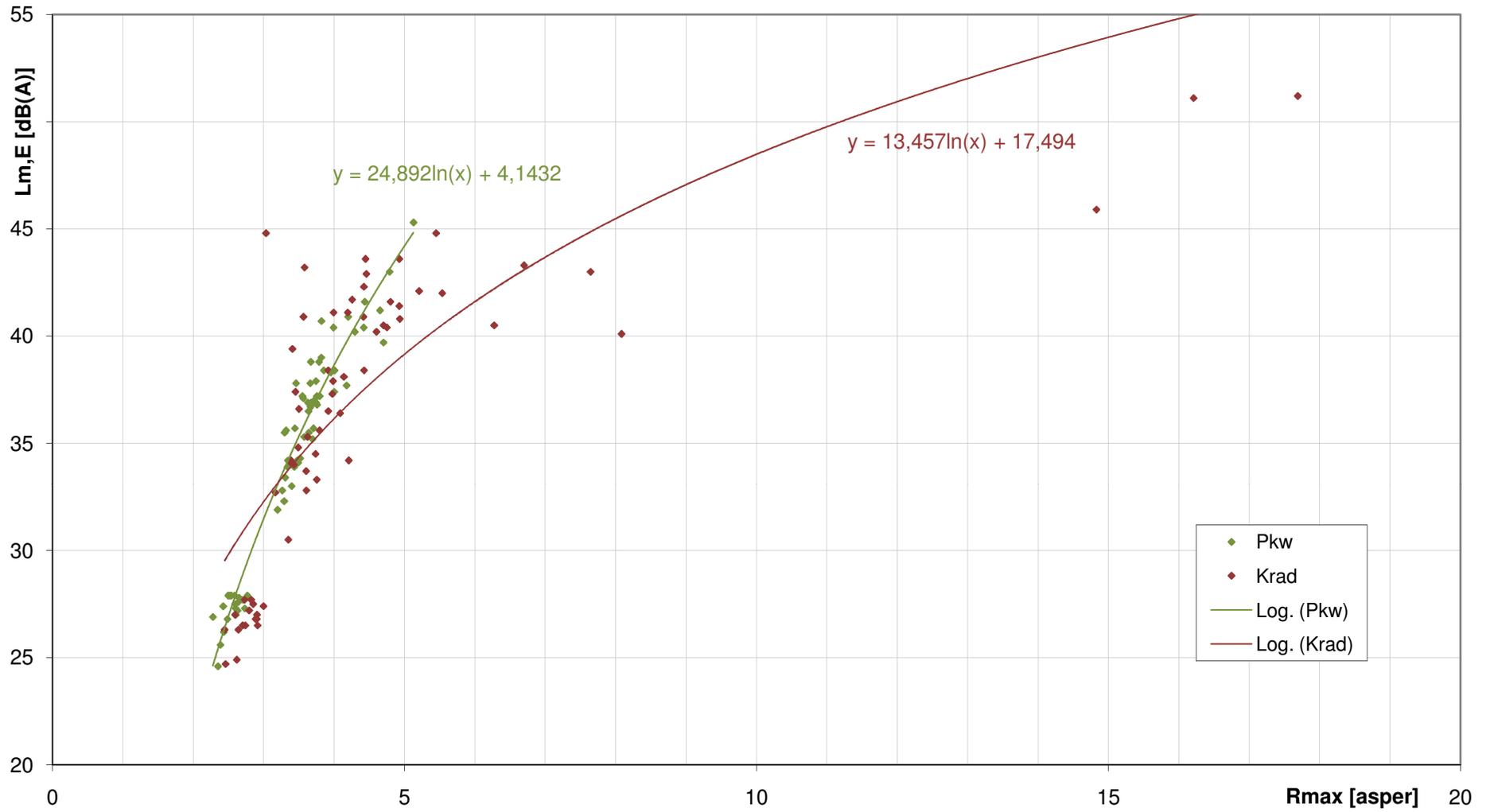
5 %-Perzentile der Lautheit Lm,E vs. N5



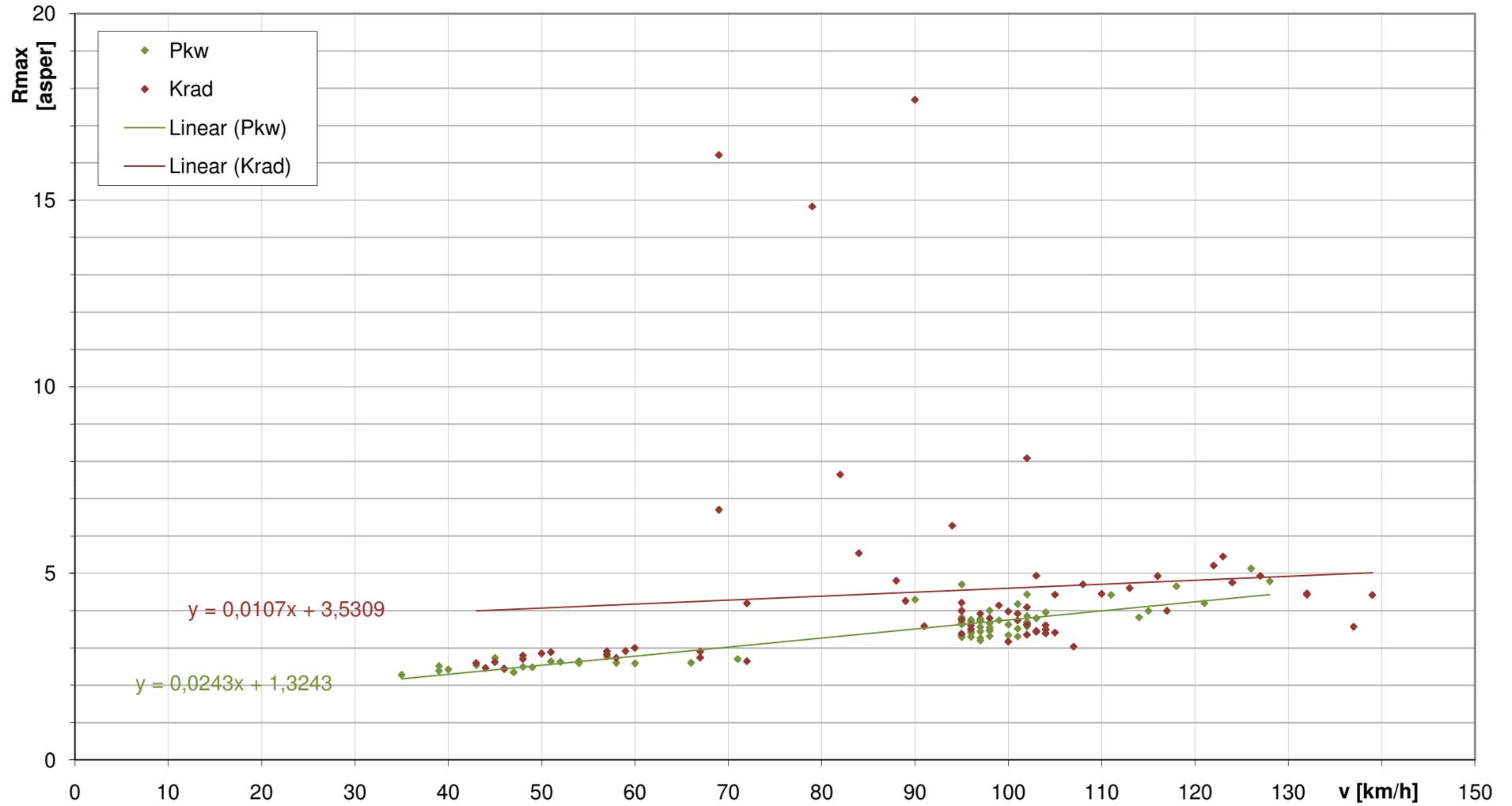
5 %-Perzentile der Lautheit N5(v)



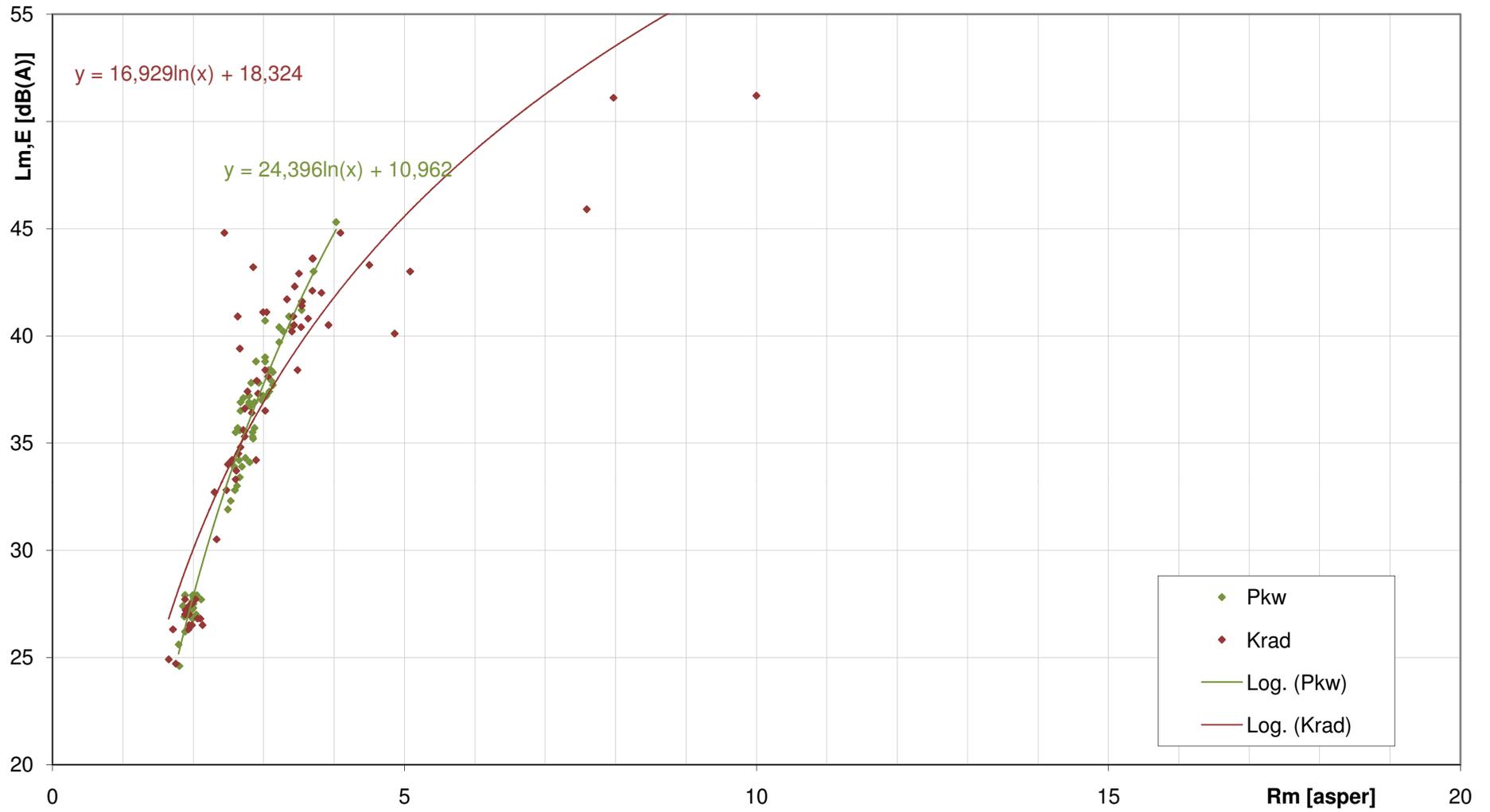
Höchstwerte der Rauigkeit Lm,E vs. Rmax



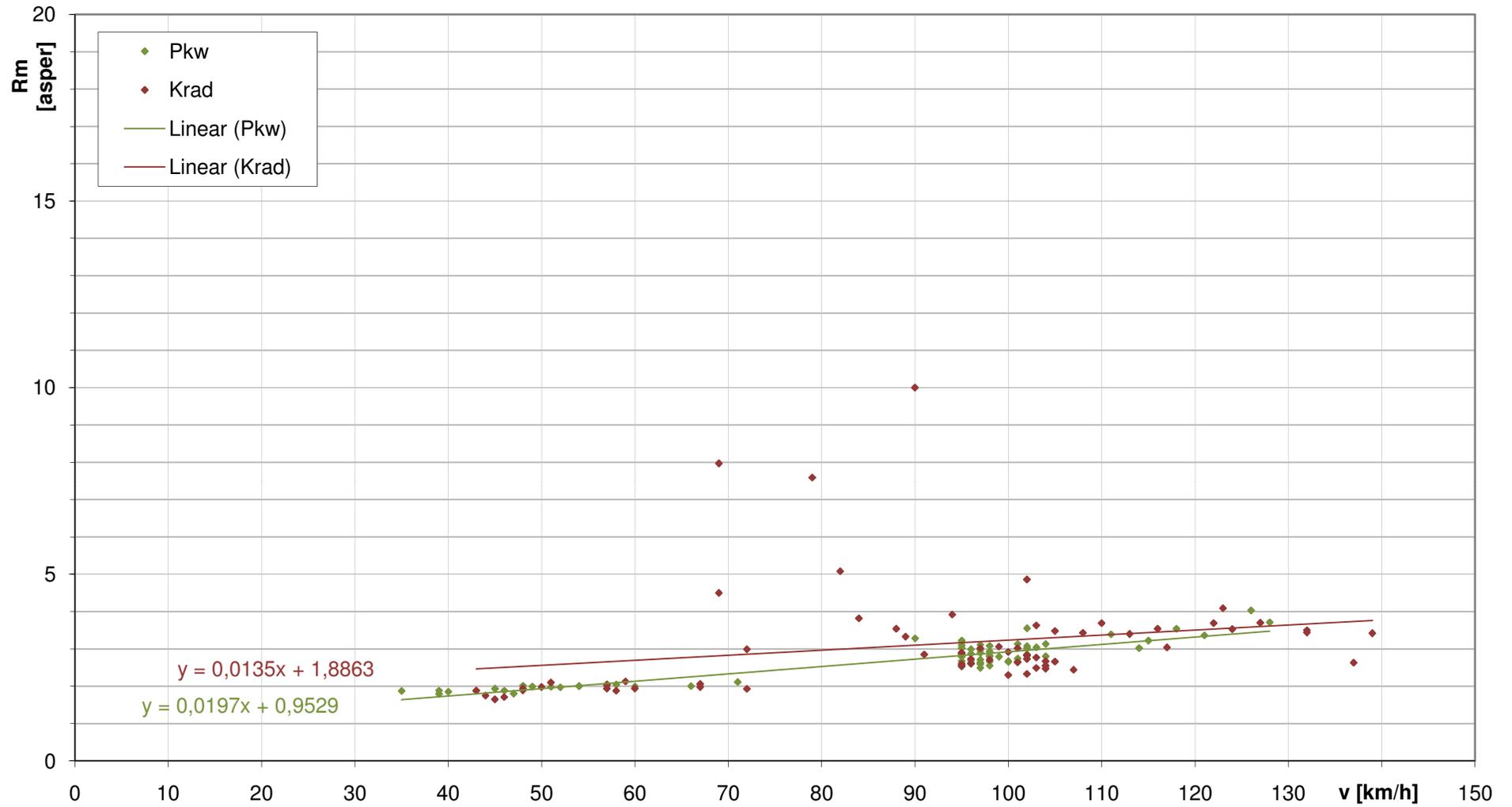
Höchstwerte der Rauigkeit Rmax(v)



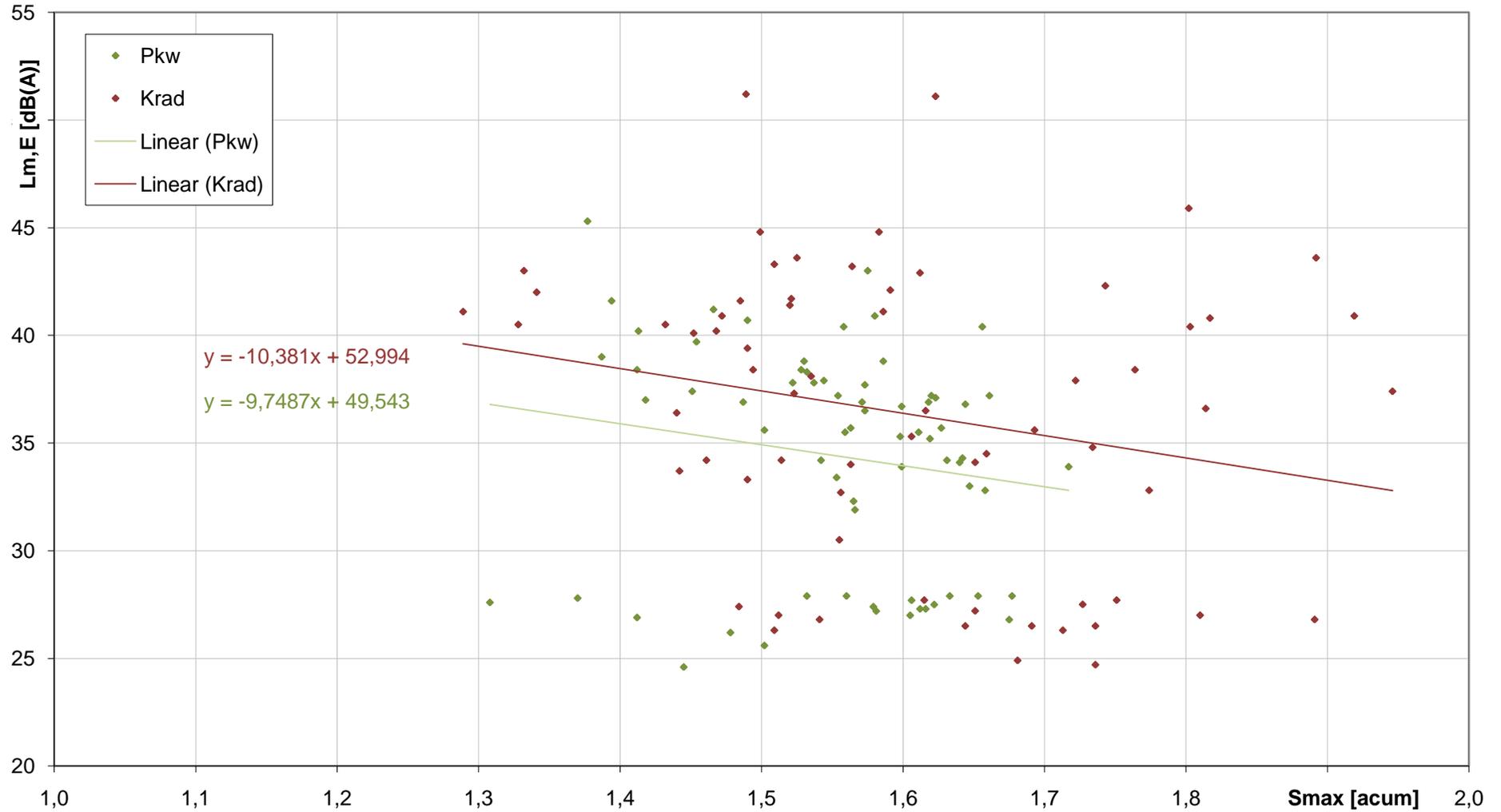
Mittelwerte der Rauigkeit Lm,E vs. Rm



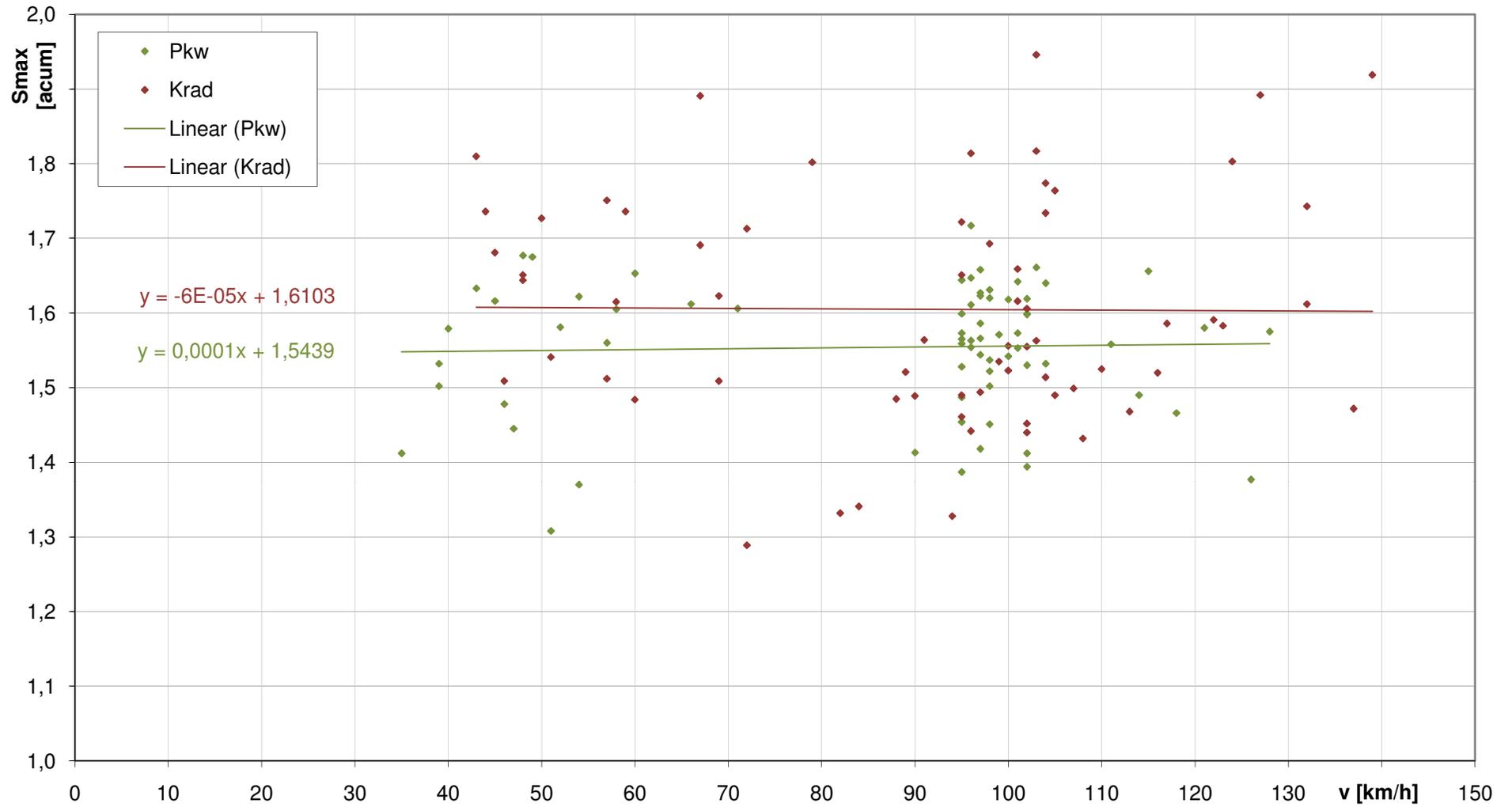
Mittelwerte der Rauigkeit Rm(v)



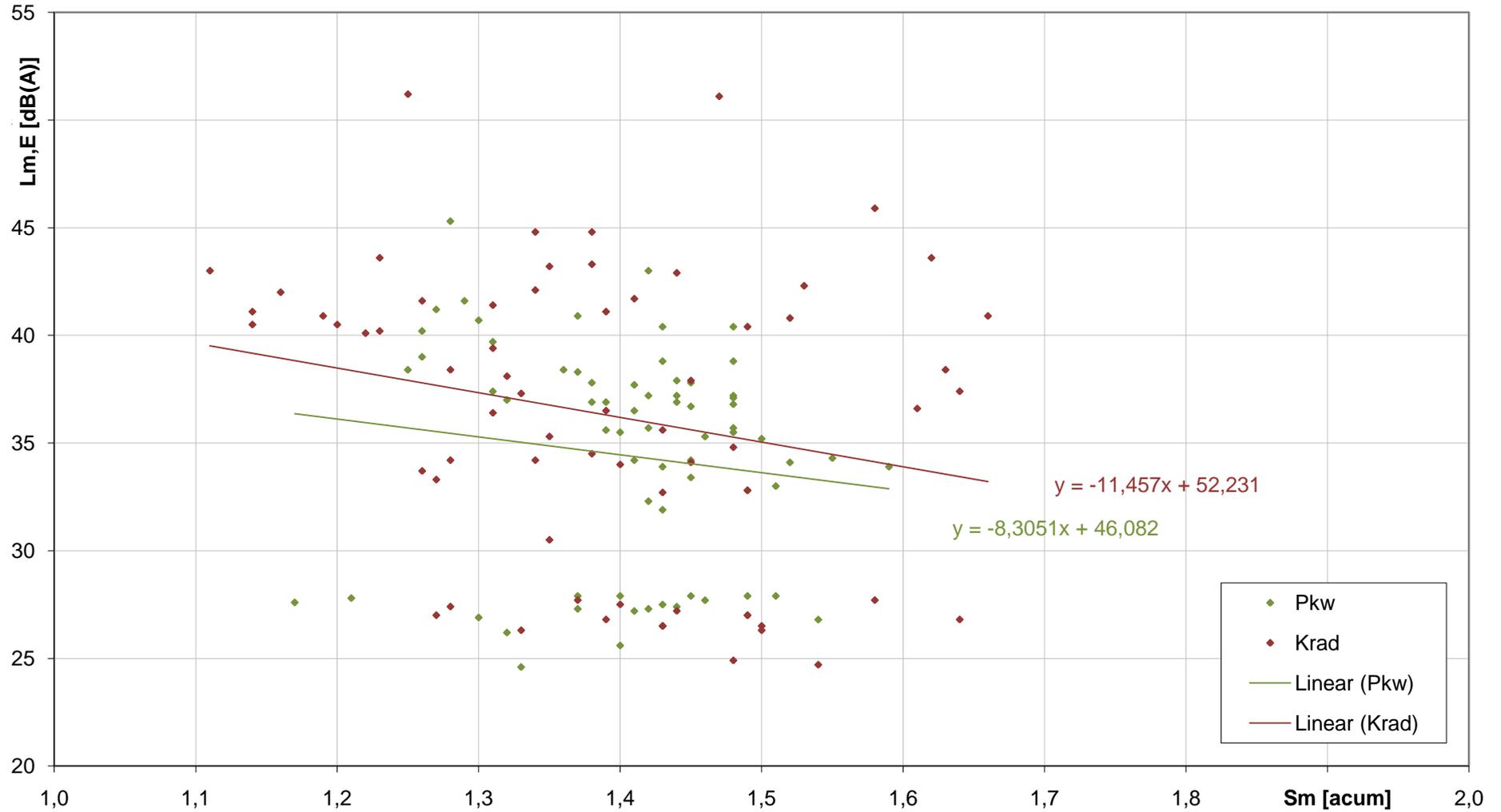
Höchstwerte der Schärfe Lm,E vs. Smax



Höchstwerte der Schärfe Smax(v)



Mittelwerte der Schärfe
Lm,E vs. Sm



Mittelwerte der Schärfe $S_m(v)$

