

Empa  
Überlandstrasse 129  
CH-8600 Dübendorf  
T +41 58 765 11 11  
F +41 58 765 11 22  
www.empa.ch



Amt für Natur und Umwelt  
Gürtelstrasse 89  
7001 Chur

## Pistolenstand Klosters – Vergleich von Messung und Berechnung mit sonARMS

Untersuchungsbericht: Empa-Nr. 5214019525  
Ihr Auftrag vom: 20. Juni 2018  
Anzahl Seiten inkl. Beilagen: 25

### Inhaltsverzeichnis

- Zusammenfassung
- 1 Ausgangslage und Auftrag
- 2 Schiesslärmmessungen vom 25. Juni 2018
- 3 Messresultate
- 4 Vergleich mit Berechnungen
- 5 Diskussion

---

Dübendorf, 29. Oktober 2018

Der Projektleiter:

Jean Marc Wunderli

Abteilung Akustik / Lärminderung

Der Abteilungsleiter:

Kurt Eggenschwiler

---

Anmerkung: Bericht und Unterlagen werden 10 Jahre archiviert.

## Zusammenfassung

Das Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden hat im Jahr 2016 einen Schiesslärmkataster für alle in Siedlungsnähe gelegenen Schiessanlagen des Kantons erstellt. Für den Pistolenstand Ganda in der Gemeinde Klosters-Serneus ergaben die Berechnungen bei einem Gebäude am Gandaweg 14, 7252 Klosters Dorf, eine Alarmwertüberschreitung. Eine Kontrollmessung, welche durch Herrn Walter Krebs vom Amt für Natur und Umwelt durchgeführt wurde, ergab jedoch massiv tiefere Pegel als in der Berechnung. Die Empa Abteilung Akustik / Lärminderung, als Entwicklerin des verwendeten Berechnungsmodells sonARMS, wurde deshalb beauftragt, beim Pistolenstand eine zweite Messung durchzuführen, die Ursachen für die Abweichungen zu untersuchen und die Arbeiten in Form eines Berichtes zu dokumentieren.

Die Messungen wurden am Nachmittag des 25. Juni 2018 durchgeführt. Der Vergleich der Messresultate mit den Berechnungen ergab bei besagtem Messpunkt eine mittlere Abweichung von 9.4 dB(A). Rund 5 dB(A) dieser Abweichung können auf eine Schwäche des verwendeten Ausbreitungsalgorithmus zurückgeführt werden. Weitere rund 3 dB(A) scheinen eine Folge des vorhandenen Sonnenstorens zu sein, welcher in dieser speziellen Ausbreitungssituation eine zusätzliche Pegelreduktion bewirkt. Die verbleibende Abweichung von rund 1 dB(A) ist möglicherweise ein Effekt der abschirmenden Balkonbrüstung auf Seiten des Empfängers. Es kann somit gefolgert werden, dass die sonARMS-Berechnungen des Jahres 2016 die wahren Immissionen systematisch überschätzt haben.

## 1 Ausgangslage und Auftrag

Das Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden hat im Jahr 2016 einen Schiesslärnkataster für alle in Siedlungsnähe gelegenen Schiessanlagen des Kantons erstellt. Der Kataster basiert auf Berechnungen mit dem Schiesslärmmodell sonARMS Version 4.0.0, welches durch die Abteilung Akustik / Lärminderung der Empa entwickelt und durch das Bundesamt für Umwelt Bafu veröffentlicht und empfohlen wird. Für den Pistolenstand Ganda in der Gemeinde Klosters-Serneus ergaben die Berechnungen bei einem Gebäude am Gandaweg 14, 7252 Klosters Dorf, einen Beurteilungspegel von 75.1 dB, was einer Alarmwertüberschreitung entspricht. In Beilage B.1 ist die entsprechende Lärmkarte mit dem Gebäude als rot markiertem Punkt eingezeichnet. Abbildung 2 in Beilage B.2 zeigt eine Photographie des betroffenen Hauses. Eine Kontrollmessung, welche durch Herrn Walter Krebs vom Amt für Natur und Umwelt durchgeführt wurde, ergab jedoch massiv tiefere Pegel als in der Berechnung (bis zu 13 dB(A) bei den Grosskaliberpistolen und sogar bis zu 18 dB(A) bei den Kleinkaliberpistolen), weshalb er die Empa als Modellentwicklerin und damit Modellverantwortliche kontaktierte.

In der Folge wurden verschiedene mögliche Ursachen für diese einmalig hohen Abweichungen zwischen Messungen und Berechnungen untersucht:

- a) Um sicher zu gehen, dass es sich nicht um fehlerhafte Emissionsdaten der während den Messungen verwendeten Waffen handelt, wurden die Messdaten, welche für die Erstellung der Quellenmodelle von sonARMS verwendet worden waren, nochmals ausgewertet und kontrolliert. Diese Ursache konnte ausgeschlossen werden.
- b) Die Berechnungen wurden mit einem aktualisierten Geländemodell (swissalti3d aus dem Jahr 2014) wiederholt und mit dem für den Lärnkataster verwendeten Datensatz des digitalen Terrainmodells DTM der Swisstopo, welches vor 2010 erstellt wurde, verglichen. Es ergaben sich namentlich im Bereich des Baches Abweichungen im Vergleich zum älteren Datensatz. Diese waren für den Ausbreitungspfad zum betroffenen Gebäude jedoch nicht massgeblich und ergaben in Vergleichsberechnungen auch lediglich Abweichungen von weniger als 1 Dezibel.
- c) Die Lärmkarte war mit einem statistischen Wetter gerechnet worden, um die Immissionen im Jahresmittel wiederzugeben. Diese mittleren Bedingungen müssen nicht unbedingt den Wetterbedingungen während der Messung entsprechen. Deshalb wurde zum einen eine Neuberechnung mit den während den Messungen durch Herrn Krebs abgeschätzten Wetterbedingungen durchgeführt, zum anderen wurde auch eine grössere Anzahl an Wetterlagen simuliert, um den generellen Weterereinfluss abzuschätzen. Die Berechnung mit den spezifisch während den Messung herrschenden Bedingungen ergab etwas tiefere Immissionen als im Jahresmittel; allerdings bei weitem nicht in dem Ausmass, um die festgestellten Differenzen zwischen Messung und Berechnung zu erklären. Generell wurde eine moderate Wettersensitivität festgestellt. So betrug die Differenz zwischen der lautesten und leisesten Wetterlage gemäss Berechnung je nach Quellenposition zwischen 2.5 und 4.4 dB(A).
- d) Ebenfalls diskutiert wurde der Einfluss des Waldes, welcher sich an der Böschung im Anschluss an das Bachbett befindet. Wie aus Abbildung 4 in Beilage B.2 zu sehen ist, ist der Baumbestand un- einheitlich, bei eher kleinen Stammthicken. Das wäre ein Hinweis auf eine reduzierte Walddämpfung. Gemäss Berechnung wird jedoch beispielsweise bei 500 Hz lediglich eine zusätzliche Pegelabnahme zwischen 2.1 und 2.3 dB(A) durch das Modell ausgewiesen. Die Walddämpfung ist somit ein möglicher Unsicherheitsfaktor in der Berechnung, jedoch keineswegs in der Lage die aufgetretenen Differenzen zu erklären.
- e) Ein weiterer Unsicherheitsfaktor und ein möglicher Grund für eine rechnerische Überschätzung findet sich beim Messpunkt selbst. Wie aus Abbildung 2 und Abbildung 3 in Beilage B.2 zu sehen ist, wurde das Messmikrofon auf der Scheibe der geschlossenen Balkontüre angebracht. Unmittelbar

davor befindet sich ein Balkon mit einer Holzbrüstung. Dabei stellt die Brüstung ein Hindernis dar, welches jedoch aufgrund der grossen Öffnungen nur eine beschränkte Abschirmung in der Größenordnung von 1 - 2 dB(A) bewirken wird. Da der Schall von schräg unten zum Mikrofon gelangt (siehe Abbildung 7 in Beilage B.3), kann auch eine Interaktion des Direktschalls, sicher aber der Bodenreflexion mit dem Balkonboden nicht ausgeschlossen werden.

Abschliessend musste aber festgestellt werden, dass die aufgetretenen Differenzen zwischen Messung und Berechnung nicht erklärt werden können. Die Empa Abteilung Akustik / Lärminderung wurde deshalb durch das Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden beauftragt, beim Pistolenstand eine zweite Messung durchzuführen, die Ursachen für die Abweichungen weiter zu untersuchen und die Arbeiten in Form eines Berichtes zu dokumentieren.

## 2 Schiesslärmmessungen vom 25. Juni 2018

Die Messungen wurden durch Walter Krebs vorbereitet und am Nachmittag des 25. Juni 2018 durchgeführt. Für die Empa waren Kurt Heutschi und Jean Marc Wunderli an den Messungen beteiligt. Es wurden Gross- und Kleinkaliberpistolen sowie eine Signalpistole der Empa als Referenzquelle geschossen. Es wurden zwei Positionen vom 50 m Stand und eine Position vom 25 m Stand geschossen. Die Serien 1 bis 11 gemäss Messprogramm in Tabelle 1 wurden mit ausgefahrenem Sonnenstoren (siehe Abbildung 5 in Beilage B.2) geschossen. Serie 12 war eine Wiederholung von Serie 5, dieses Mal jedoch mit eingefahrenem Sonnenstoren. Pro Serie wurden fünf Schuss abgegeben.

Serie	Waffe	Munition	Läger	Zeit
1	Pistole SIG 49	9 mm	50m R	13:58
2	Pistole SIG 49	7.65 mm	50m R	14:00
3	KK-Pist Hämmerli	0.22	50m R	14:03
4	Signalpistole	-	50m R	14:05
5	Pistole SIG 49	9 mm	50m L	14:09
6	Pistole SIG 49	7.65 mm	50m L	14:12
7	KK-Pist Hämmerli	0.22	50m L	14:14
8	Signalpistole	-	50m L	14:16
9	Pistole SIG 49	7.65 mm	25m M	14:21
10	KK-Pist Hämmerli	0.22	25m M	14:23
11	Signalpistole	-	25m M	14:25
12	Pistole SIG 49	9 mm	50m L	14:29

Tabelle 1: Schiessprogramm der Messung vom 25. Juni 2018

Die Ereignisse wurden an vier Standorten aufgezeichnet. Abbildung 1 zeigt die Modellierung der Messsituation in sonARMS mit der Lage der Messpunkte. E1 entspricht dem Messpunkt der früheren Messung direkt beim betroffenen Gebäude. Vor dem Gebäude wurde ein zweiter Messstandort platziert, um gebäudeseitige Einflüsse zu untersuchen. Bei diesem Messpunkt E2 wurden drei Mikrofonhöhen von 1.5, 4.0 und 6.0 m eingerichtet, um den Einfluss der Geländekante zu untersuchen. Die Abbildungen in Beilage B.3 zeigen, dass die direkte Verbindung zwischen Quelle und Mikrofon im Falle von E2u die Geländekante streift, bei E2m knapp und bei E2o etwas höher darüber hinweg läuft. Als weiterer Standort E3 wurde ein Mikrofon in

1.5 m Höhe direkt an der Geländekante mit unabgeschirmtem Blick auf die Schiessanlage platziert. An diesem Standort wurde auch eine Meteostation vom Typ Reinhardt eingerichtet, welche Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und -stärke aufzeichnete. Als vierter Messpunkt E4 wurde ein Mikrofon direkt neben dem Schiessstand eingerichtet. Die Messpunkte E1 bis E3 wurden durch die Empa betrieben, wobei Schallpegelmesser vom Typ Brüel & Kjaer 2238 sowie Harddisk-Recorder vom Typ Sound Devices 744T bzw. 702T zum Einsatz kamen. Der Referenzpunkt E4 direkt bei den Quellen wurde durch den Kanton Graubünden betrieben, wobei die Messung bzw. Aufzeichnung mit einem Schallpegelmesser vom Typ NTi XL2 erfolgte.

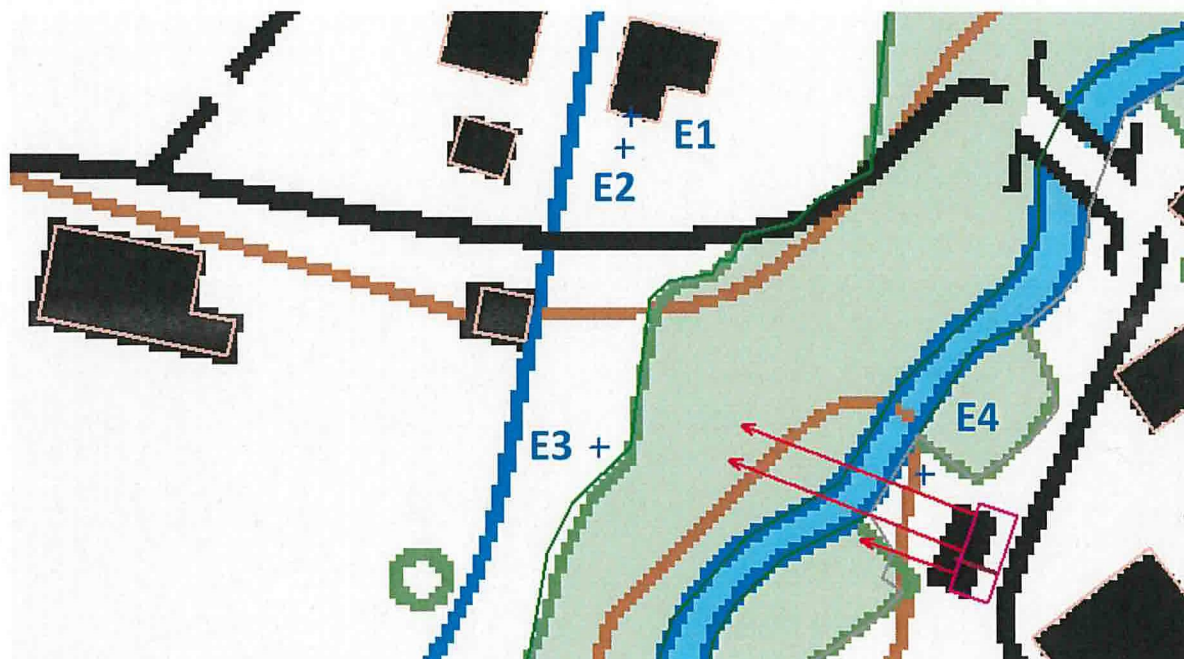


Abbildung 1: Messsituation gemäss Modellierung in sonARMS.

### 3 Messresultate

Während den Messungen, von 13:30 Uhr bis 14:30 Uhr, wurden folgende mittleren Meteobedingungen gemessen: Temperatur 16.1 °C, relative Luftfeuchtigkeit 57 %, mittlere Windgeschwindigkeit, gemessen in 4 m Höhe 1.6 m/s, Windrichtung 303° (WNW). Der Himmel war leicht bewölkt.

Eine Zusammenstellung der gemessenen A-bewerteten Maximalpegel, Zeitkonstante FAST, befindet sich in Beilage B.4. Die Maximalpegel der Messpunkte E1, E3 und E4 waren im Feld protokolliert worden; die Maximalpegel der Messpunkte E2u, E2m und E2o waren nachträglich im Labor ausgewertet worden.

### 4 Vergleich mit Berechnungen

#### 4.1 Mit sonARMS Version 4.0.0 vom 12. September 2016

Die Messsituation wurde mit sonARMS nachgerechnet, wobei die gemessenen Meteobedingungen verwendet wurden. Als Meteoklasse wurde L2 angenommen, was Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe von 2-3 m/s und sonnigen bis teilweise bewölkten Bedingungen entspricht.

In Beilage B.5 sind Messung und Berechnung pro Serie gegenübergestellt. Tabelle 2 zeigt die über alle Messserien gemittelten Abweichungen zwischen Messung und Berechnung pro Messpunkt. Wie zu erken-

nen ist, resultiert bei den Messpunkten E2u, E3 und E4 generell eine sehr gute Übereinstimmung. Bei den Messpunkten E1, E2m und E2o liegen die berechneten Pegel jedoch eindeutig zu hoch. Die Überschätzung ist zwar nicht ganz so ausgeprägt wie in den Messungen des Kantons Graubünden, die generelle Aussage wird jedoch klar bestätigt. Wie ein Vergleich mit den Geländeschnitten gemäss Beilage B.3 zeigt, treten die Pegelüberschätzungen in Situationen auf, in welchen die Sichtverbindung zwischen Quelle und Empfänger knapp nicht unterbrochen ist. Besteht eine Abschirmung wie bei Messpunkt E2u, oder ist die Sichtverbindung frei wie in E3 bzw. E4 resultiert eine sehr gute Übereinstimmung.

Messpunkt	E1	E2u	E2m	E2o	E3	E4
<b>Mittlere Abweichung</b>	9.4 dB(A)	0.1 dB(A)	7.2 dB(A)	7.7 dB(A)	-0.1 dB(A)	0.2 dB(A)

Tabelle 2: *Mittlere Abweichung über alle Messserien zwischen Messung und Berechnung mit sonARMS, Version 4.0.0.*

## 4.2 Mit sonARMS Version 4.5.X vom 31. August 2018

Die obige Feststellung, dass Abweichungen zwischen Messung und Berechnung bei einem Schalleinfall knapp über Gelände auftreten, liess vermuten, dass es sich um eine Schwäche des Ausbreitungsalgorithmus handelt. sonARMS wird aktuell überarbeitet und weiterentwickelt. Eine der Anpassungen ist, dass neu auch ein Einfluss von Hindernissen ausgewiesen wird, selbst wenn die Sichtlinie nicht unterbrochen ist. Aus diesem Grund wurden die Berechnungen mit der neuesten, allerdings noch nicht freigegebenen Version 4.5.X wiederholt. In Beilage B.6 befindet sich ein aktualisierter Vergleich zwischen Messung und Berechnung. Tabelle 3 zeigt wiederum die mittleren Abweichungen. Wie zu erkennen, ist die Übereinstimmung bei den Messpunkten E2u, E3 und E4 weiterhin sehr gut. Bei den Messpunkten E1 und E2m konnte eine deutliche Reduktion der Differenz um 5.2 bzw. 2.8 dB(A) erreicht werden. Lediglich bei Messpunkt E2o wurde keine Verbesserung erzielt.

Messpunkt	E1	E2u	E2m	E2o	E3	E4
<b>Mittlere Abweichung</b>	4.2 dB(A)	0.0 dB(A)	4.4 dB(A)	7.6 dB(A)	-0.2 dB(A)	0.4 dB(A)

Tabelle 3: *Mittlere Abweichung über alle Messserien zwischen Messung und Berechnung mit sonARMS, Version 4.5.X.*

Die Ursache für diese verbesserte Übereinstimmung ist in Beilage B.7 illustriert. Es wird dort der massgeblich für das veränderte Resultat verantwortliche spektrale Dämpfungsterm  $A_{grbar}$  dargestellt, welcher die Kombination von Hinderniswirkung und Bodeneffekt beschreibt.

## 4.3 Einfluss des Sonnenstorens

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, wurden die Messungen mit ausgefahrenem Sonnenstoren durchgeführt. Um zu prüfen, ob dieser Storen einen Einfluss auf die resultierenden Pegel hat, wurde zum Schluss der Messung eine Serie mit eingefahrenem Storen wiederholt. Diese Vermutung kam auf, da die Schallausbreitung von der Mündung relativ steil gegen oben verläuft und der Blick auf die Mündung von Messpunkt E3 durch den Sonnenstoren verdeckt war.

Tabelle 4 zeigt die mittleren Pegeldifferenzen zwischen den Serien S12 und S5. Im Bereich des Wohngebäudes bei den Messpunkten E1 und E2 wurde ein Effekt von 3 - 4 dB(A) festgestellt. So ein grosser Einfluss des Stores war durch die anwesenden Akustiker nicht erwartet worden. Ebenfalls höhere Messpegel bei Serie S12 wurden bei den näher gelegenen Messpunkten E3 und E4 gemessen. Während ein Effekt bei E3 aufgrund der erwähnten Verdeckung nachvollziehbar ist, fehlt eine Erklärung für die bei E4 festgestellte Veränderung.

Entsprechende Abschirmungen können durch sonARMS nicht berücksichtigt werden. Es ist zu bemerken, dass eine Schallabstrahlung steil gegen vorne äusserst ungewöhnlich ist und nur in stark kupiertem Gelände auftreten kann.

Messpunkt	E1	E2u	E2m	E2o	E3	E4
Differenz S12-S5	3.4 dB(A)	3.7 dB(A)	3.9 dB(A)	3.3 dB(A)	2.1 dB(A)	1.2 dB(A)

Tabelle 4: Mittlere Differenz zwischen den gemessenen Maximalpegeln der Serien 12 und 5.

## 5 Diskussion

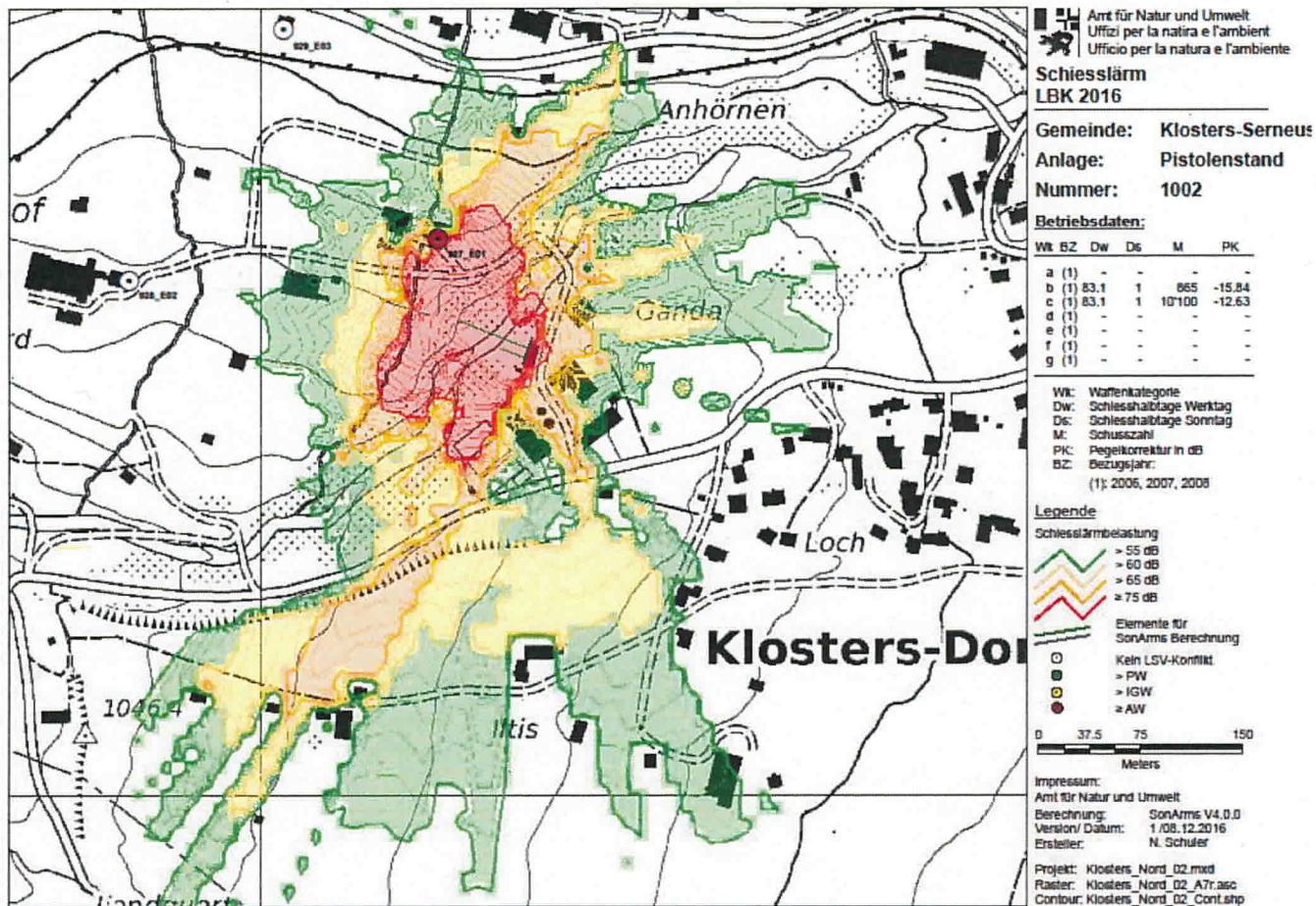
Der Vergleich der Messresultate mit den Berechnungen mit sonARMS Version 4.0.0, welches auch Grundlage des Lärmkataster war, ergab bei Messpunkt E1 eine mittlere Abweichung von 9.4 dB(A). Rund 5 dB(A) dieser Abweichung können auf eine Schwäche des verwendeten Ausbreitungsalgorithmus zurückgeführt werden. Weitere rund 3 dB(A) scheinen eine Folge des vorhandenen Sonnenstores zu sein, welcher in dieser speziellen Ausbreitungssituation eine zusätzliche Pegelreduktion bewirkt. Die verbleibende Abweichung von rund 1 dB(A) ist möglicherweise ein Effekt der abschirmenden Balkonbrüstung auf Seiten des Empfängers.

Im vorliegenden Fall kann somit gefolgert werden, dass die sonARMS-Berechnungen des Jahres 2016 die wahren Immissionen systematisch überschätzt haben.

Grundsätzlich ist noch zu erwähnen, dass sowohl Messungen als auch Berechnungen von Unsicherheiten betroffen sind. Für sonARMS wurde in der Validierung eine Standardabweichung beim Vergleich von Messung und Berechnung für Serienmittelwerte einzelner Quellen-Empfänger-Kombinationen von 4.4 dB(A) ermittelt und daraus eine mittlere Unsicherheit der ermittelten Beurteilungspegel im Bereich von 1 -2 dB abgeleitet.

## Beilagen

### B.1 Datenblatt des Schiesslärmkatasters 2016 des Kantons Graubünden





## B.2 Photographien



Abbildung 2: Wohnhaus am Gandaweg 14 in Klosters.

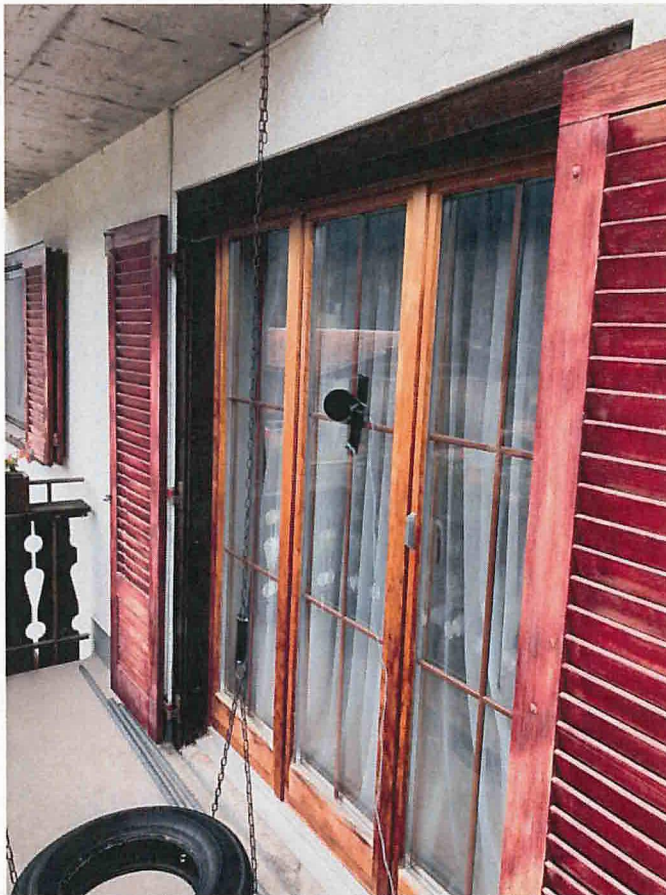


Abbildung 3: Position des Messmikrofons auf der geschlossenen Balkontüre im ersten Stock.



Abbildung 4: Blick vom Schiessstand in Richtung Wohngebäude.



Abbildung 5: Blick von der Kante bei Messpunkt E3 auf die Schiessanlage.



Abbildung 6: Seitenansicht auf Messpunkt E3 mit der Schiessanlage zur Rechten.

### B.3 Geländeschnitte

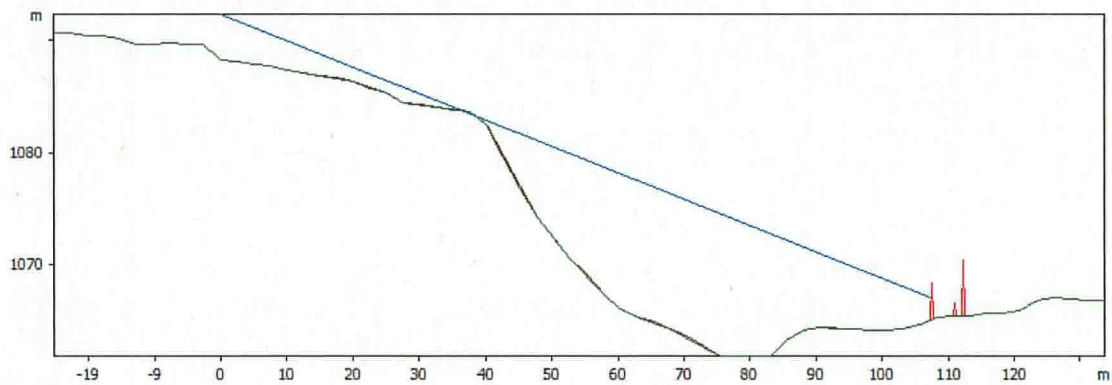


Abbildung 7: Geländeschnitt von der Mündungsposition 50mL zum Messpunkt beim Gebäude.

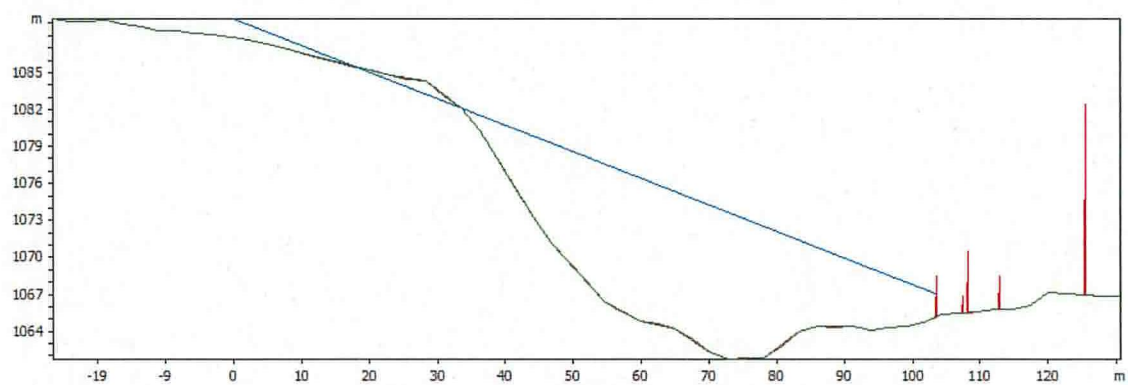


Abbildung 8: Geländeschnitt zwischen der Quellenposition 50mL und Mikrofon E2u.

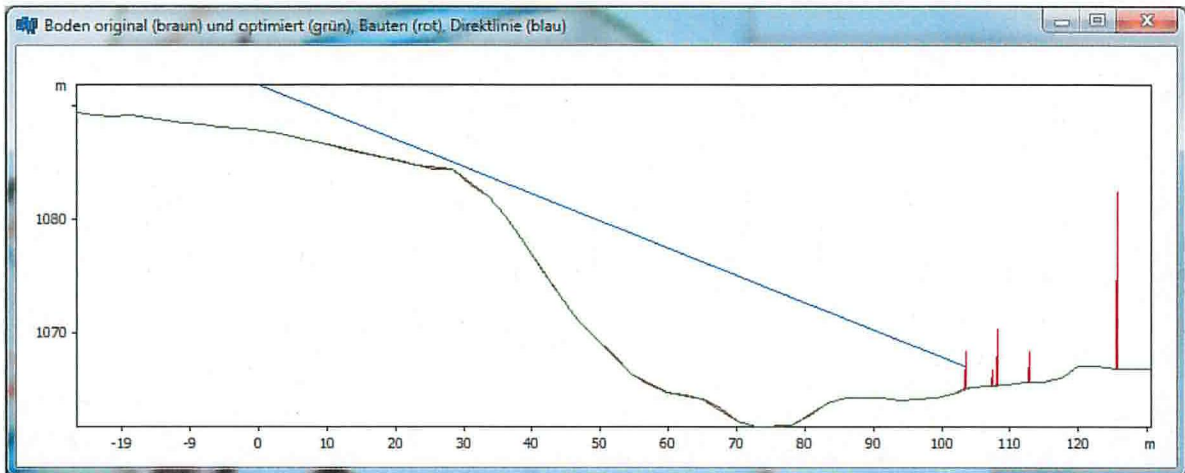


Abbildung 9: Geländeschnitt zwischen der Quellenposition 50mL und Mikrofon E2m.

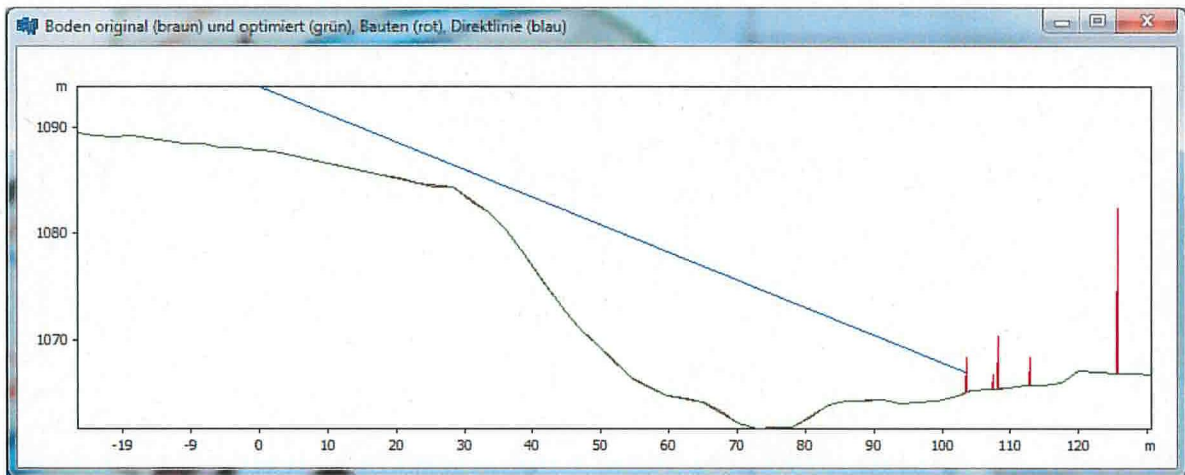


Abbildung 10: Geländeschnitt zwischen der Quellenposition 50mL und Mikrofon E2o.

### B.4 Messresultate

Messpunkt	E1	beim Haus		Mikrofon auf Fenster					
	LAFmax	noch unkorrigiert, gemäss Protokoll				-5 dB wegen Position auf Scheibe!			
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max
1	85.3	85.3	85.2	86.3	86.6	<b>80.8</b>	0.66	80.2	81.6
2	85.0	85.7	85.2	84.4	86.1	<b>80.3</b>	0.65	79.4	81.1
3	76.5	76.3	76.7	76.5	75.2	<b>71.3</b>	0.60	70.2	71.7
4	75.4	73.2	75.1	75.2	75.7	<b>70.0</b>	0.99	68.2	70.7
5	83.7	84.3	84.3	84.6	84.5	<b>79.3</b>	0.35	78.7	79.6
6	86.9	87.2	85.6	86.5	87.0	<b>81.7</b>	0.63	80.6	82.2
7	76.0	77.2	76.6	76.3	75.2	<b>71.3</b>	0.74	70.2	72.2
8	76.4		77.2	76.4	77.8	<b>72.0</b>	0.68	71.4	72.8
9	86.2	85.8	86.6	86.6	86.5	<b>81.4</b>	0.34	80.8	81.6
10	77.0	76.8	76.4	76.8	76.2	<b>71.6</b>	0.33	71.2	72.0
11	76.6	73.8	76.8	77.8	75.9	<b>71.4</b>	1.49	68.8	72.8
12	87.2	87.8	87.9	87.4	88.3	<b>82.7</b>	0.43	82.2	83.3

Messpunkt	E2u	freistehend, in der Nähe des Hauses					Höhe 1.5 m			
LAFmax										
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max	
1	80.1	81.2	81.0	81.7	81.5	<b>81.1</b>	0.61	80.1	81.7	
2	80.6	80.5	81.5	81.4	80.6	<b>80.9</b>	0.49	80.5	81.5	
3	72.1		71.2	70.4	70.5	<b>71.1</b>	0.81	70.4	72.1	
4	69.8	69.2	69.9	70.1	71.1	<b>70.0</b>	0.69	69.2	71.1	
5	77.5	77.5	77.5	79.1	79.2	<b>78.2</b>	0.89	77.5	79.2	
6	80.5	80.9	80.0	79.6	81.3	<b>80.5</b>	0.66	79.6	81.3	
7	71.6		70.0	70.8	70.6	<b>70.8</b>	0.68	70.0	71.6	
8	71.2		70.0	70.9	72.3	<b>71.1</b>	0.95	70.0	72.3	
9	79.7	79.6	80.4	79.7	79.5	<b>79.8</b>	0.34	79.5	80.4	
10	70.1	70.6	70.3	69.9	70.7	<b>70.4</b>	0.34	69.9	70.7	
11	56.1		68.8	70.0	69.3	<b>68.2</b>	6.66	56.1	70.0	
12	81.2	81.6	82.3	82.1	82.4	<b>81.9</b>	0.53	81.2	82.4	

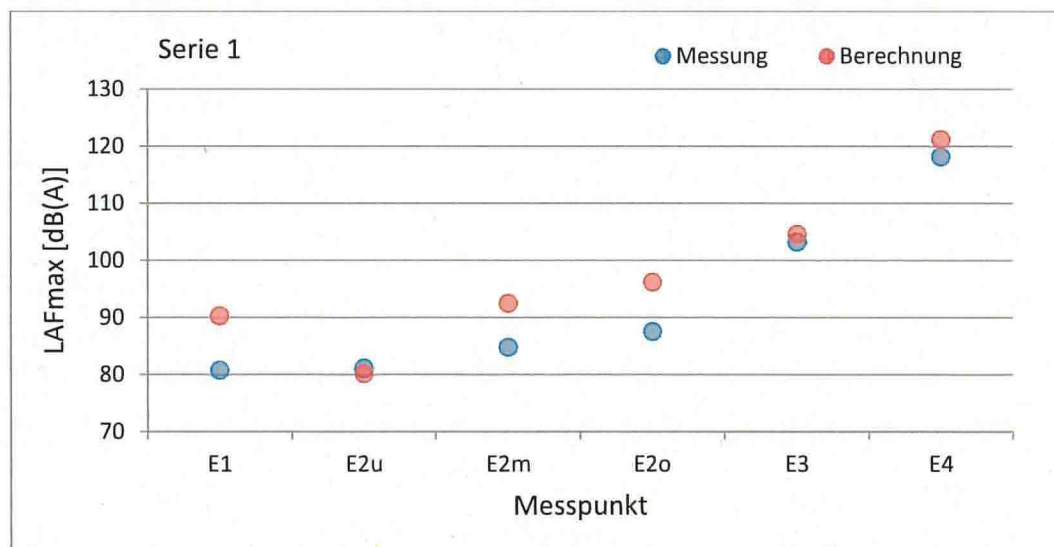
Messpunkt	E2m	freistehend, in der Nähe des Hauses					Höhe 4.0 m			
LAFmax										
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max	
1	83.9	85.2	84.8	84.5	85.4	<b>84.8</b>	0.61	83.9	85.4	
2	84.6	83.8	84.9	84.9	84.9	<b>84.7</b>	0.47	83.8	84.9	
3	74.8	74.6	75.0	74.7	75.2	<b>74.9</b>	0.23	74.6	75.2	
4	74.3	73.3	73.4	74.1	74.7	<b>74.0</b>	0.59	73.3	74.7	
5	83.1	83.8	83.3	84.1	84.3	<b>83.7</b>	0.52	83.1	84.3	
6	85.5	86.2	85.6	84.9	86.3	<b>85.7</b>	0.59	84.9	86.3	
7	76.2	76.3	76.0	76.6	76.2	<b>76.3</b>	0.22	76.0	76.6	
8	76.0	76.2	76.5	76.0	77.2	<b>76.4</b>	0.52	76.0	77.2	
9	85.6	85.9	85.9	86.1	84.9	<b>85.7</b>	0.45	84.9	86.1	
10	77.2	76.8	76.5	76.5	77.1	<b>76.9</b>	0.35	76.5	77.2	
11	76.8	74.4	75.0	77.0	74.7	<b>75.7</b>	1.21	74.4	77.0	
12	86.5	87.8	87.4	88.1	88.1	<b>87.6</b>	0.66	86.5	88.1	

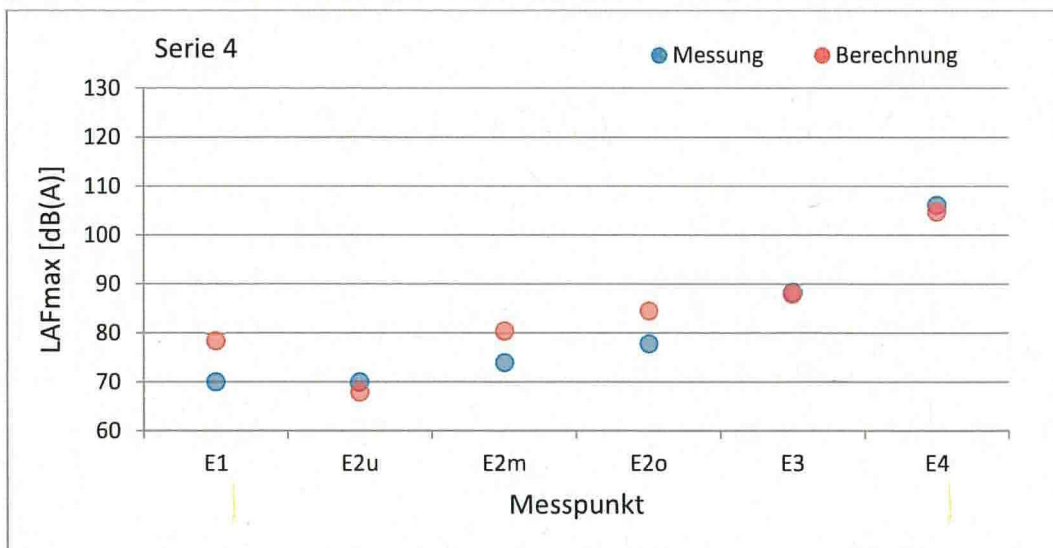
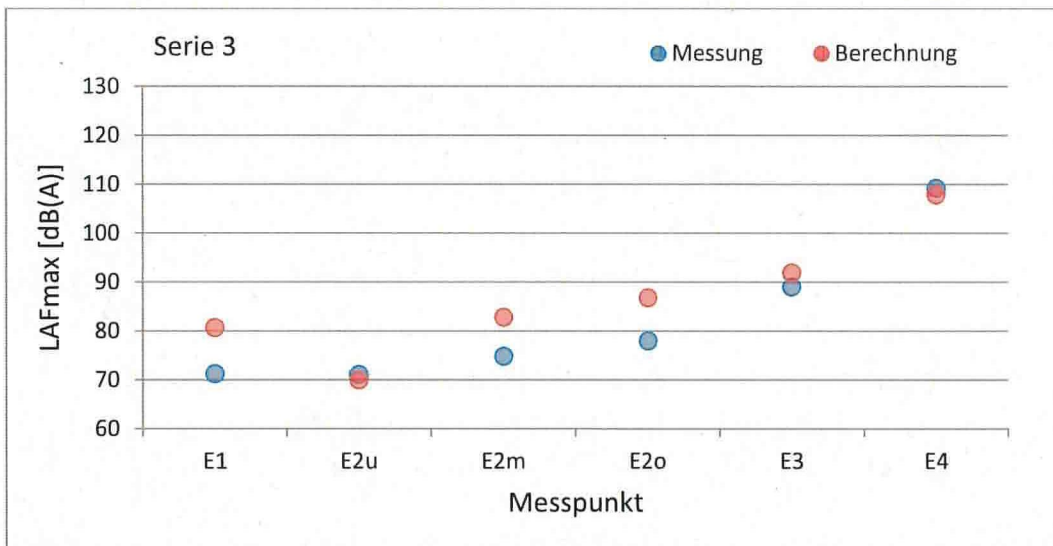
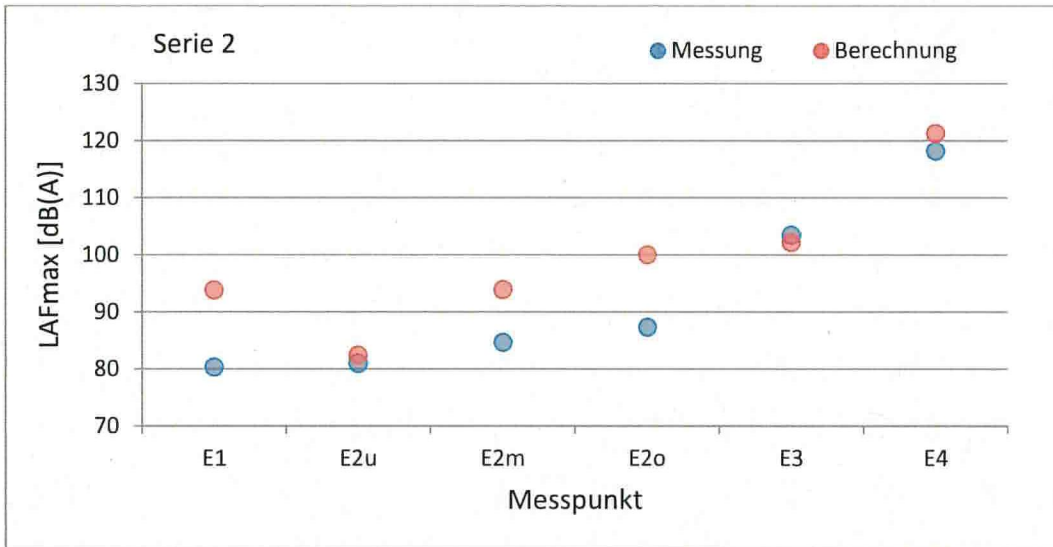
Messpunkt	E2o	freistehend, in der Nähe des Hauses					Höhe 6.0 m			
LAFmax										
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max	
1	86.4	87.9	87.5	87.6	88.1	<b>87.6</b>	0.65	86.4	88.1	
2	87.5	87.6	86.9	87.2	87.4	<b>87.3</b>	0.25	86.9	87.6	
3	79.5	77.0	78.1	78.1	76.6	<b>78.0</b>	1.15	76.6	79.5	
4	77.6	77.7	78.2	77.4	78.2	<b>77.8</b>	0.36	77.4	78.2	
5	86.8	86.8	86.9	87.9	88.1	<b>87.3</b>	0.64	86.8	88.1	
6	88.8	88.8	87.3	89.3	88.1	<b>88.5</b>	0.76	87.3	89.3	
7	80.2	80.1	79.6	79.9	80.0	<b>80.0</b>	0.23	79.6	80.2	
8	80.6	80.3	79.4	80.0	80.9	<b>80.3</b>	0.60	79.4	80.9	
9	88.7	89.0	89.9	89.4	88.0	<b>89.1</b>	0.73	88.0	89.9	
10	80.0	80.1	80.4	80.0	80.8	<b>80.3</b>	0.32	80.0	80.8	
11	80.0	77.9	79.5	79.7	78.3	<b>79.1</b>	0.92	77.9	80.0	
12	90.2	89.9	90.3	91.0	91.5	<b>90.6</b>	0.65	89.9	91.5	

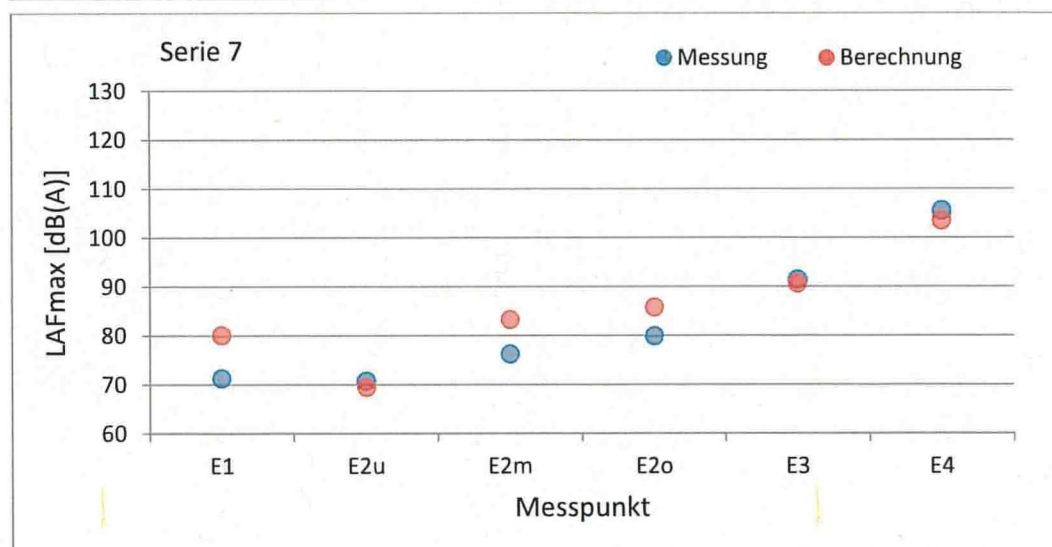
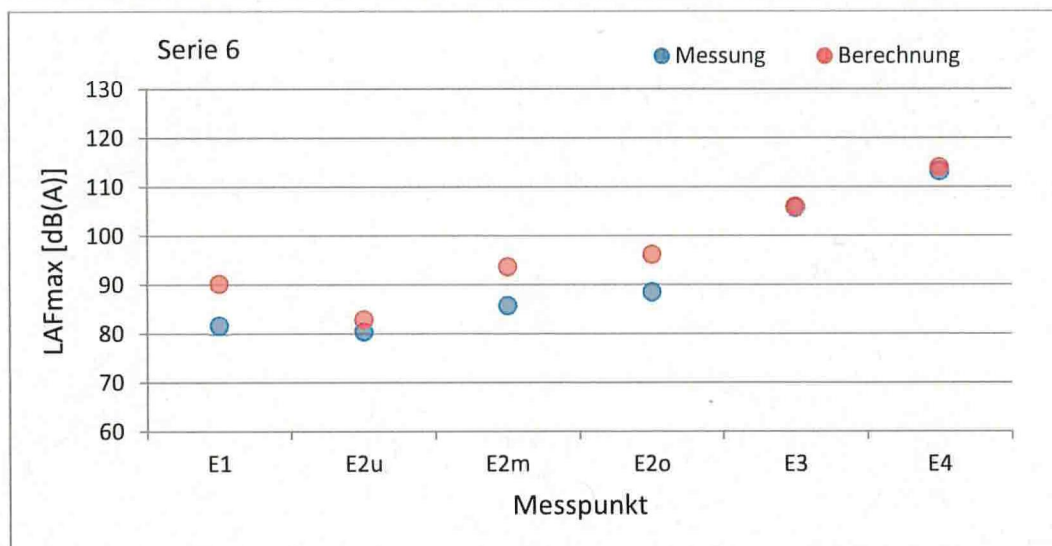
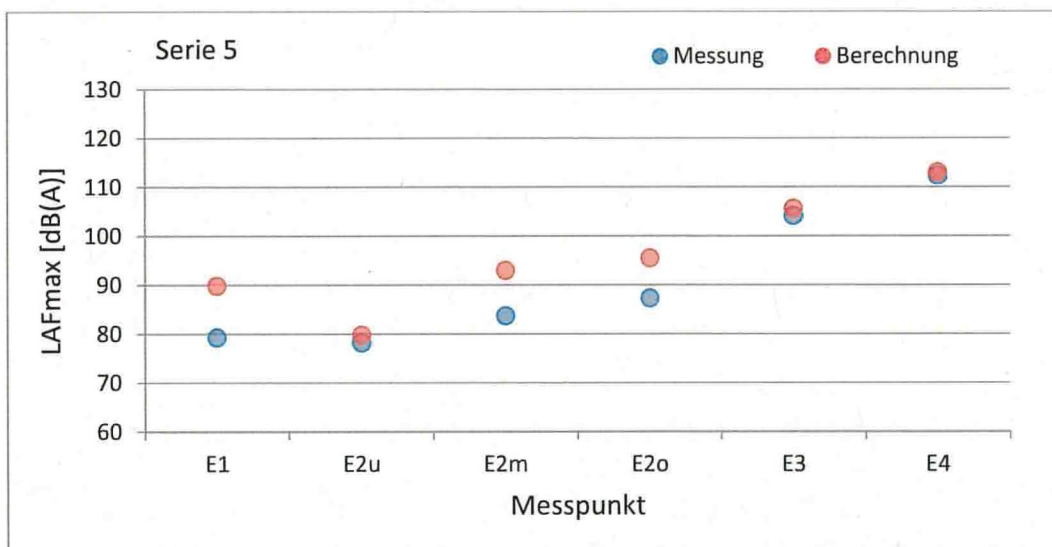
Messpunkt	E3		an der Krette			Höhe 1.5 m				
	LAFmax									
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max	
1	103.1	105.1	101.7	102.3	103.3	<b>103.3</b>	1.29	101.7	105.1	
2	103.4	102.8	104.4	103.0	103.7	<b>103.5</b>	0.63	102.8	104.4	
3	86.3	87.1	90.8	90.0	89.5	<b>89.1</b>	1.94	86.3	90.8	
4	88.1	89.9	87.1	87.0	89.0	<b>88.4</b>	1.24	87.0	89.9	
5	104.0	104.0	99.8	106.5	104.2	<b>104.2</b>	2.42	99.8	106.5	
6	104.0	107.0	104.6	105.8	106.8	<b>105.8</b>	1.32	104.0	107.0	
7	89.5	92.1	91.0	92.1	92.0	<b>91.4</b>	1.13	89.5	92.1	
8	87.9	90.7	90.0	88.6	90.9	<b>89.8</b>	1.32	87.9	90.9	
9	100.8	101.3	97.8	97.9	101.5	<b>100.2</b>	1.85	97.8	101.5	
10	90.4	91.2	90.3	91.7	90.5	<b>90.9</b>	0.61	90.3	91.7	
11	90.8	85.9	87.7	89.0	87.4	<b>88.5</b>	1.84	85.9	90.8	
12	105.7	106.5	105.7	107.3	105.9	<b>106.3</b>	0.69	105.7	107.3	

Messpunkt	E4		Referenzpunkt beim Schützenhaus			Höhe 1.5 m				
	LAFmax									
Serie	1	2	3	4	5	EMW	Stabw	Min	Max	
1	117.1	119.0	117.9	118.5	118.2	<b>118.2</b>	0.71	117.1	119.0	
2	118.7	118.3	117.5	118.1	118.4	<b>118.2</b>	0.45	117.5	118.7	
3	109.4	108.5	109.4	109.5	109.2	<b>109.2</b>	0.41	108.5	109.5	
4	106.2	105.3	105.7	106.0	107.2	<b>106.1</b>	0.71	105.3	107.2	
5	112.3	112.3	112.5	112.2	112.6	<b>112.4</b>	0.16	112.2	112.6	
6	113.6	113.1	113.2	113.1	113.2	<b>113.2</b>	0.21	113.1	113.6	
7	105.7	105.7	105.4	105.8	105.5	<b>105.6</b>	0.16	105.4	105.8	
8	104.9	105.4	105.2	104.4	105.4	<b>105.1</b>	0.42	104.4	105.4	
9	109.9	110.2	109.9	109.8	110.0	<b>110.0</b>	0.15	109.8	110.2	
10	101.3	100.9	101.5	101.1	102.1	<b>101.4</b>	0.46	100.9	102.1	
11	102.7	100.5	102.4	102.1	102.0	<b>102.0</b>	0.85	100.5	102.7	
12	113.7	113.9	113.8	113.3	113.4	<b>113.6</b>	0.26	113.3	113.9	

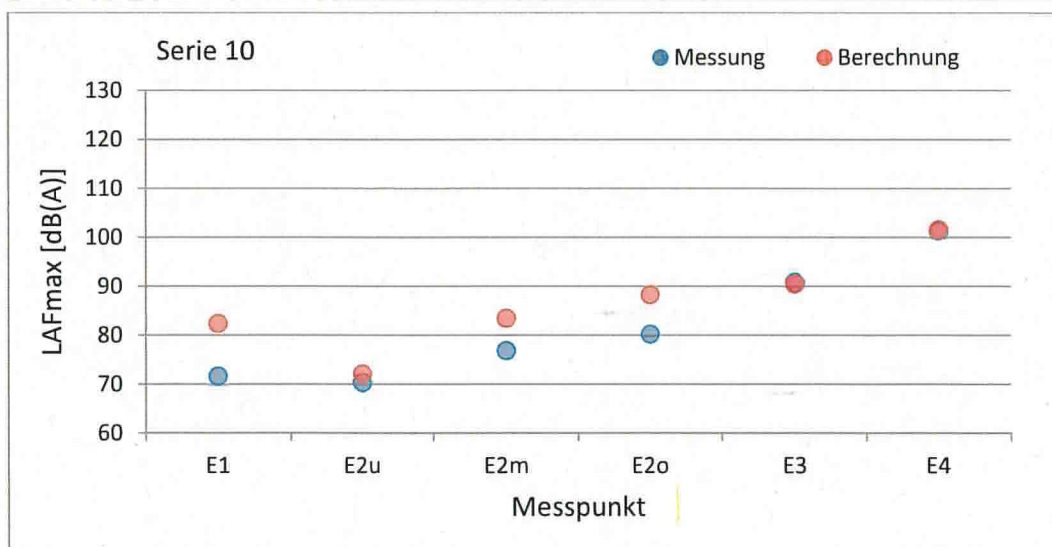
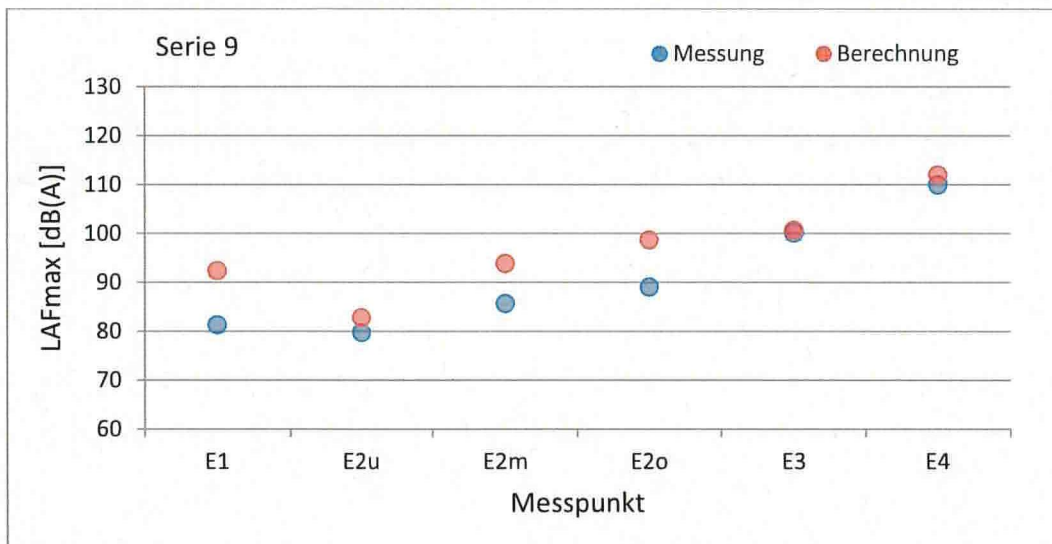
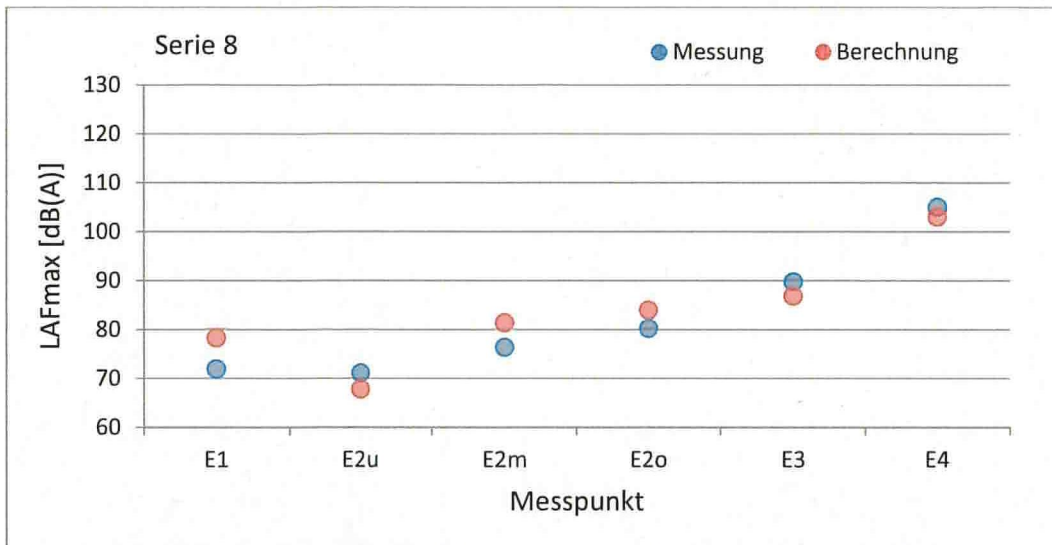
**B.5 Vergleich Messung und Berechnung, sonARMS Version 4.0.0**

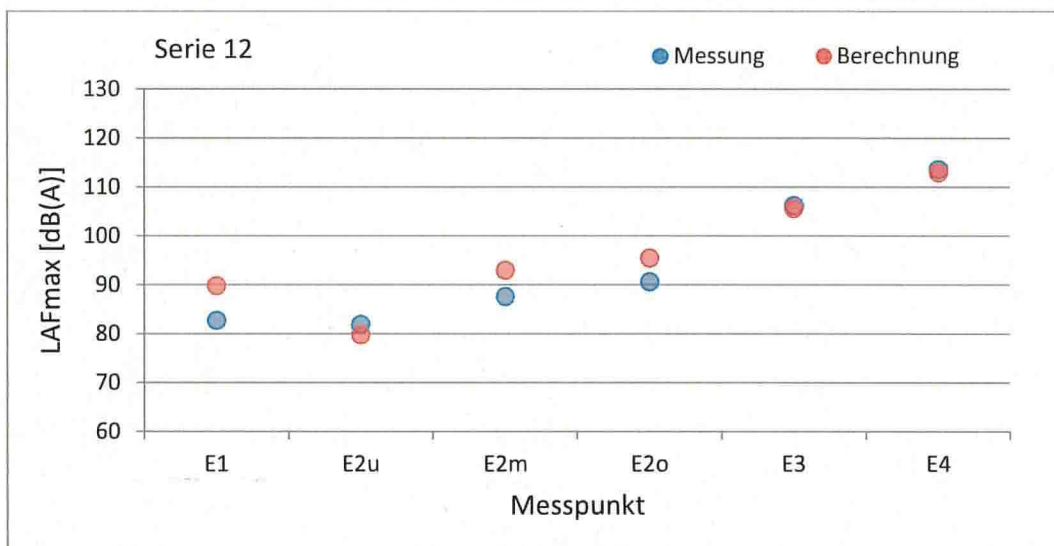
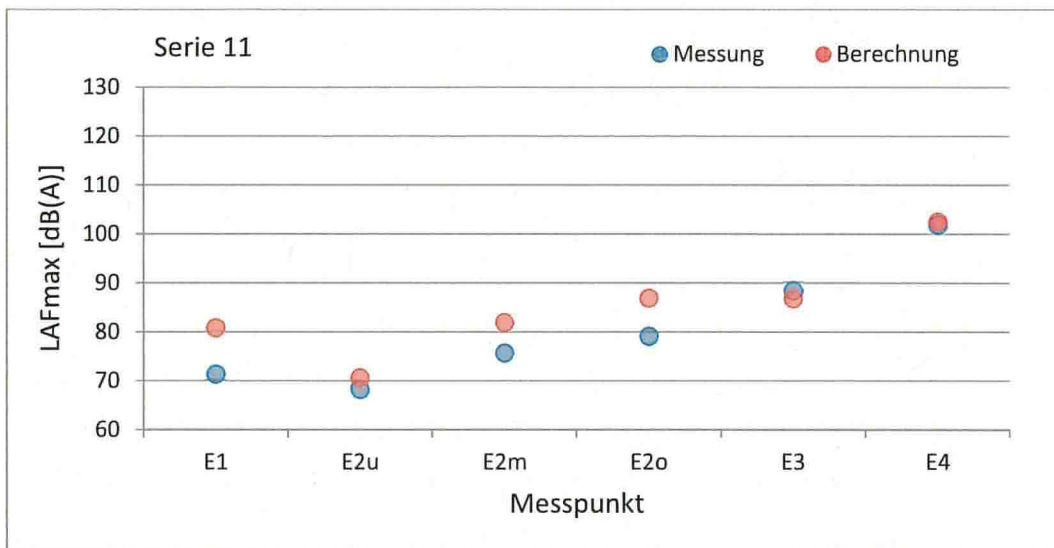




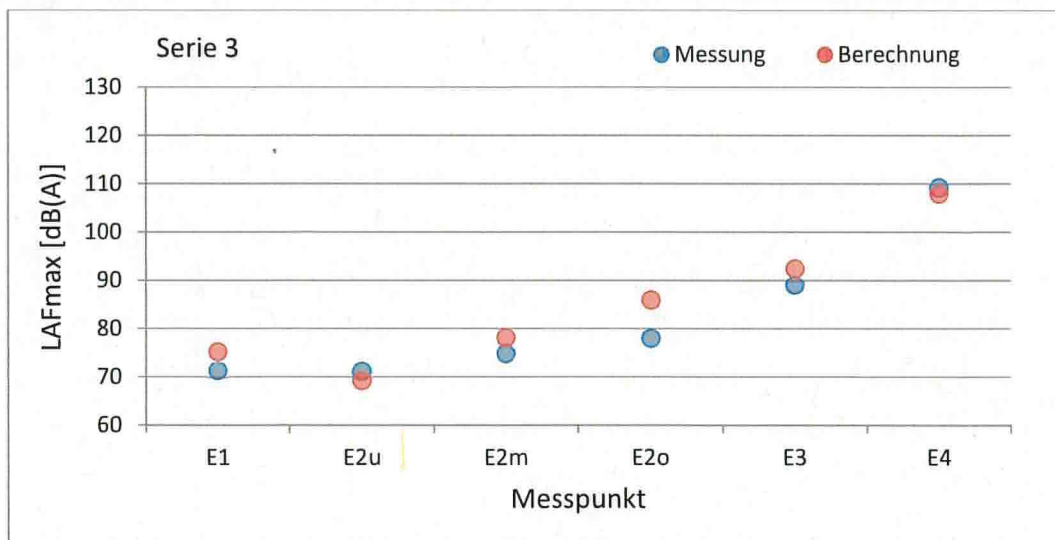
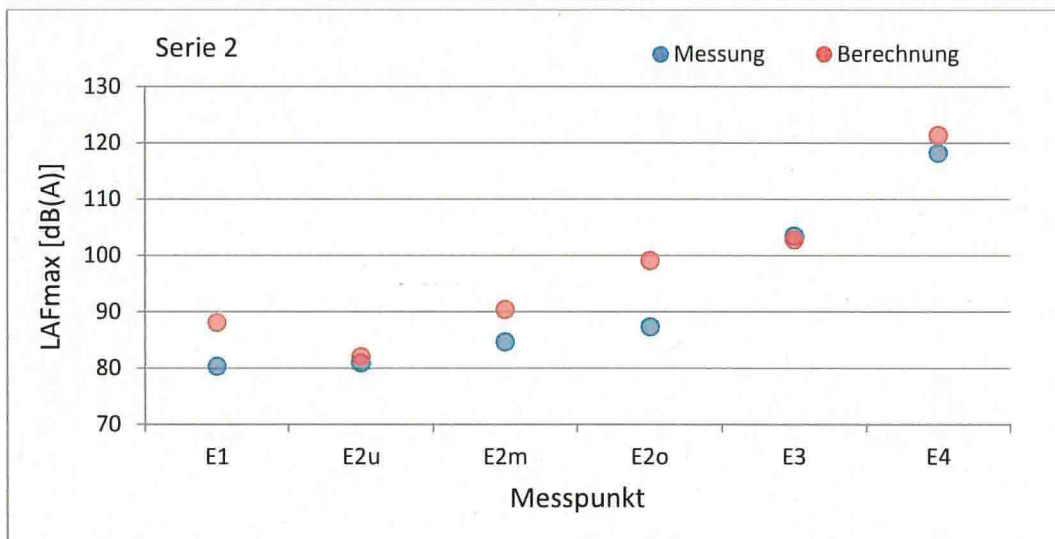
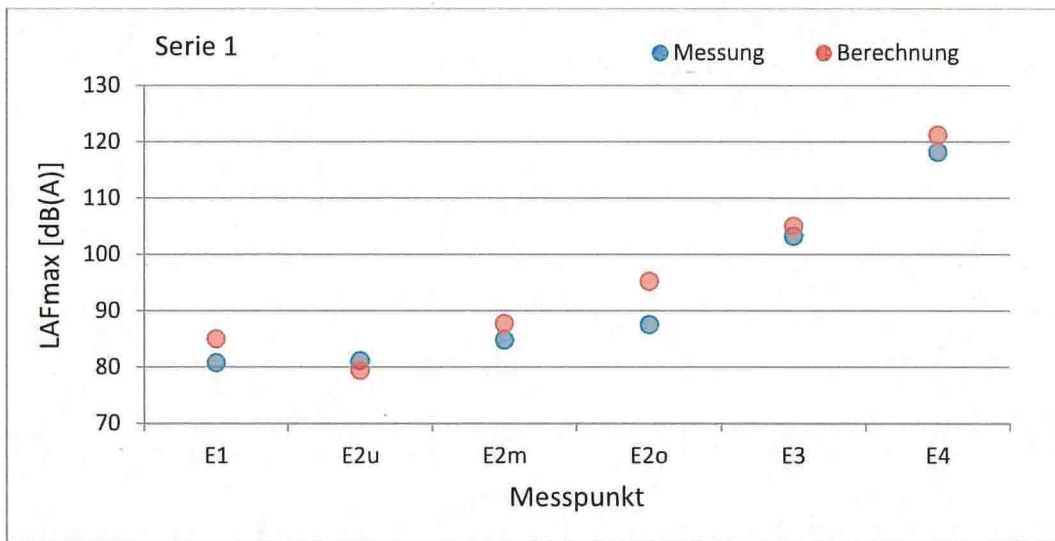


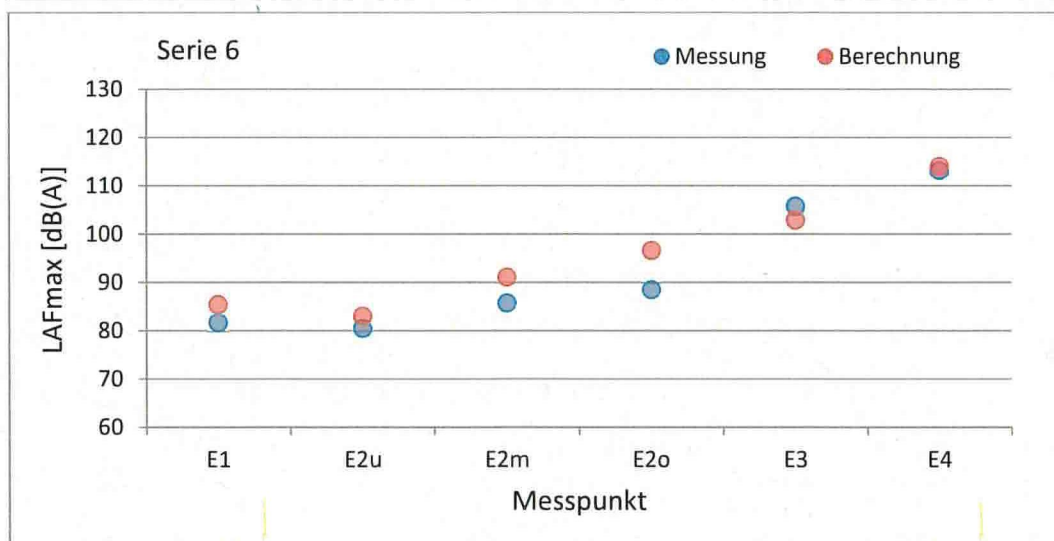
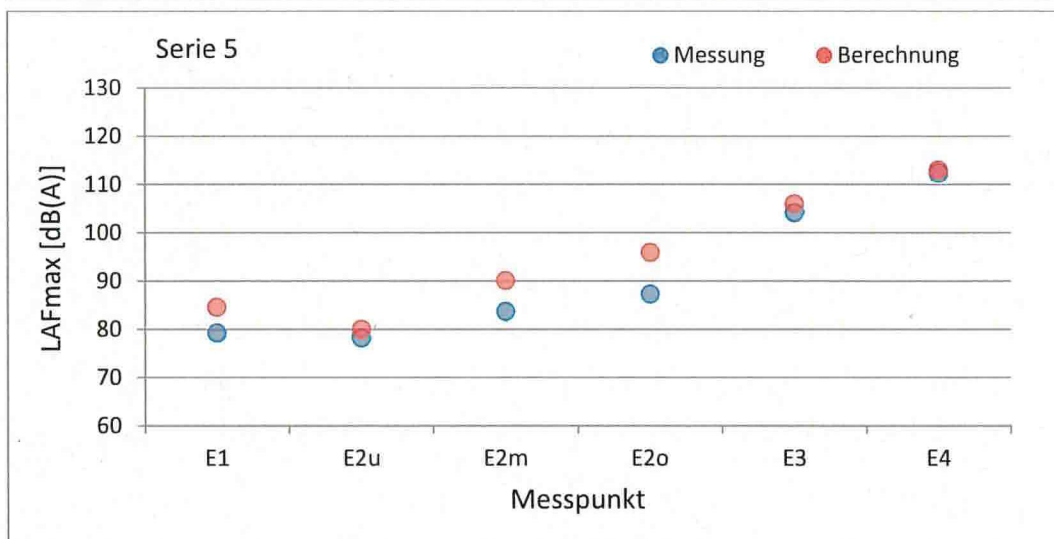
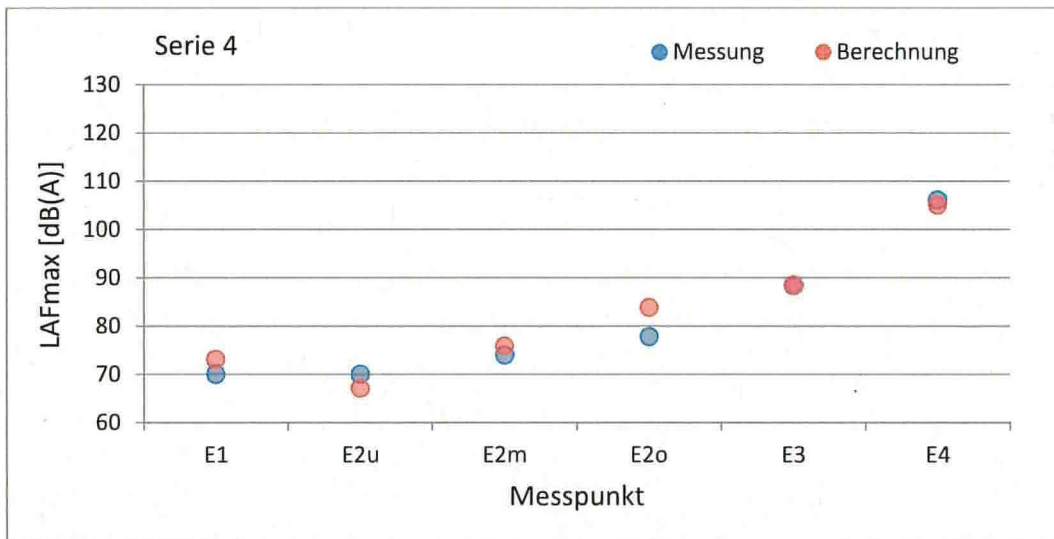


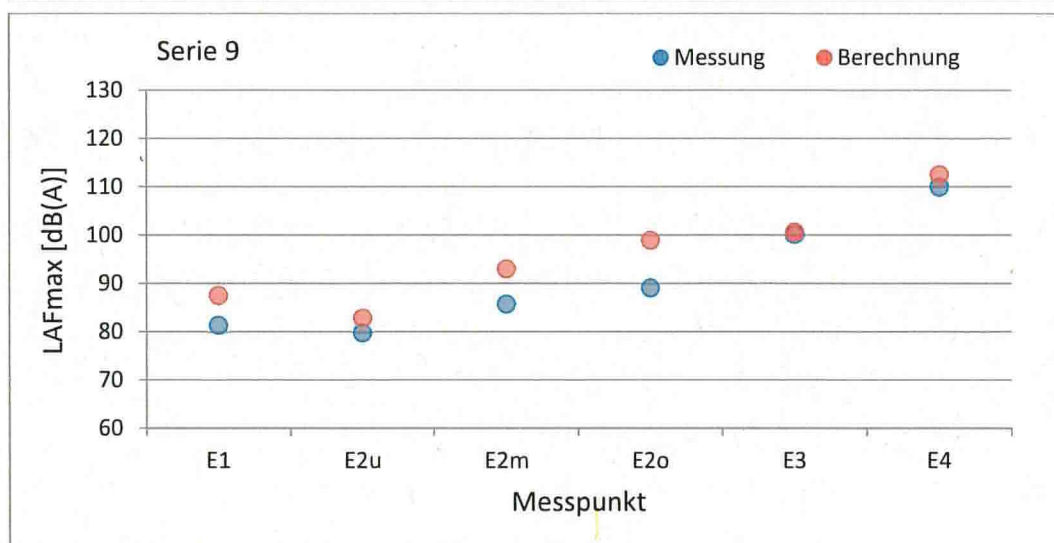
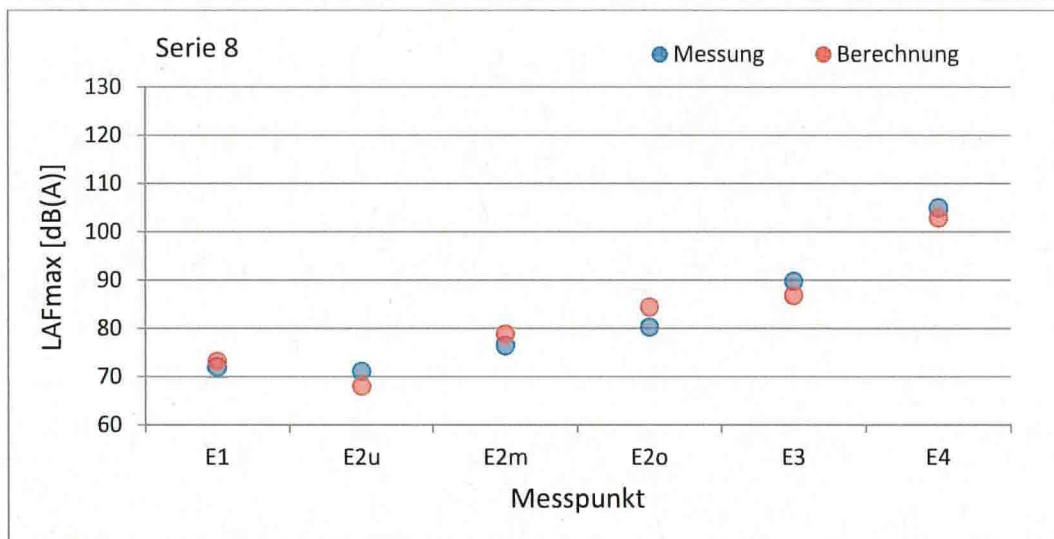
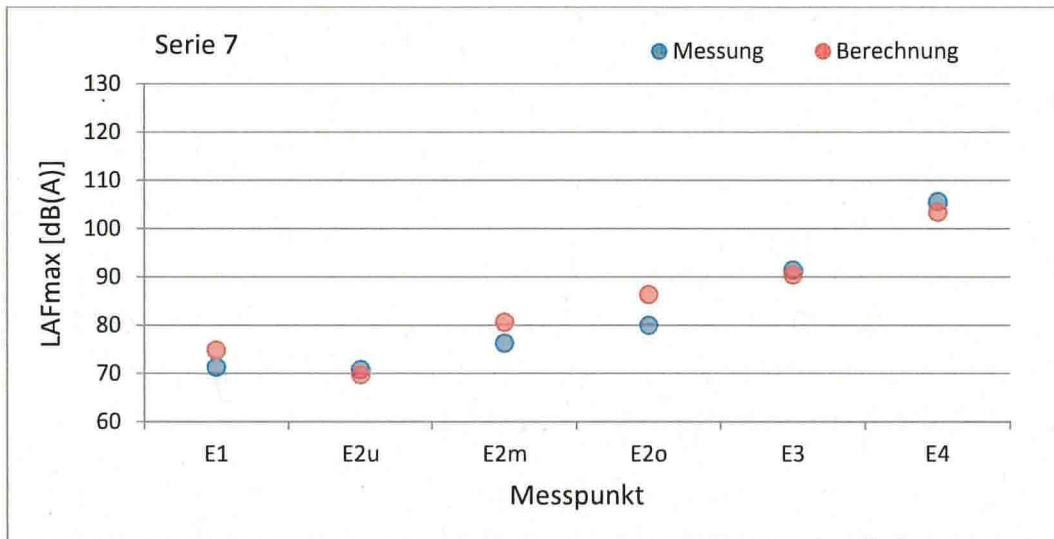


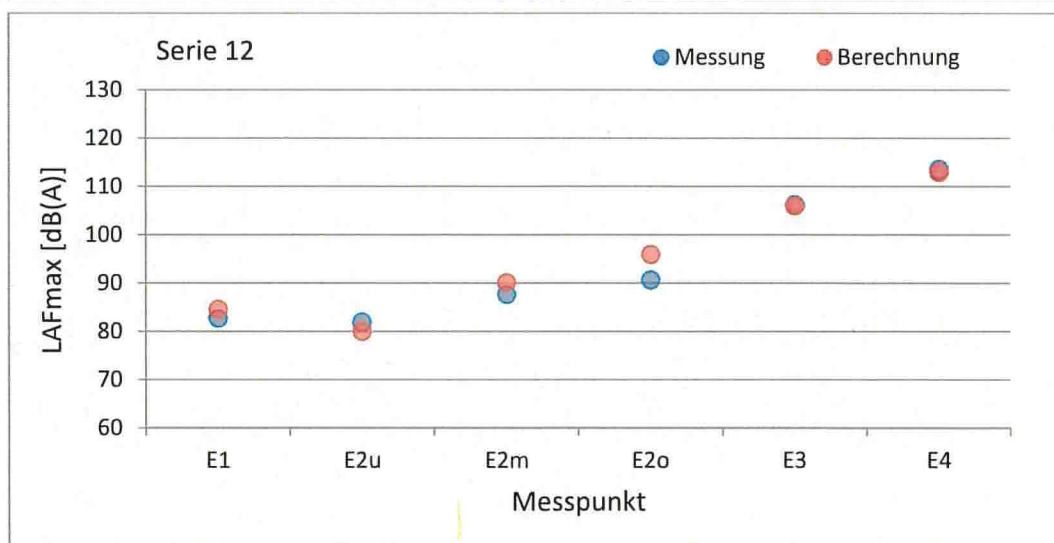
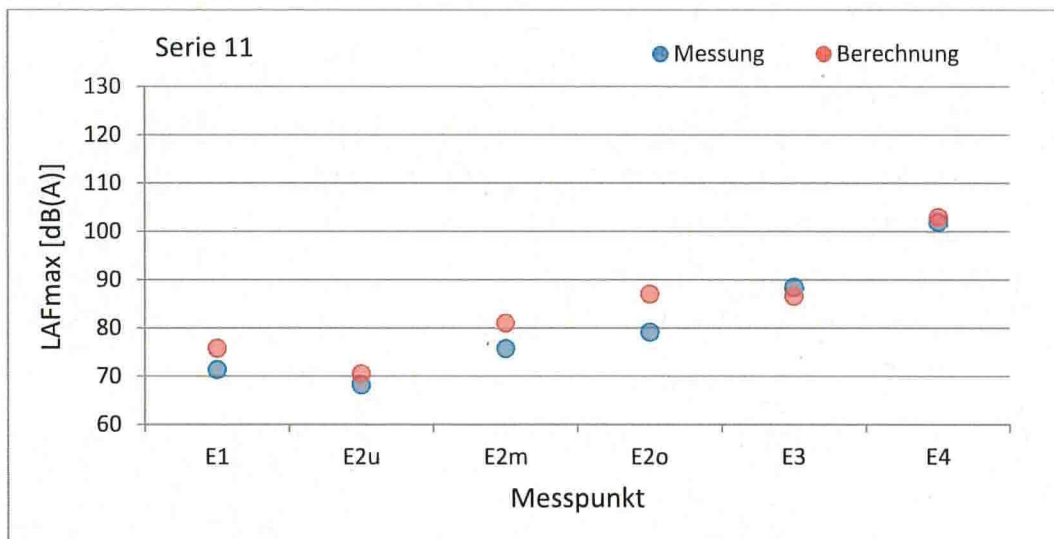
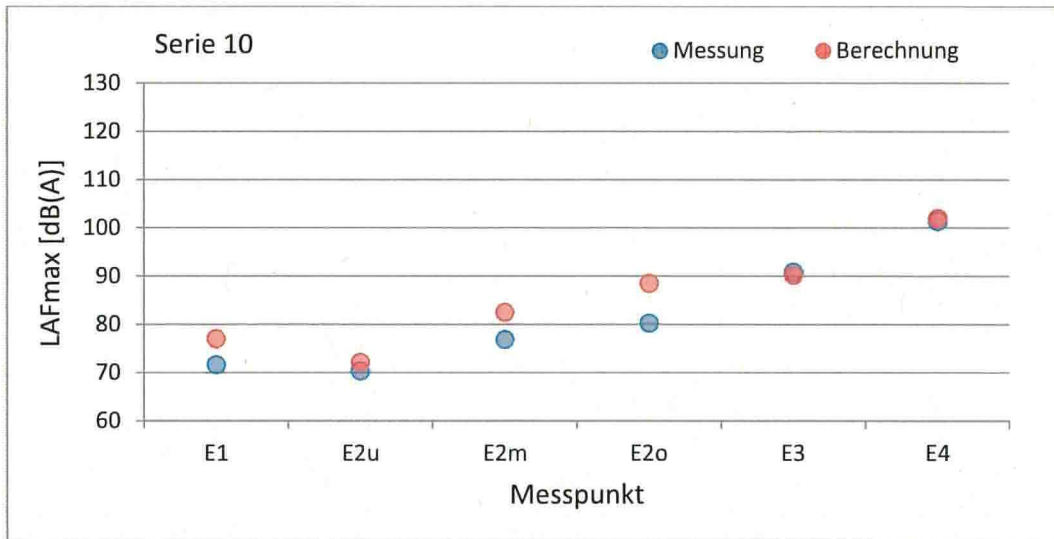


### B.6 Vergleich Messung und Berechnung, sonARMS Version 4.5.X









### B.7 Vergleich der berechneten Dämpfung $A_{grbar}$ der sonARMS-Versionen 2016 und 2018

Die nachfolgenden Graphiken wurden für den Mündungsknall der Quelle 50m\_L\_Pistole49-9m berechnet.  $A_{grbar}$  bezeichnet die Kombination von Hinderniswirkung und Bodeneffekt. Negative Werte bezeichnen eine Pegelerhöhung, positive eine Pegelreduktion.

