

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Lärm und NIS  
z.H. Herr K. Köstli  
3003 Bern

## Aktualisierung flächendeckender Meteostatistiken für die Lärmmodellierung

**Bericht-Nr:** 5214.025099-2

Ihr Auftrag vom: 8. Juni 2020

Anzahl Seiten: 31

Die Verfasser: S. Schalcher  
J.M. Wunderli

### Inhalt

- Zusammenfassung
- 1 Einleitung
- 2 Meteostatistiken auf Basis des COSMO1-Wettermodells
- 3 Überführung von COSMO1 in das Meteoformat von sonARMS
- 4 Gesamtschweizerischer Vergleich der alten und neuen Meteostatistiken
- 5 Auswirkung meteorologischer Unterschiede auf die resultierenden Lärmbelastungen
- 6 Diskussion
- 7 Anhang

---

Dübendorf, 11. Mai 2021



Stefan Schalcher

Abteilung Akustik / Lärminderung

Der Projektleiter:



Jean Marc Wunderli

## Zusammenfassung

Die Abteilung Akustik/Lärminderung der Empa erstellte 2012 für die gesamte Schweiz lokale Meteostatistiken auf Basis von Daten eines Jahres des Meteomodells COSMOS2, welche seither verschiedenen Schallausbreitungsmodellen als Eingangsgrössen dienen. Diese Meteostatistiken wurden nun mit Daten von vier Jahren des Nachfolgemodells COSMO1 aktualisiert. Ziel war es, die räumliche Auflösung zu verbessern und die statistische Repräsentativität zu steigern. In einem ersten Schritt wurden durch die Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik der Empa, welche direkten Zugriff auf die COSMO-Daten hat, die für die Meteostatistiken relevanten Informationen in stündlicher Auflösung für die gesamte Schweiz ausgelesen. Die Analyse dieser Daten erfolgt mit einem eigens von der Abteilung Akustik/Lärminderung in Python programmierten Auswerttool, welches im Empa-Bericht mit Nummer 5214.025099-1 beschrieben wird. Dieses Tool wurde dazu verwendet, Meteostatistiken für die ganze Schweiz auszuwerten und in einem Format abzulegen, welches vom Schiesslärmmodell sonARMS verwendet wird. In diesem Bericht werden Resultate dieser Auswertung gezeigt, und es werden Vergleiche mit den 2012 erzeugten Datensätzen durchgeführt. Die Vergleiche zeigen gewisse Abweichungen zwischen den alten und neuen Daten, namentlich bei den Auftretenshäufigkeiten der verschiedenen Meteoklassen und den dominanten Windrichtungen. Die Auswirkungen auf die resultierenden Immissionspegel wurden anhand von drei Waffenplätzen untersucht. Es zeigten sich mittlere Abweichungen zwischen der Berechnung mit alten und neuen Meteodaten von  $\pm 0.2$  dB bei Standardabweichungen von rund 0.6 dB.

# 1 Einleitung

Die Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, erstellte im Auftrag BAFU 2012 für die gesamte Schweiz lokale Meteostatistiken, welche seither verschiedenen Schallausbreitungsmodellen als Eingangsgrössen dienen<sup>1</sup>. Die Meteostatistiken wurden auf der Basis des COSMO2-Wettermodells, mit einer räumlichen Auflösung von 2.2 km für stündliche Daten eines Jahres erstellt. Seit September 2015 liegt COSMO in einer aktualisierten Version mit einer räumlichen Auflösung von einem Kilometer vor. Mit Vertrag-Nr. 00.5097.PZ / 6A70F2944 beauftragte das BAFU die Empa durch , Abteilung Lärm/NIS, auf der Basis von COSMO1-Daten flächendeckende Meteostatistiken zu aktualisieren.

In einem ersten Schritt wurde durch die Empa Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik, welche direkten Zugriff auf die COSMO-Daten hat, für eine Zeitreihe von 4 Jahren (2016-2019), die für die Meteostatistiken relevanten Informationen in stündlicher Auflösung für die gesamte Schweiz, inklusive einem Buffer um die Landesgrenzen von 10 km, ausgelesen. Dabei wurde im selben Schritt eine Zuordnung zu Meteoklassen vorgenommen.

In dem Bericht mit Nummer 5214.025099-1 wird ein auf der Programmiersprache Python aufbauendes Tool beschrieben, welches für die Analyse dieser Grundlagendaten verwendet werden kann. Zudem wird einleitend erläutert, wie die Python-Umgebung aufgesetzt wird, um das Tool laufenlassen zu können. Mittels dieses Tools wurden in einem weiteren Schritt flächendeckende Meteostatistiken für das Schiesslärmprogramm sonARMS aufbereitet. In diesem zweiten Bericht werden Resultate gezeigt und Vergleiche mit den 2012 erzeugten Datensätzen durchgeführt.

Hinweis: Um jeden Bericht für sich selbstständig lesbar zu machen, werden gewisse Textbausteine in beiden Berichten aufgeführt.

---

<sup>1</sup> "Aufbereitung von flächendeckenden Grundlagen für die Schallausbreitungsmodellierung in den Bereichen Meteorologie und Bodeneigenschaften", Empa Bericht-Nr. 459'348.

## 2 Meteostatistiken auf Basis des COSMO1-Wettermodells

Der COSMO1-Datensatz umfasst 45'551 Gitterpunkte mit einer horizontalen Auflösung von 1.1 km x 1.1 km. Das gesamte Gebiet ist räumlich mit einem 10 km-Puffer um die Landesgrenzen beschränkt, um eine massive Reduktion der Datenbankgrösse zu erzielen.

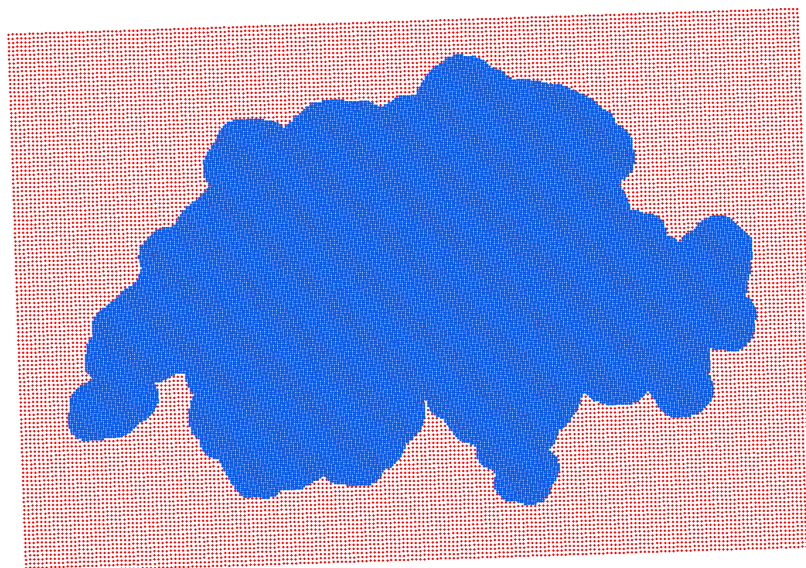


Abbildung 2-1: Die Gitterpunkte des neuen COSMO1-Datensatzes in blau und des alten COSMO2-Datensatzes in rot.

Die Meteostatistiken sind für den Zeitraum von vier Jahren von Januar 2016 bis Dezember 2019 vorhanden. Dabei sind die Daten stündlich abgelegt und im Format netcdf (NC-Datei) zu monatlichen Datensätzen zusammengefasst. Pro Monat existiert eine netcdf-Datei, welche im Schnitt ca. 170 MB gross ist. Insgesamt besitzt der gesamte Datensatz eine Grösse von ca. 8.2 GB.

cosmo1_CH_201601_compressed.nc	11.10.2020 21:29	NC-Datei	178'654 KB
cosmo1_CH_201602_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	167'095 KB
cosmo1_CH_201603_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	182'524 KB
cosmo1_CH_201604_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	177'691 KB
cosmo1_CH_201605_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	184'926 KB
cosmo1_CH_201606_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	177'937 KB
cosmo1_CH_201607_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	185'001 KB
cosmo1_CH_201608_compressed.nc	25.10.2020 21:23	NC-Datei	184'786 KB
cosmo1_CH_201609_compressed.nc	25.10.2020 21:24	NC-Datei	176'886 KB
cosmo1_CH_201610_compressed.nc	25.10.2020 21:24	NC-Datei	181'349 KB
cosmo1_CH_201611_compressed.nc	25.10.2020 21:24	NC-Datei	173'853 KB
cosmo1_CH_201612_compressed.nc	25.10.2020 21:24	NC-Datei	183'410 KB
cosmo1_CH_constant.nc	11.10.2020 21:29	NC-Datei	3'572 KB

Abbildung 2-2: Beispiele der monatlich zusammengefassten Datensätze.

Jede Datei beinhaltet die Meteostatistiken für alle 45'551 Gitterpunkte in stündlicher Auflösung für den entsprechenden Monat. Folgende Variablen sind dabei vorhanden:

*Tabelle 2-1: Vorhandene Variablen des COSMO1-Datensatzes.*

Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Präzision
<b>t10m</b>	Lufttemperatur 10 m über Boden	Kelvin [K]	float	Eine NKS
<b>rh10m</b>	Relative Luftfeuchtigkeit 10 m über Boden	%	float	Ohne NKS
<b>ws10m</b>	Windgeschwindigkeit 10 m über Boden	m/s	float	Eine NKS
<b>wd10m</b>	Windrichtung 10 m über Boden	Grad	float	Ohne NKS
<b>netrad</b>	Strahlungsbilanz (lang- und kurzwellig)	W/m <sup>2</sup>	float	Ohne NKS
<b>MeteoClass</b>	Meteoklasse		integer	
<b>time</b>	Tag seit 1970-01-01		double	

Die Zuordnung zu bestimmten Meteoklassen wird von der Windgeschwindigkeit und der Strahlungsbilanz abgeleitet, siehe dazu den erwähnten Empa-Bericht Nr. 459'348 <sup>Fehler! Textmarke nicht definiert.</sup> sowie die zugehörige Publikation <sup>2</sup>. Tabelle 2-2 zeigt das entsprechende Klassierungsschema mit insg. 15 Meteoklassen.

*Tabelle 2-2: Klassierungsschema der Meteoklassen. Die Windgeschwindigkeit wird auf einer Höhe von 10 m ermittelt.*

Strahlungsbilanz / Stabilität		≥ 180 W/m <sup>2</sup>			≤ -18 W/m <sup>2</sup>		
Wind (Bereich / Mittelwert)		Labil		Neutral	Stabil		
0 – 1 m/s	0.0 m/s	L0		N0		S0	
1 – 2 m/s	1.5 m/s	L1		N1		S1	
2 – 3 m/s	2.5 m/s	L2		N2		S2	
3 – 5 m/s	4.0 m/s	L3		N3		S3	
> 5 m/s	6.0 m/s	L4		N4		S4	

<sup>2</sup> Wunderli, J. M. and M. W. Rotach (2011). "Application of statistical weather data from the numerical weather prediction model COSMO-2 for noise mapping purposes." *Acta Acustica United with Acustica* **97**: 403-415.

Ergänzend zu den monatlichen Meteostatistiken ist ein zusätzlicher Datensatz mit Koordinaten und weiteren Eigenschaften der Gitterpunkte vorhanden. Die zusätzlichen Variablen sind in Tabelle 2-3 zusammengefasst.

*Tabelle 2-3: zusätzliche Variablen in cosmo1\_CH\_constant.nc.*

Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp
lon	Längengrad	Grad	double
lat	Breitengrad	Grad	double
r lon	Längengrad (rotiert) von COSMO-Gitter	Grad	double
r lat	Breitengrad (rotiert) von COSMO-Gitter	Grad	double
swiss_e	Y-Koordinate LV03	m	double
swiss_n	X-Koordinate LV03	m	double
cosmo_ix	COSMO-Gitter-Index in X-Richtung		integer
cosmo_jy	COSMO-Gitter-Index in Y-Richtung		integer
oro	Modell Orographie über Meereshöhe	m	double
hml	Modell-Level-Höhen (full levels)	m	double

Der gesamte Datensatz steht an der Empa und beim BAFU für weitergehende Analysen und Auswertungen zur Verfügung.

Da die Berechnungsgebiete je nach Lärmart sehr unterschiedlich ausfallen, wird eine einheitliche räumliche Auflösung als nicht in allen Fällen geeignet angesehen. Während ein Rechen- bzw. Meteogebiet von wenigen Quadratkilometern für zivilen Schiesslärm ausreichend ist, werden für Fluglärm Meteostatistiken benötigt, welche über deutlich grössere Gebiete gemittelt werden.

Aus diesem Grund wird in den nachfolgenden Kapiteln eine Python-Applikation, ein als MeteoStat-GUI bezeichnetes Tool, beschrieben, das für ausgesuchte Gebiete und Zeitfenster die Meteostatistiken des COSMO1-Datensatzes auswertet, darstellt und analysiert. Bestimmte Funktionen dieses Tools wurden daraufhin in einem zweiten Schritt als Basis benutzt, um berechnete Meteostatistiken für sämtliche Gitterpunkte im Shape-Format, wie es aktuell von sonARMS verwendet wird, zu exportieren (siehe Untersuchungsbericht 5214.025099-2).

### 3 Überführung von COSMO1 in das MeteofORMAT von sonARMS

Die erste Version von Meteostatistiken von 2012 basieren wie erwähnt auf dem Rechengitter von COSMO2, mit einer räumlichen Auflösung von 2.2 km. Ausgehend von diesem Gitter wurde eine räumliche Analyse durchgeführt, welche jedem Gitterpunkt (Kachel) eine Fläche zuweist. Neben der vertikalen und der horizontalen Distanz spielt dabei auch eine Rolle, ob es sich um einen Gitterpunkt über Wasser oder über Land handelt. Diese Gebiete mit einer weitgehend einheitlichen Meteorologie wurden als Shape-Datei abgelegt und können, zusammen mit den zugeordneten Meteostatistiken, direkt im Schiesslärmmodell sonARMS eingelesen werden. Für ein spezifisches Schiesslärmprojekt wird jeweils das Gebiet ausgewählt, welches die grösste Übereinstimmung mit dem Rechengebiet aufweist.

Die Gebiete weisen eine mittlere Fläche von 4.84 km<sup>2</sup> (2.2 km x 2.2 km) auf, was für Schiesslärmprojekte eine geeignete Grösse darstellt. Bei einem Wechsel auf COSMO1 würde sich die mittlere Fläche auf 1.2 km<sup>2</sup> reduzieren, was im Hinblick auf die für Meteeffekte notwendigen Ausbreitungsdistanzen als zu kleinräumig erscheint. Es wurde deshalb beschlossen, an der bisherigen Gebietseinteilung festzuhalten und die neuen COSMO1-Daten der bestehenden Systematik zuzuordnen. Vorteil dieses Ansatzes ist ausserdem, dass die Meteodatenbank in sonARMS ersetzt werden kann, ohne Änderungen an der Benutzeroberfläche vornehmen zu müssen.

Es stellte sich somit die Frage, wie die feiner aufgelösten COSMO1-Daten den auf dem COSMO2-Gitter aufbauenden Meteogebieten zugeordnet werden können. Dabei wurden zwei Varianten geprüft:

- a) Sämtliche Gitterpunkte, welche innerhalb eines Meteogebietes liegen, werden diesem zugeordnet. Eine mittlere Meteostatistik wird aus den einzelnen COSMO1-Meteostatistiken berechnet, wobei alle Teilstatistiken gleich gewichtet werden.
- b) Die Zuordnung erfolgt nicht auf Basis der Meteogebiete, sondern aufgrund der zugrundeliegenden Koordinaten der COSMO2-Gitterpunkte. Es wird ein gewichtetes Mittel der neun COSMO1-Punkte gerechnet, welche sich am nächsten zum COSMO2-Gitterpunkt befinden. Die Mehrzahl der COSMO1-Gitterpunkte wird so mehreren COSMO2-Gitterpunkten zugeordnet. Die COSMO1-Teilstatistiken fliessen gewichtet in das Mittel ein, so dass alle Datensätze mit einem einheitlichen Gewicht berücksichtigt werden.
  - Zentrumspunkte, als COSMO1-Gitterpunkte welche mit einem COSMO2-Punkt übereinstimmen, erhalten das Gewicht 1.
  - Kreuzpunkte, welche jeweils mit einem anderen COSMO2-Punkt geteilt werden, erhalten das Gewicht 0.5.
  - Eckpunkte, welche mit vier COSMO2-Punkten geteilt werden, erhalten das Gewicht 0.25.

Die beiden Varianten werden nachfolgend an drei Beispielen illustriert.

#### 3.1 Testgebiete

Als Testgebiete, um alte Meteostatistiken, basierend auf Daten eines Jahres von COSMO2 mit neuen Meteostatistiken, basieren auf Daten von vier Jahren von COSMO1, zu vergleichen, wurden drei existierende sonARMS-Projekte der Waffenplätze Bière, Chur und Thun ausgewählt. Die Meteostatistiken aus COSMO2-Daten wurden für folgende COSMO2-IDs erstellt: a) Bière: 10'536, Chur: 13'319 und Thun: 12'490. Die Polygone in Abbildung 3-1 zeigen die den COSMO2-Rasterpunkten zugeordneten Flächen. Zusätzlich eingezeichnet sind die COSMO1-Gitterpunkte, welche innerhalb der entsprechenden Polygone liegen und für die aktualisierten Meteostatistiken verwendet wurden.



Wie der Vergleich der drei Beispiele gemäss Abbildung 3-1 zeigt, ergibt sich gemäss Variante a) weder eine einheitliche Anzahl an COSMO1-Gitterpunkten, welche in die Statistik einfließen, noch sind die Gitterpunkte gleichmässig über die Polygonfläche verteilt (siehe das Beispiel von Chur). Namentlich am Rand hat die Entscheidung, welcher Fläche ein COSMO1-Gitterpunkt zugeordnet wird einen eher zufälligen Charakter.

Abbildung 3-2 zeigt exemplarisch für das Testgebiet von Thun die Variante b), bei welcher für jeden COSMO2-Punkt die neun umliegenden Gitterpunkte von COSMO1 gesucht werden. Diese Variante scheint eine konsistentere Zuordnung zu ermöglichen und wird deshalb favorisiert.

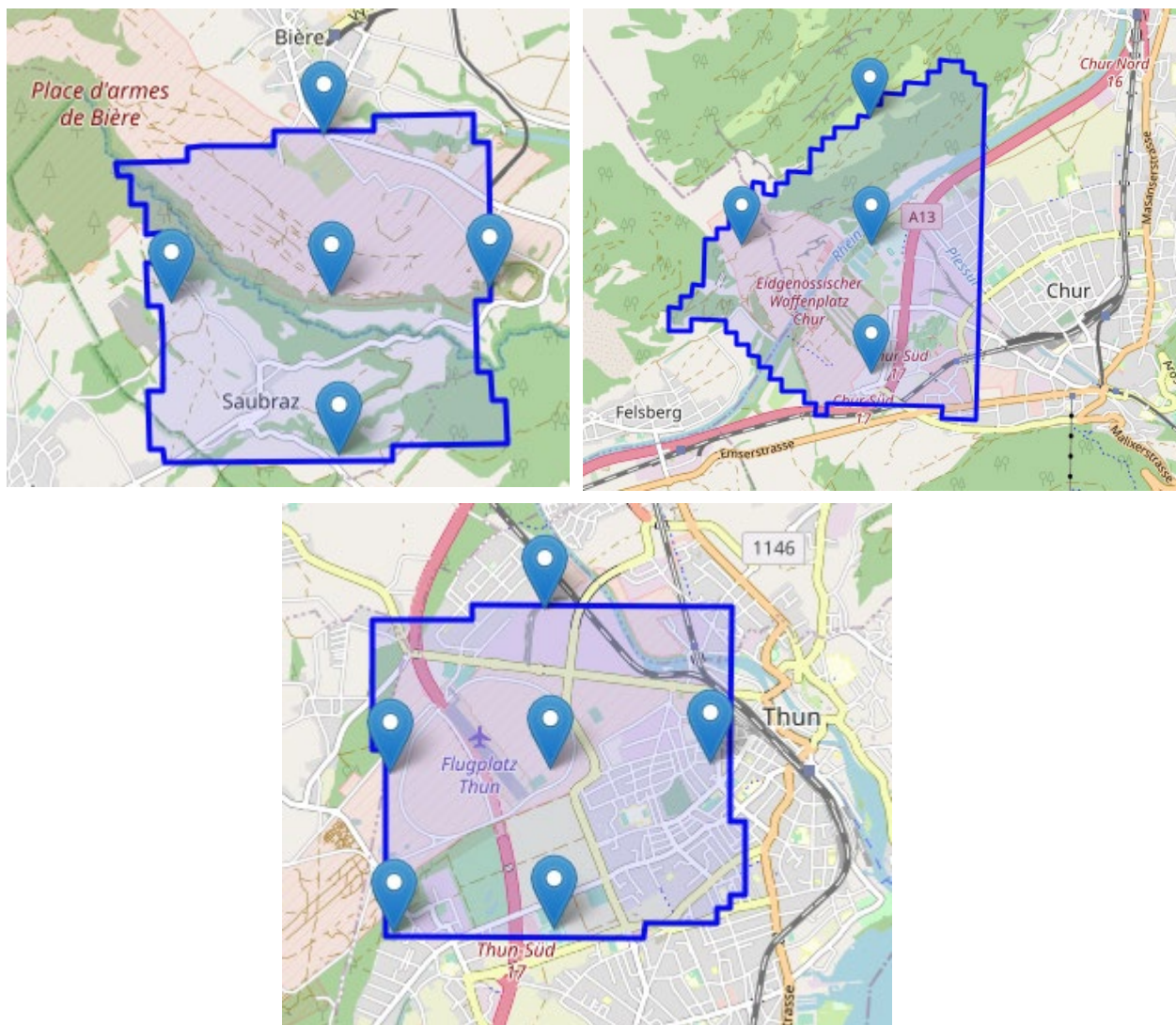


Abbildung 3-1: Testgebiete Bière, Chur und Thun für die Analyse von Meteostatistiken, mit den in den Meteorologischen Gebieten befindlichen COSMO1-Gitterpunkten.



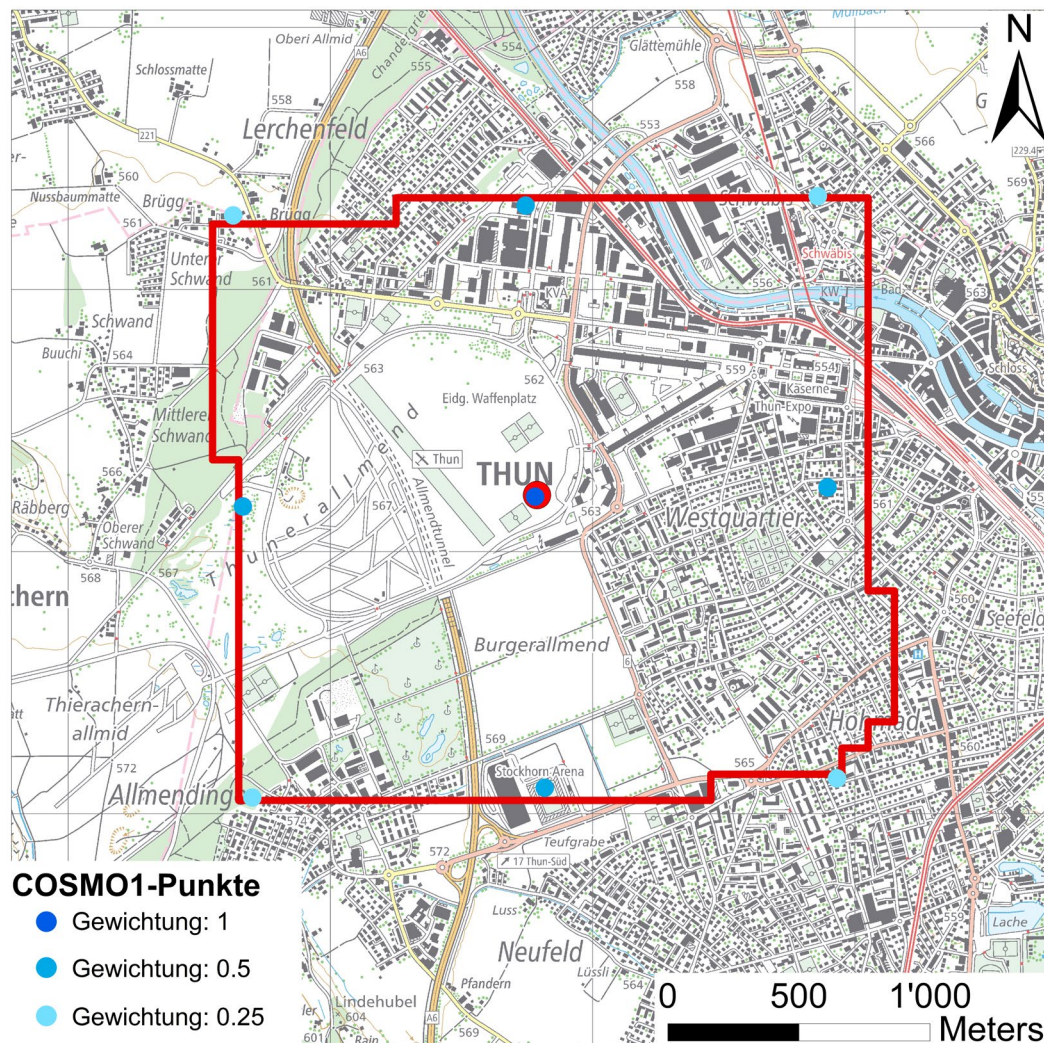


Abbildung 3-2: Zuordnung und Zusammenfassung von COSMO1-Gitterpunkten (blau) zum COSMO2-Gitter (rot) am Beispiel von Thun.

In Kapitel 3.2 werden den COSMO2-Statistiken Auswertungen gegenübergestellt, welche basierend auf den in Abbildung 3-2 dargestellten COSMO1-Gitterpunkten, also mit der Mittelungsmethodik b) erstellt wurden. Zum Vergleich werden im Anhang dieses Berichts entsprechend aufbereitete Statistiken für die Mittelungsmethodik a) aufgeführt und mit den originalen COSMO2-Daten verglichen. Es zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Mittelungsansätzen.

### 3.2 Vergleich von Meteostatistiken aus sonARMS mit Neuauswertungen auf Basis von gewichteten COSMO1-Punkten, Mittelungsmethodik b)

Die bisher in sonARMS verwendeten Meteostatistiken wurden gemäss folgender Zeiteinteilung erstellt:

- a) Tag: 9 – 17 Uhr, ganzes Jahr
- b) Abend: 19 – 23 Uhr, ganzes Jahr

Es wurde beschlossen, an dieser Zeiteinteilung festzuhalten. In den nachfolgenden Tabellen wird, separat für Tag und Abend, die Häufigkeit der verschiedenen Meteoklassen zwischen den bisher verwendeten Statistiken und der Neuauswertung mit COSMO1-Daten (Mittelungsmethodik b) verglichen. Die zugehörigen Abbildungen zeigen die Windrosen für die beiden Zeiträume und die drei Standorte.

Tabelle 3-1: Bière: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	2%	3%	2%	8%	2%	5%	1%	9%	0%	-2%	1%	-1%
1	11%	6%	1%	18%	10%	9%	1%	20%	1%	-3%	-1%	-2%
2	10%	5%	1%	16%	11%	8%	1%	20%	-1%	-3%	0%	-4%
3	14%	10%	1%	25%	14%	13%	2%	29%	-1%	-3%	0%	-4%
4	15%	16%	2%	33%	11%	11%	1%	23%	4%	6%	0%	10%
Stab	52%	41%	7%	100%	48%	46%	6%	100%	5%	-5%	0%	0%

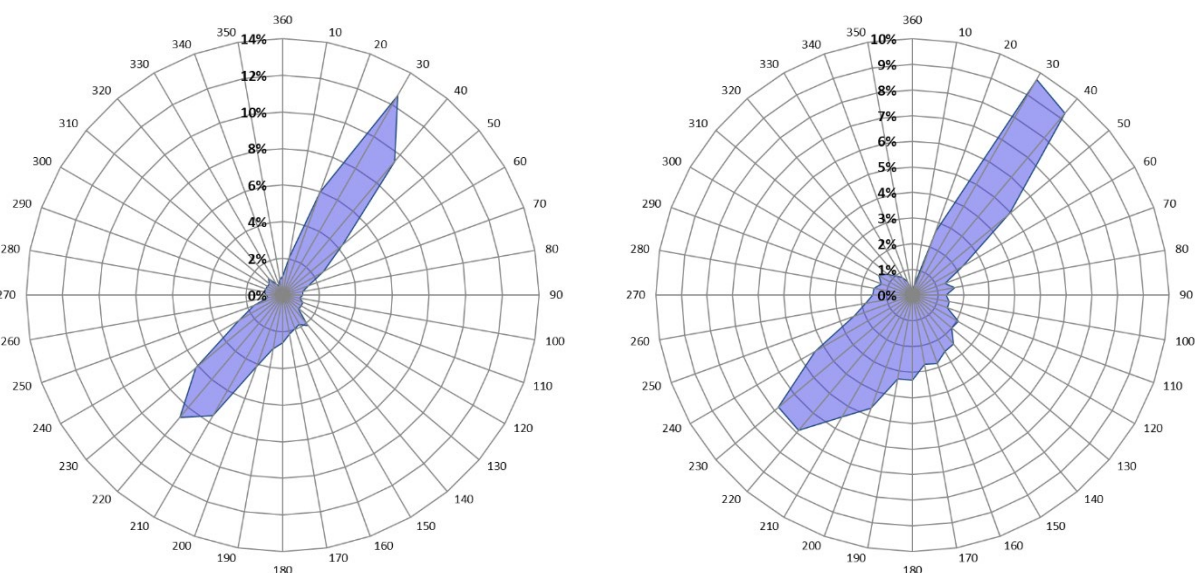


Abbildung 3-3: Bière: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 3-2: Bière: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	0%	1%	12%	13%	0%	2%	9%	11%		0%	-1%	3%	2%	
1	0%	4%	14%	18%	0%	3%	18%	21%		0%	1%	-4%	-3%	
2	0%	4%	16%	20%	0%	3%	15%	18%		0%	1%	1%	1%	
3	0%	7%	16%	23%	0%	5%	24%	29%		0%	2%	-8%	-6%	
4	0%	9%	17%	26%	0%	4%	16%	20%		0%	5%	1%	6%	
Stab	0%	25%	75%	100%	0%	17%	83%	100%		0%	8%	-8%	0%	

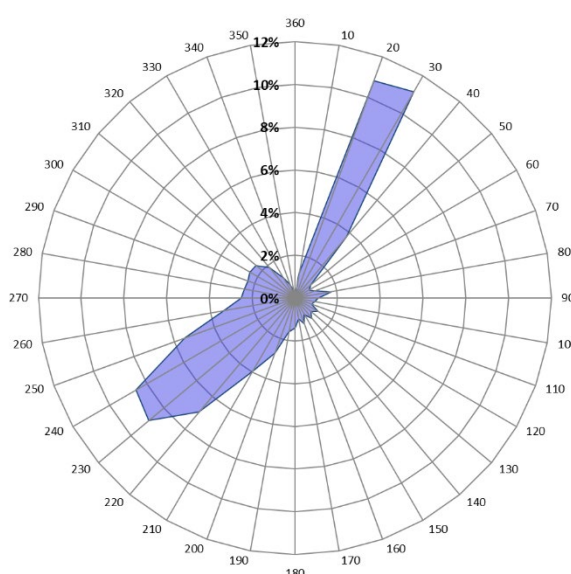
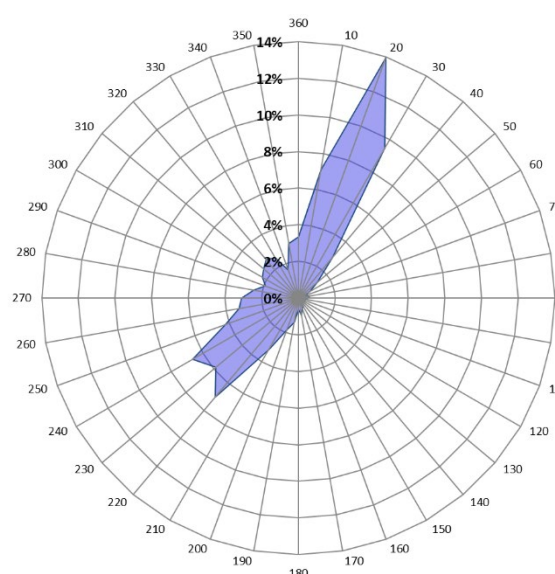


Abbildung 3-4: Bière: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 3-3: Chur: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	3%	2%	1%	6%	1%	4%	2%	7%		2%	-2%	-1%	-1%	
1	6%	3%	0%	10%	5%	9%	3%	16%		2%	-5%	-2%	-6%	
2	8%	5%	1%	14%	5%	7%	1%	13%		3%	-2%	0%	1%	
3	17%	10%	2%	29%	14%	12%	2%	28%		3%	-2%	0%	1%	
4	26%	15%	1%	41%	22%	12%	2%	36%		3%	3%	-1%	5%	
Stab	60%	35%	4%	100%	47%	44%	9%	100%		13%	-8%	-5%	0%	



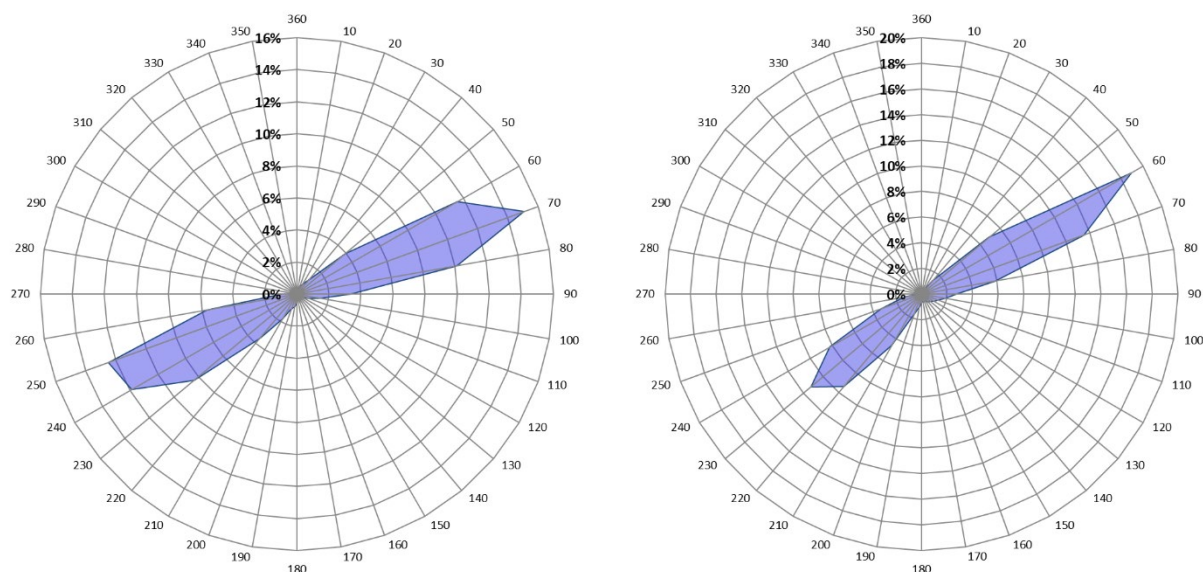


Abbildung 3-5: Chur: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 3-4: Chur: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	0%	1%	13%	14%	0%	5%	13%	18%	0%	-4%	0%	-4%
1	0%	4%	13%	18%	0%	7%	24%	31%	0%	-2%	-11%	-13%
2	0%	6%	20%	26%	0%	3%	14%	17%	0%	4%	6%	10%
3	0%	12%	16%	27%	0%	2%	18%	20%	0%	10%	-2%	8%
4	0%	8%	7%	15%	0%	1%	14%	15%	0%	7%	-7%	0%
Stab	0%	31%	69%	100%	0%	17%	83%	100%	0%	14%	-14%	0%

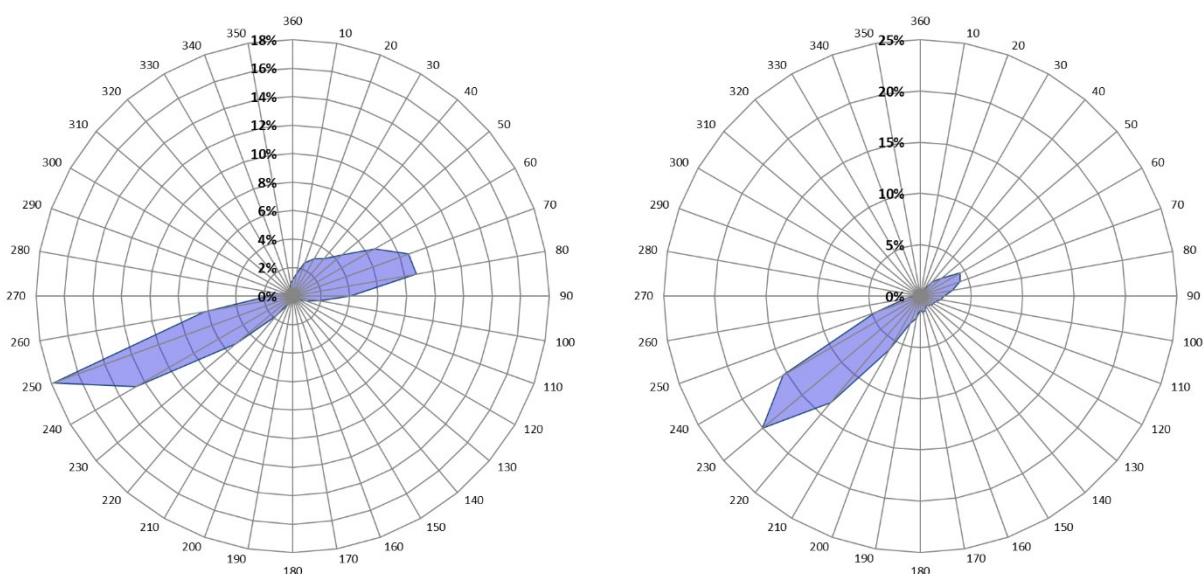


Abbildung 3-6: Chur: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 3-5: Thun: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	6%	9%	4%	20%	4%	9%	3%	15%		2%	0%	2%	5%	
1	15%	16%	1%	32%	13%	19%	3%	35%		3%	-3%	-2%	-2%	
2	14%	9%	0%	23%	16%	11%	1%	28%		-2%	-2%	-1%	-4%	
3	10%	7%	0%	17%	10%	8%	0%	19%		-1%	-1%	0%	-2%	
4	4%	3%	0%	7%	2%	2%	0%	4%		3%	1%	0%	4%	
Stab	49%	45%	6%	100%	44%	49%	7%	100%		5%	-4%	-1%	0%	

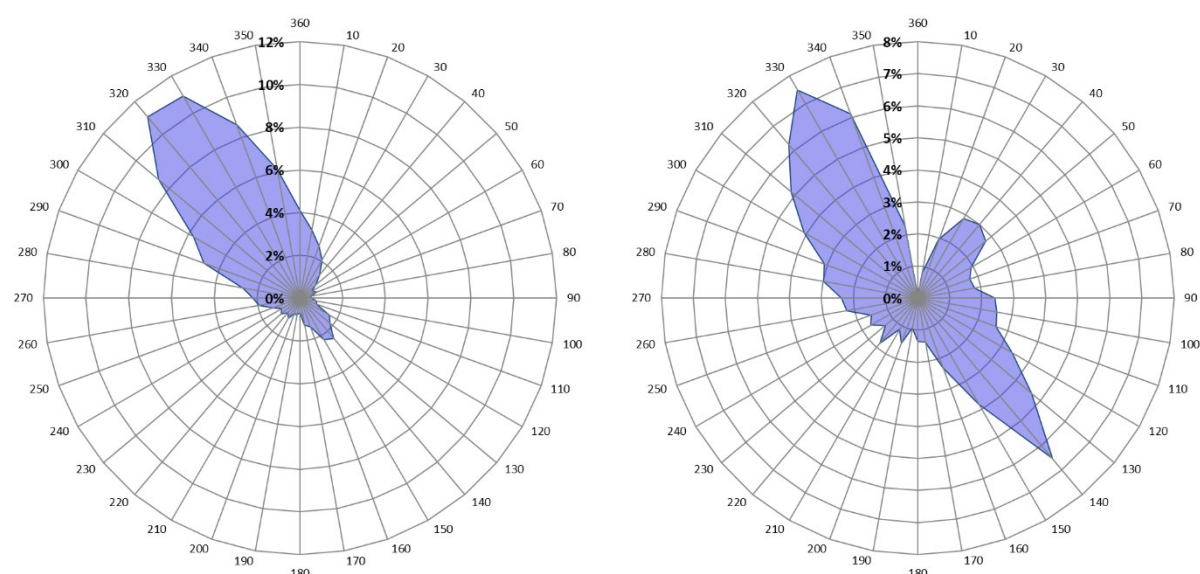


Abbildung 3-7: Thun: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 3-6: Thun: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	0%	4%	30%	35%	0%	6%	24%	31%		0%	-2%	6%	4%	
1	0%	8%	21%	29%	0%	7%	29%	37%		0%	0%	-8%	-8%	
2	0%	7%	9%	16%	0%	3%	12%	15%		0%	4%	-3%	1%	
3	0%	7%	6%	12%	0%	2%	11%	12%		0%	5%	-5%	0%	
4	0%	4%	4%	8%	0%	1%	5%	5%		0%	3%	-1%	3%	
Stab	0%	30%	70%	100%	0%	20%	81%	100%		0%	10%	-11%	0%	

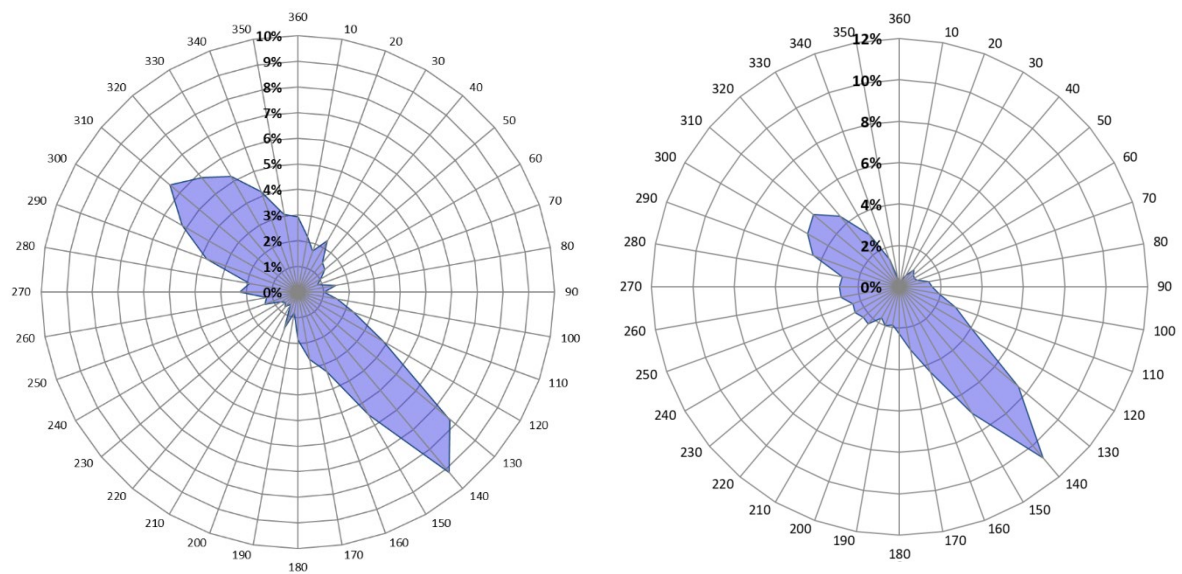


Abbildung 3-8: Thun: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

### 3.3 Variation innerhalb der vier Jahre der COSMO1-Statistik

Während die COSMO2-Meteostatistiken lediglich ausgehend von Daten eines Jahres erstellt wurden, stehen vier Jahre an COSMO1-Daten zur Verfügung. Nachfolgend wird für die drei Testgebiete verglichen, wie stark die resultierenden Statistiken zwischen den Jahren streuen. Dabei werden die Häufigkeiten der verschiedenen Meteoklassen über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten verglichen. Die weiteren Abbildungen zeigen die Windrosen des COSMO1-Datensatzes für die beiden Zeiträume von allen vier Jahren.

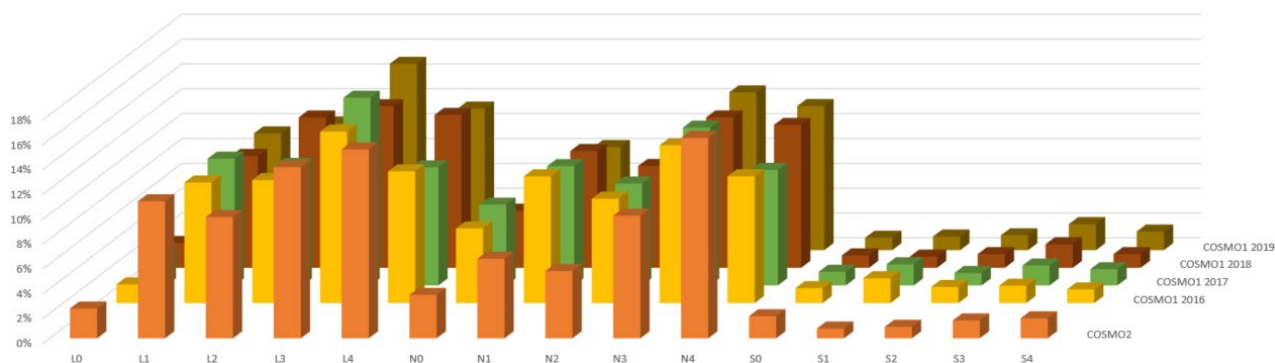


Abbildung 3-9: Bière: Vergleich der COSMO1-Meteostatistiken für den Tag von 09-17 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.

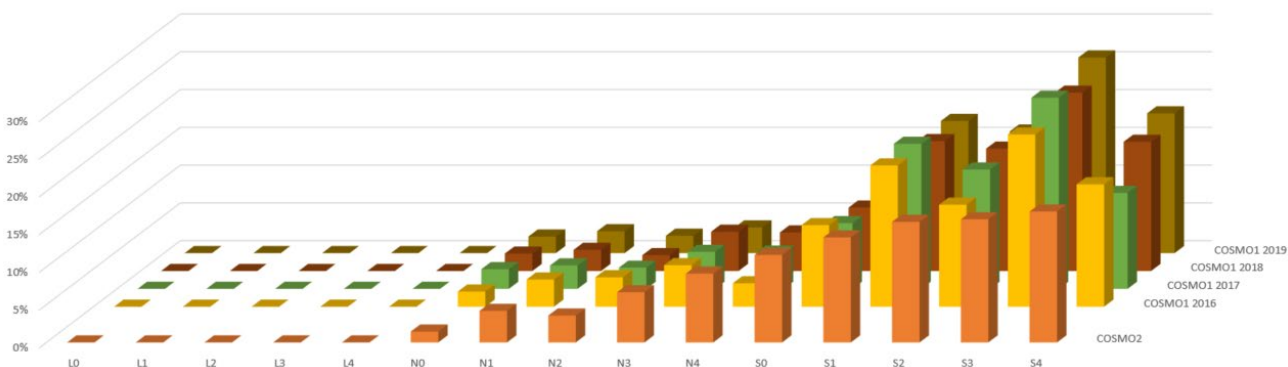


Abbildung 3-10: Bière: Vergleich der COSMO1-Meteostatistiken für den Abend von 19-23 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.



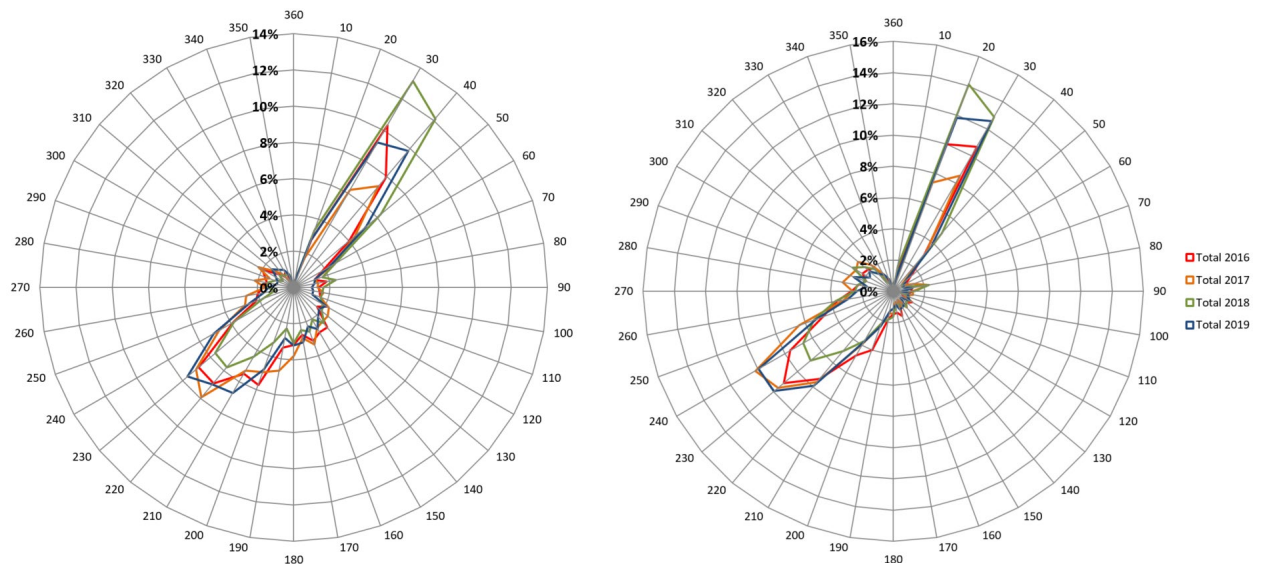


Abbildung 3-11: Bière: Vergleich der Windrosen aus den COSMO1-Daten über alle vier Jahre. Links: für den Tag von 9-17 Uhr, rechts für den Abend von 19-23 Uhr.

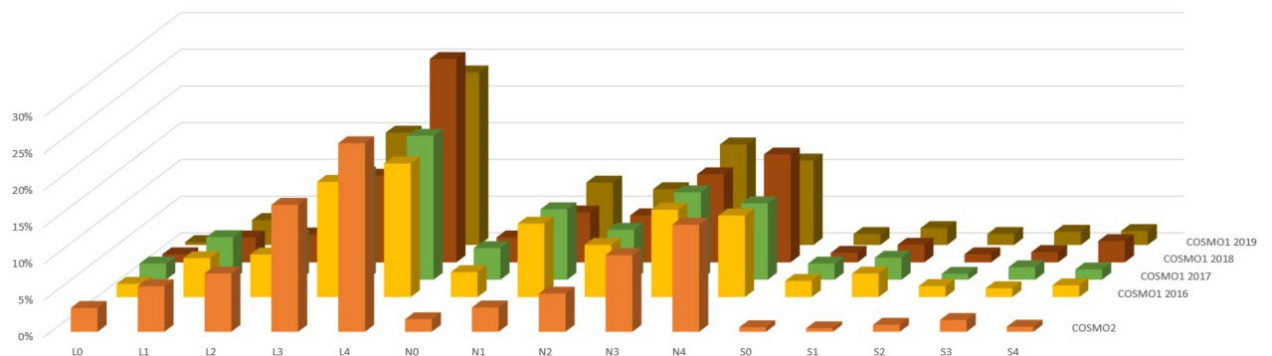


Abbildung 3-12: Chur: Vergleich der COSMO1-Meteostatistiken für den Tag von 09-17 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.

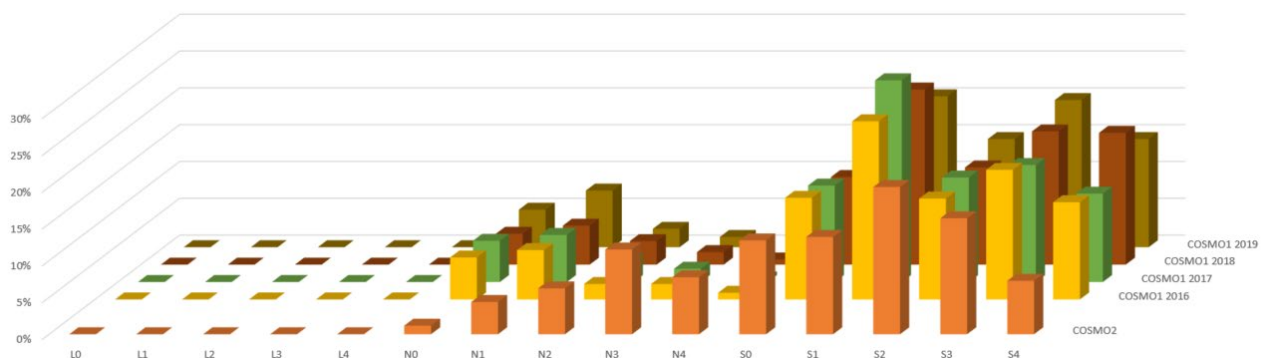


Abbildung 3-13: Chur: Vergleich der COSMO1-Meteostatistiken für den Abend von 19-23 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.

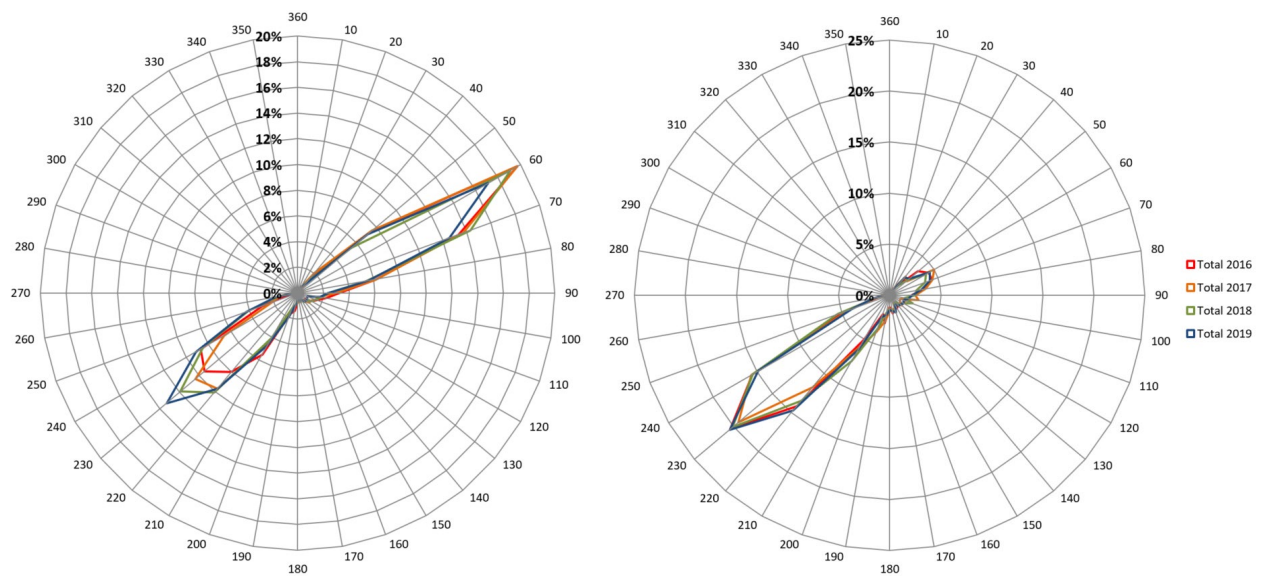


Abbildung 3-14: Chur: Vergleich der Windrosen aus den COSMO1-Daten über alle vier Jahre. Links: für den Tag von 9-17 Uhr, rechts für den Abend von 19-23 Uhr

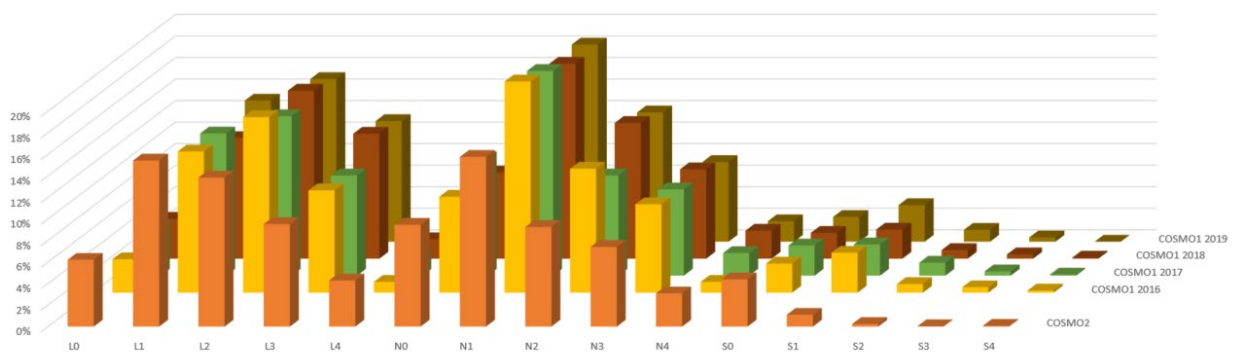


Abbildung 3-15: Thun: Vergleich der COSMO1-Meteorostatistiken für den Tag von 09-17 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.

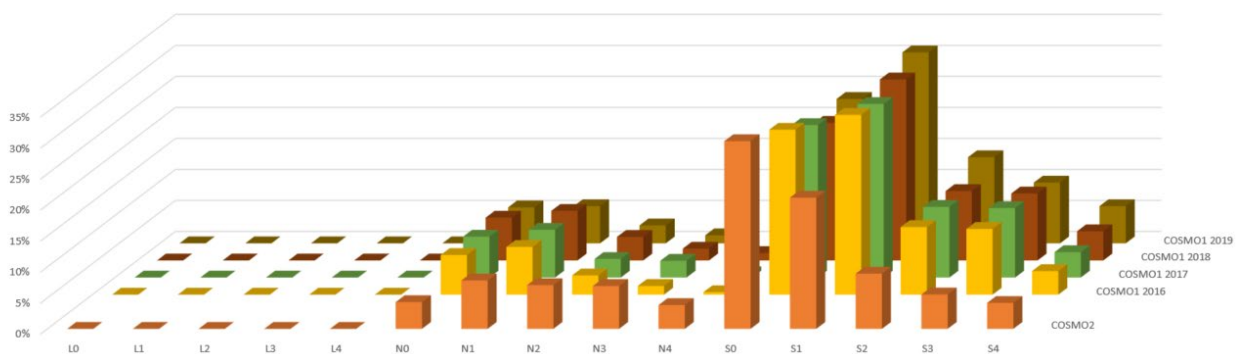


Abbildung 3-16: Thun: Vergleich der COSMO1-Meteorostatistiken für den Abend von 19-23 Uhr über alle vier Jahre mit den COSMO2-Daten.

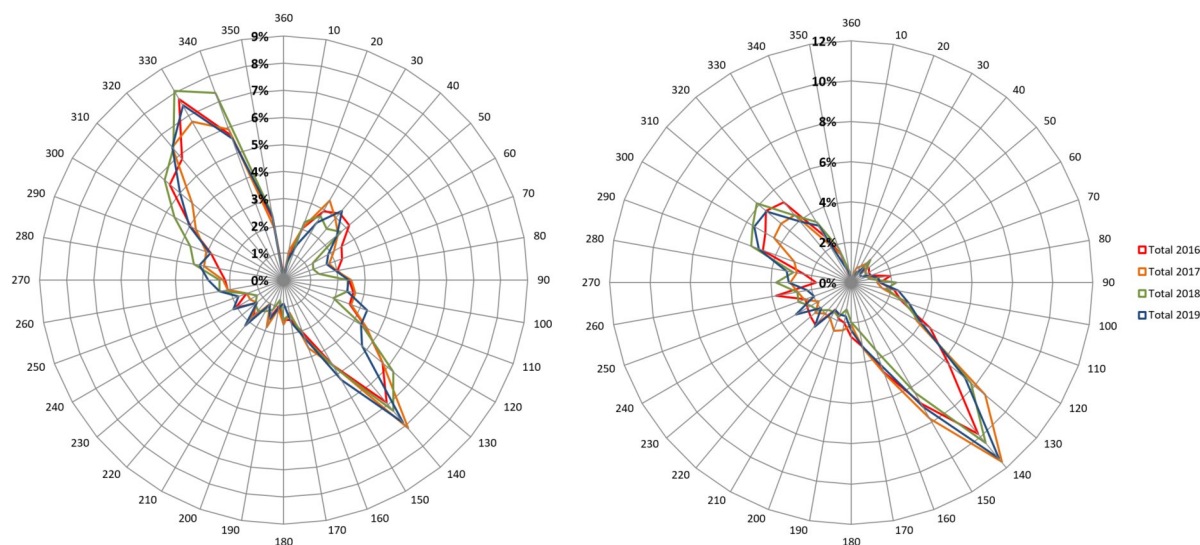


Abbildung 3-17: Thun: Vergleich der Windrosen aus den COSMO1-Daten über alle vier Jahre. Links: für Tag von 9-17 Uhr, rechts für Abend von 19-23 Uhr

Der Vergleich der Häufigkeiten der Meteoklassen zwischen den Jahren 2016 bis 2019 zeigt ein konsistentes Bild. Allerdings treten Variationen in den Häufigkeiten auf, welche als Hinweis dafür interpretiert werden können, dass eine Mittelung über mehrere Jahre sinnvoll und angebracht ist. Die allgemeine Verteilung der Häufigkeiten für alle Standorte für Tag und Nacht ist plausibel, und es gibt keine extremen Abweichungen. Nur vereinzelt gibt es etwas Schwankungen, wie beispielsweise am Tag in Chur (Abbildung 3-12), wo 2016 und 2017 die Auftretenshäufigkeit der labilen Situation L4 deutlich kleiner ist als in den darauffolgenden Jahren. Auch der Vergleich mit dem COSMO2-Datensatz zeigt ein stimmiges Bild. Für alle Standorte und zu beiden Zeiträumen verhalten sich die Meteostatistiken sehr ähnlich zu den COSMO1-Statistiken. Die Abweichungen der COSMO2- zu den COSMO1-Daten sind aber ausgeprägter als zwischen den einzelnen COSMO1-Jahrestatistiken, was darauf hinweist, dass die Unterschiede nicht nur auf Variationen des Wetters zwischen den Jahren, sondern auch auf Änderungen an den Meteo-Modellen zurückzuführen sind.

Die Windrosen der einzelnen Jahre des COSMO1-Datensatzes weichen wenig voneinander ab. Sowohl die Hauptwindrichtungen wie auch die Häufigkeiten schwanken zwischen 2016 bis 2019 wenig und sind konsistent.

## 4 Gesamtschweizerischer Vergleich der alten und neuen Meteostatistiken

Mit dem in Untersuchungsbericht 5214.025099-1 beschriebenen Tool wurden gemäss der in Kapitel 3 definierten Mittelungsmethode b) gesamtschweizerische Meteostatistiken im COSMO2-Format aufbereitet und in tabellarischer Form abgelegt. Die so erzeugten Statistiken wurden mit den Daten aus 2012 verglichen. Die nachfolgenden Tabellen zeigen für die 15 Meteoklassen die resultierenden Abweichungen für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit auf 10 m Höhe, für die Häufigkeiten der einzelnen Meteoklassen, sowie für die dominierenden Windrichtungen. Negative Werte zeigen dabei eine Zunahme und positive Werte eine Abnahme der Werte bei Verwendung von COSMO1 im Vergleich zu COSMO2.

*Tabelle 4-1: Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: Temperatur auf 10 m Höhe.*

T [°C]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	-0.6	-1.3	-1.9	-2.1	-1.3	-0.5	-1.0	-0.9	-0.2	-0.1	-1.7	-2.2	-2.4	-2.2	-1.9
Stabw	2.1	1.3	1.5	1.7	2.0	1.1	0.9	1.1	1.2	1.4	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6
Max	13	4	5	4	7	6	3	4	5	13	3	2	3	5	11
Min	-9	-9	-11	-11	-11	-5	-5	-6	-8	-10	-8	-6	-8	-10	-13

*Tabelle 4-2: Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: relative Feuchtigkeit auf 10 m Höhe.*

rF [%]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	0.4	0.9	1.3	2.4	3.8	-1.5	1.7	3.1	3.3	2.9	-0.1	3.8	6.3	6.6	5.6
Stabw	4.9	4.1	4.9	5.2	5.4	3.4	2.9	3.4	4.2	4.9	3.7	3.7	4.6	4.7	4.5
Max	73	24	25	23	28	16	15	21	28	35	19	19	24	28	32
Min	-21	-12	-12	-15	-24	-19	-8	-8	-17	-24	-22	-10	-16	-15	-14

Der statistische Vergleich von Temperatur und Feuchtigkeit zeigt im Mittel ein relativ konsistentes Bild (Temperaturzunahme). Allerdings resultieren bei der Temperatur für gewisse Meteoklassen bei den Mittelwerten Abweichungen von bis zu 2.4 °C, und bei den Minimal- und Maximalwerten gibt es Gitterpunkte, bei welchen die Temperaturen um zehn oder mehr Grad auseinanderliegen. Abbildung 4-1 stellt diese Gitterpunkte räumlich dar. Es fällt auf, dass sie sich ausschliesslich in steilen Tälern befinden. Gemäss Rückmeldung der Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik können namentlich drei Ursachen für so grosse Abweichungen verantwortlich sein:

- Geänderte Modelltopographie, d.h. unterschiedliche Annahmen zur Höhe über Meer
- Geänderte Randbedingungen wie der Landnutzung und der Bodenfeuchte
- Probleme des Modells, stabile, nächtliche Grenzschichten auszubilden

Performance-Tests und Validierungen des Modells erfolgen jeweils bei Messstationen und nicht für alle Gitterpunkte, weshalb gemäss Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik diese Abweichungen an den einzelnen Gitterpunkten zwischen den beiden Datensätzen bisher allenfalls unentdeckt blieben.

Bezüglich Luftfeuchtigkeit nahmen die Werte im Mittel mit COSMO1 zu.



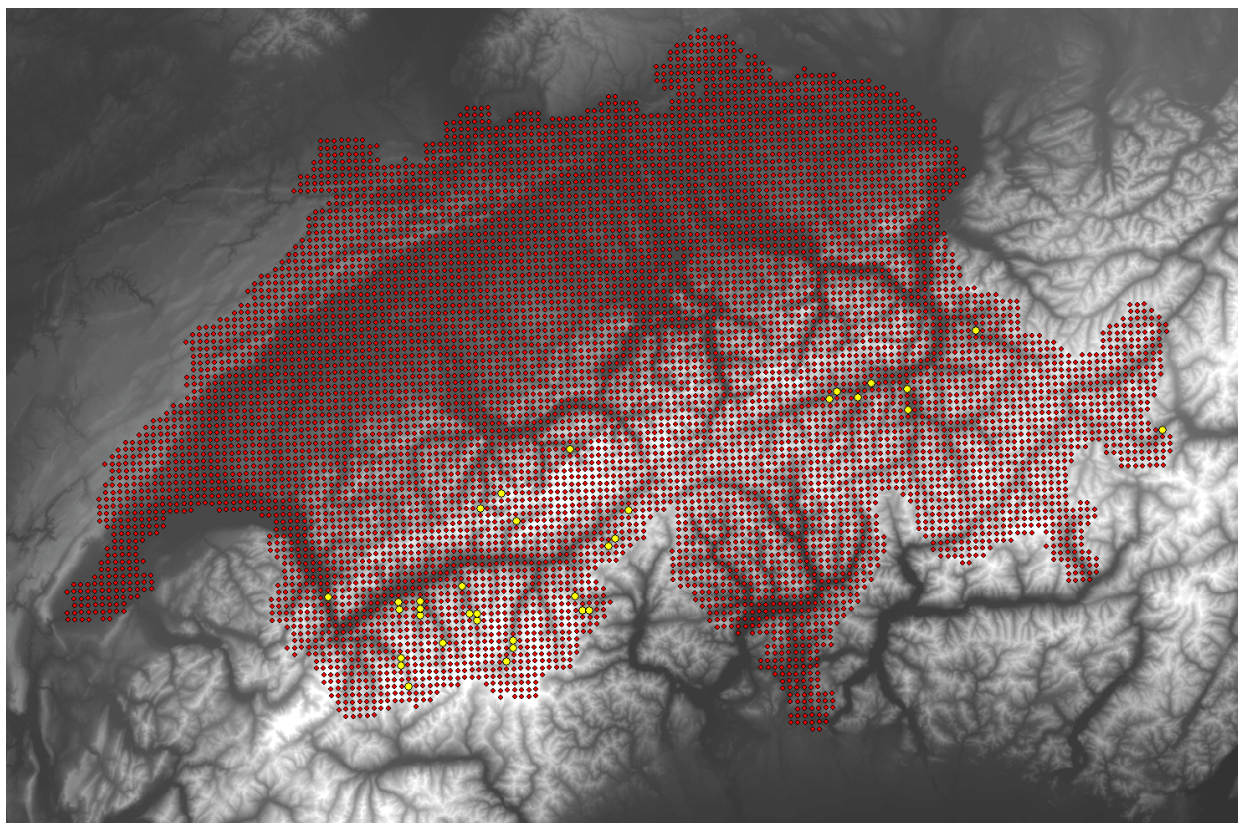


Abbildung 4-1: COSMO1-Gitterpunkte; hervorgehoben sind Punkte mit mehr als 10° Abweichung der mittleren jährlichen Temperatur.

Der statistische Vergleich der Auftretenshäufigkeiten der zugeordneten Meteosituationen für den Tag gemäss Tabelle 4-3 zeigt recht stabile Werte mit kleinen mittleren Abweichungen und kleinen Standardabweichungen, auch wenn es wiederum einzelne Gitterpunkte mit grossen Abweichungen gibt. Bei der analogen Auswertung für den Abend gemäss Tabelle 4-4 zeigt sich eine systematische Verschiebung von S0 zu S1, welche auf eine Anpassung der Windmodellierung bei stabilen Bedingungen zurückzuführen ist.

Tabelle 4-3: Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: Auftretenshäufigkeit (%) Tag.

H [%]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	3	1	-1	0	4	0	-3	-1	-1	3	0	-1	-1	-1	0
Stabw	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	1	1	1	1
Max	19	17	10	15	20	16	9	7	11	23	7	2	2	2	4
Min	-14	-14	-12	-16	-13	-12	-15	-10	-11	-9	-3	-6	-4	-5	-7

Tabelle 4-4: Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: Auftretenshäufigkeit (%) Abend.

H [%]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	0	0	0	0	0	-1	-1	1	3	3	10	-9	-2	-4	1
Stabw	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	7	7	4	4	4
Max	0	0	0	0	0	10	8	8	13	16	45	11	16	11	19
Min	0	0	0	0	0	-9	-9	-5	-6	-11	-16	-38	-23	-23	-19

Bei den aus den Windrosen ausgewerteten Hauptwindrichtungen ergeben sich gemäss Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6 mittlere Abweichungen zwischen 20 und 40°. Da Windrichtungen von  $\pm 30^\circ$  zusammengefasst werden, liegen diese Abweichungen noch in den gleichen Hauptwindrichtungen. Es zeigt sich aber, dass die Windfelder nicht deckungsgleich sind. Die maximalen Abweichungen weisen darauf hin, dass es Gitterpunkte gibt, bei denen die Windfelder bzw. die daraus abgeleiteten Hauptwindrichtungen stark abweichen.

*Tabelle 4-5: Mittlere Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: drei Hauptwindrichtungen, Tag.*

Wdir [°]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	-	41	33	25	21	-	44	34	26	21	-	43	42	41	40
Stabw	-	21	19	18	17	-	19	19	18	17	-	19	19	18	18
Max	-	97	92	84	90	-	95	90	86	98	-	102	106	116	118

*Tabelle 4-6: Mittlere Abweichung der alten (COSMO2) minus neuen (COSMO1) Meteodaten: drei Hauptwindrichtungen, Abend.*

Wdir [°]	L0	L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4	S0	S1	S2	S3	S4
Mw	-	-	-	-	-	-	43	35	29	27	-	38	33	28	27
Stabw	-	-	-	-	-	-	18	18	18	18	-	21	20	19	19
Max	-	-	-	-	-	-	94	91	98	106	-	99	101	103	112

## 5 Auswirkung meteorologischer Unterschiede auf die resultierenden Lärmbelastungen

Es stellt sich die Frage, wie sich die festgestellten Abweichungen der meteorologischen Eingangsdaten auf die Schallausbreitungsmodellierung bzw. die resultierenden Lärmkarten auswirken. Um dies zu untersuchen, wurden für die drei Waffenplätze Bière, Chur und Thun Jahresberechnungen durchgeführt, einmal mit den Meteodaten von 2012 und einmal mit den aktualisierten Daten. Die betriebliche Modellierung wurde vom Jahr 2006 übernommen, dem letzten Zustand, welcher für alle drei Plätze durch die Empa berechnet worden war. In Bière wurden 55 separate Quellen modelliert, in Chur 45 und in Thun 38. Für die Auswahl der Meteosituationen wurden die Standardeinstellungen beibehalten. Es wurde somit das automatisch identifizierte Meteogebiet und eine minimale Abdeckung von 60% der Zeit verwendet. Abbildung 5-1 bis Abbildung 5-3 zeigen die räumlichen Differenzen der beiden Berechnungen.

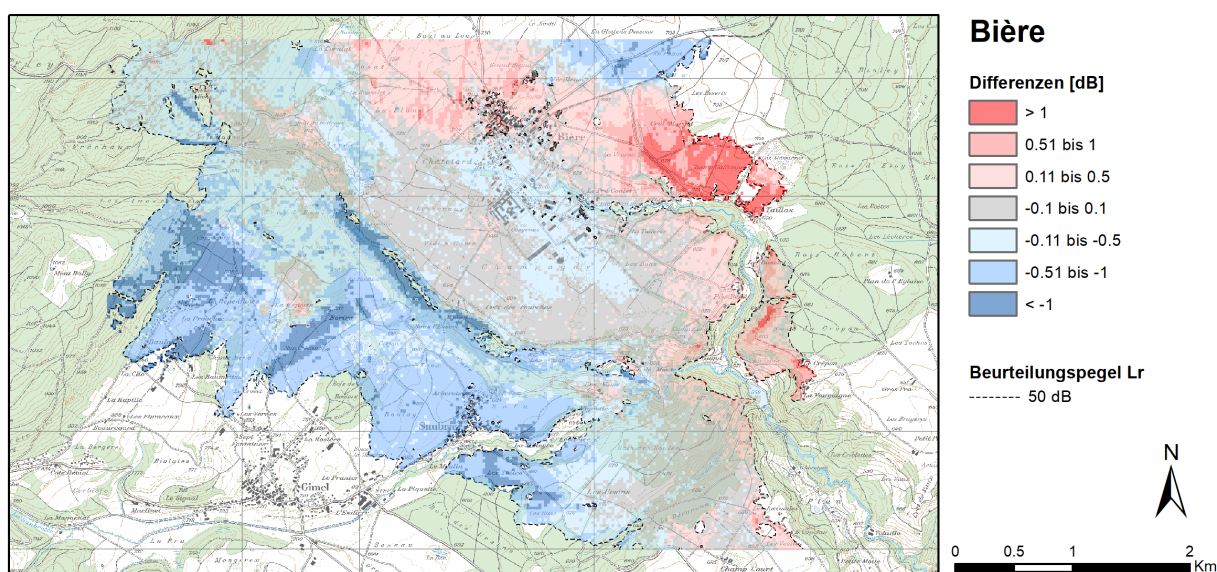


Abbildung 5-1: Differenzplot (alt – neu) der Lärmbelastung für das Jahr 2006, Waffenplatz Bière.

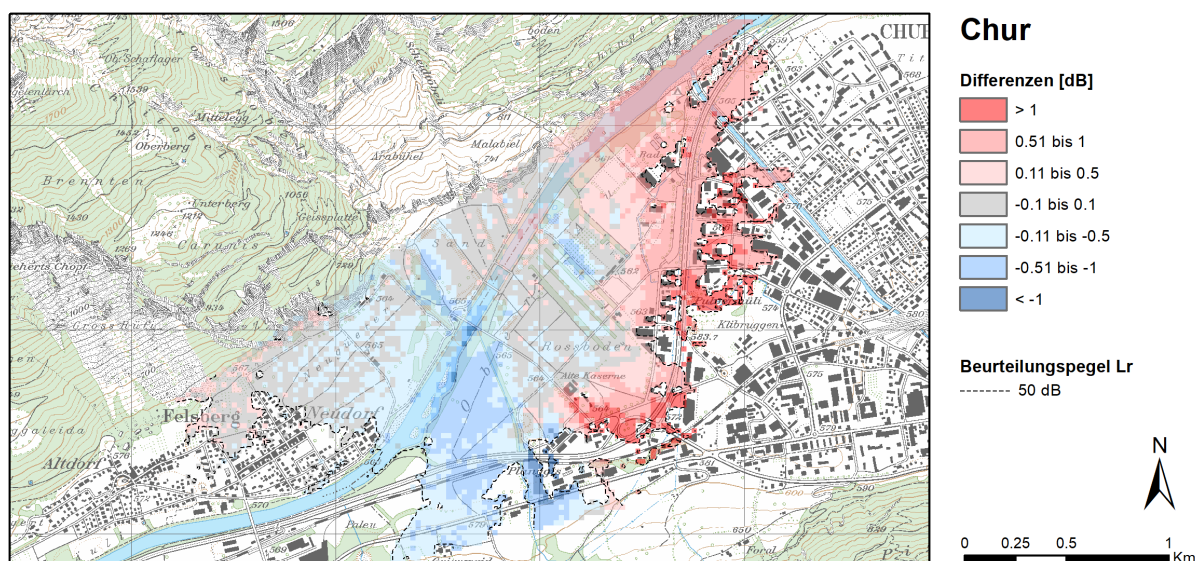


Abbildung 5-2: Differenzplot (alt – neu) der Lärmbelastung für das Jahr 2006, Waffenplatz Chur.



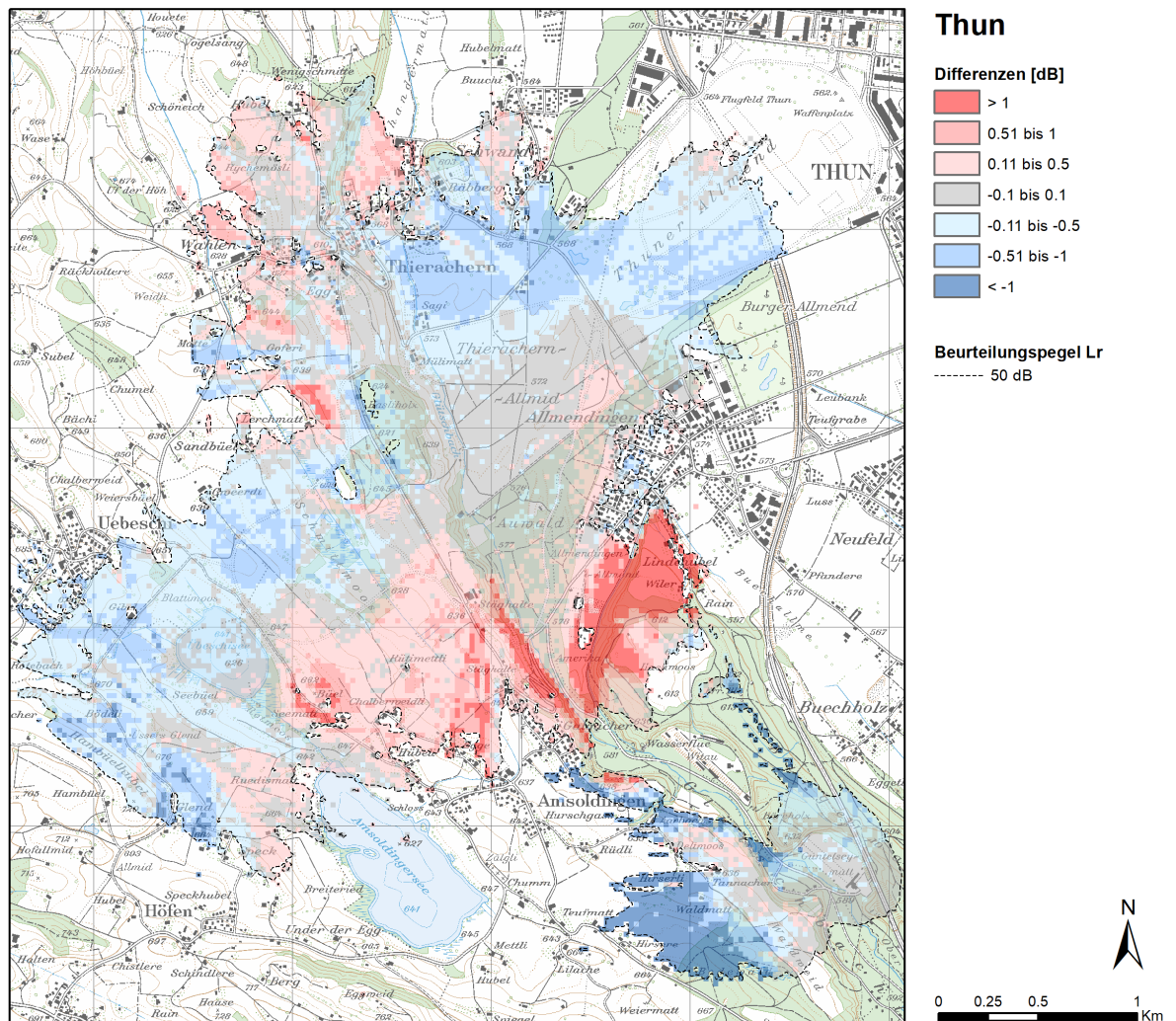


Abbildung 5-3: Differenzplot (alt – neu) der Lärmbelastung für das Jahr 2006, Waffenplatz Thun.

Abbildung 5-4 bis Abbildung 5-6 zeigen die entsprechenden Histogramme der Pegeldifferenzen, wobei nur Beurteilungspegel  $\geq 50$  dB ausgewertet wurden.

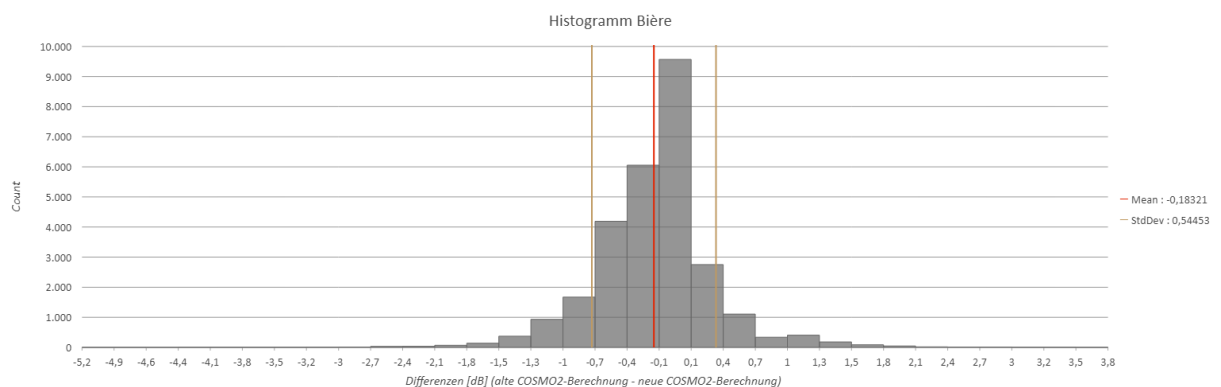


Abbildung 5-4: Histogramm der Pegeldifferenzen (alt – neu) für den Waffenplatz Bière. Ausgewertet wurden Beurteilungspegel  $\geq 50$  dB.

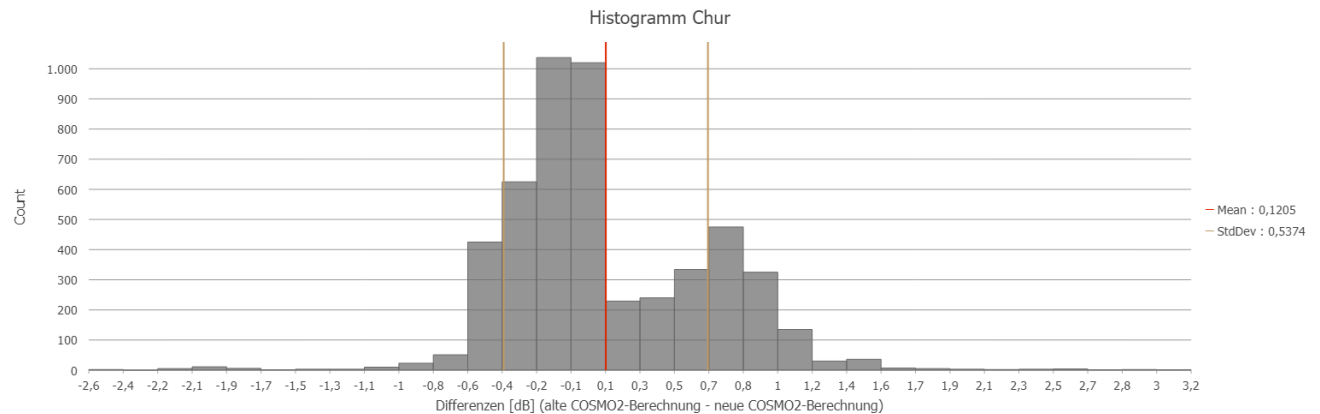


Abbildung 5-5: Histogramm der Pegeldifferenzen (alt – neu) für den Waffenplatz Chur. Ausgewertet wurden Beurteilungspegel  $\geq 50$  dB.

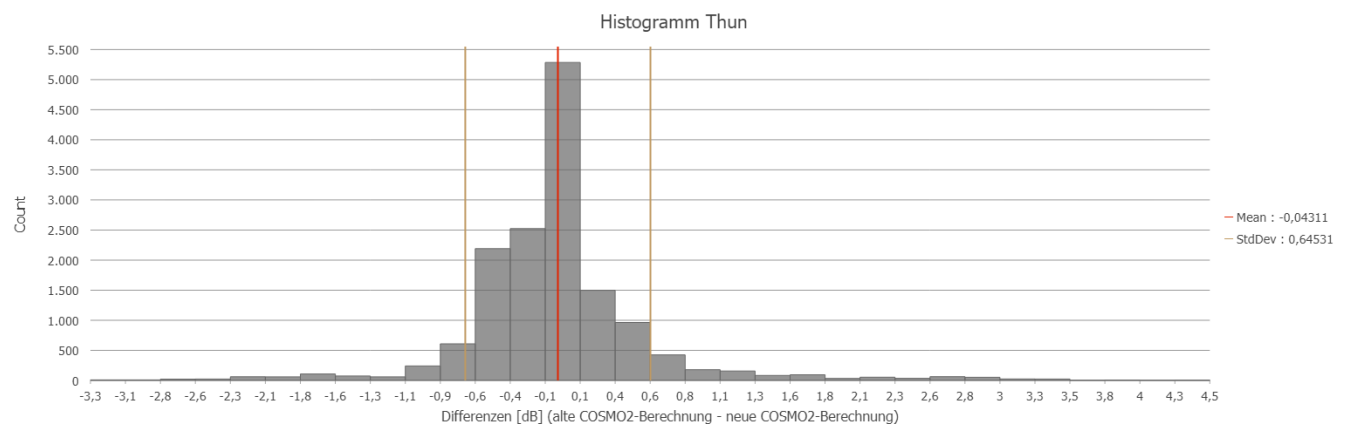


Abbildung 5-6: Histogramm der Pegeldifferenzen (alt – neu) für den Waffenplatz Thun. Ausgewertet wurden Beurteilungspegel  $\geq 50$  dB.

Für alle drei Standorte werden in den Differenzplots und den Histogrammen nur Differenzen für Beurteilungspegel  $\geq 50$  dB ausgewiesen. Die Verteilung der Pegeldifferenzen zeigt für alle Standorte ein ähnliches Bild. Während die Mittelwerte für Bière und Thun mit  $-0,18$  resp.  $-0,04$  dB mit den aktualisierten Metedaten geringfügig tiefer liegen, resultiert in Chur im Mittel eine leichte Erhöhung um  $+0,12$  dB. Die Streuung liegt dabei für alle Standorte in einer vergleichbaren Grössenordnung mit Werten zwischen  $0,53$  und  $0,64$  dB. An den drei Standorten sind bei  $8,6\%$ ,  $5,3\%$  und  $8,2\%$  der Gitterpunkte Abweichungen von mehr als einem Dezibel aufgetreten.

## 6 Diskussion

In Kapitel 3 wurde die Methodik zur Zusammenführung und zum Vergleich von Meteostatistiken auf Basis der älteren COSMO2-Daten und der neueren COSMO1-Daten entwickelt. Ein Vergleich der Häufigkeiten einzelner Meteoklassen sowie von Windrosen für die drei Standorte Bière, Chur und Thun zeigte gesamthaft ein konsistentes Bild (d.h. ähnliche Meteodaten). Gleichwohl waren einige grössere Abweichungen feststellbar:

- In Bière traten mit dem alten Datensatz deutlich mehr Starkwindsituationen auf (33% statt 23% am Tag und 26% statt 20% am Abend). Am Tag waren bisher mehr Fälle einer labil statt neutral geschichteten Atmosphäre zugeordnet (52% anstatt 48%), dafür waren bisher am Abend weniger stabil geschichtete Atmosphären zu verzeichnen (75% anstatt 83%). Die Hauptwindrichtungen sind weitgehend gleich, auch wenn im Falle der COSMO1-Daten sich die Windrosen etwas breiter darstellen.
- Die Feststellungen aus Bière bestätigen sich für Chur. Hier ist wiederum eine Abnahme bei höheren Windgeschwindigkeiten (Windklassen 3 und 4) und dafür eine deutliche Zunahme der Windklasse 1, also mit Windgeschwindigkeiten von 1-2 m/s feststellbar. Ebenso ist wiederum eine deutliche Abnahme der labilen Schichtungen am Tag und eine deutliche Zunahme der stabilen Schichtungen am Abend feststellbar. Die Windrosen zeigen bei den alten und neuen Daten zwei eindeutig vorherrschende Windrichtungen, welche aber um 10-20° abweichen.
- Thun zeigt ein vergleichbares Bild, allerdings mit einer weniger ausgeprägten Verschiebung der Windklassen. Die Abnahme der Häufigkeit labiler Situationen am Tag bzw. die Zunahme stabiler Situationen am Abend ist jedoch wiederum ausgeprägt. Die Windrosen am Tag sehen für Thun recht unterschiedlich aus, da neu die Windrichtung Südost ein deutlich höheres Gewicht erhält.

Der Vergleich verschiedener Jahre im COSMO1-Datensatz zeigt in sich ein sehr konsistentes Bild, mit geringen Schwankungen. Beim Vergleich mit dem COSMO2-Datensatz treten vereinzelt die bereits erwähnten grösseren Differenzen zwischen dem alten und neuen Datensatz auf.

Der gesamtschweizerische statistische Vergleich in Kapitel 4 zeigt für die Mittelwerte bei Temperatur und Feuchte vergleichsweise kleine Abweichungen. Allerdings existieren für gewisse Meteoklassen einzelne Gitterpunkte, bei welchen beispielsweise die mittleren Temperaturen um zehn oder mehr Grad auseinanderliegen. Auffallend dabei ist, dass sich diese Gitterpunkte ausschliesslich in steilen Tälern befinden. Diese Unterschiede können dabei zumindest teilweise durch die Methodik zur Zusammenfassung der COSMO1-Gitterpunkte (siehe Abschnitt 3.2 im Vergleich zu Abschnitt 7.1) erklärt werden. Möglicherweise spielen aber auch grundsätzliche Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen bzw. den zugrundeliegenden Meteomodellen eine Rolle. Gemäss der Rückmeldung der Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik können neben der Mittelungsmethodik drei Ursachen für diese Unterschiede verantwortlich sein:

- Geänderte Modelltopographie, sprich unterschiedliche Annahmen zur Höhe über Meer
- Geänderte Randbedingungen wie der Landnutzung und der Bodenfeuchte
- Probleme des Modells stabile, nächtliche Grenzschichten auszubilden

Da Performance-Tests und Validierungen des Modells jeweils nur bei Messstationen und nicht für alle Gitterpunkte erfolgen, könnten diese Abweichungen bisher unentdeckt geblieben sein.

Bezüglich Auftretenshäufigkeiten der Meteoklassen und der dominanten Windrichtungen bestätigen die statistischen Auswertungen gemäss Kapitel 4 die Erkenntnisse aus Kapitel 3. Bei den meisten Meteoklassen liegen die mittleren Abweichungen bei wenigen Prozent. Eine Ausnahme bilden dabei die Meteoklassen S0 und S1, welche am Abend Abweichungen von knapp 10% aufweisen. Bei den Windrichtungen zeigt sich pro Meteoklasse eine mittlere Abweichung von 33°. Dies weist auf eine grundsätzliche Übereinstimmung der Windrosen, allerdings mit einigen Abweichungen hin.

In Kapitel 5 wurde untersucht, wie sich diese meteorologischen Unterschiede auf die Lärmbelastung auswirken. Trotz den deutlichen Unterschieden bei den Meteo-Eingangsdaten zeigen sich im Mittel geringe Differenzen zwischen Bechnungen basierend auf den alten und neuen Meteodaten. Für alle drei untersuchten Waffenplätze Bière, Chur und Thun bewegt sich die Streuung der Differenzen im Rahmen von 0.53 bis 0.64 dB und die Mittelwerte im Rahmen von -0.18 bis +0.12 dB.

## 7 Anhang

### **Vergleich von Meteostatistiken aus sonARMS mit Neuauswertungen auf Basis von COSMO1-Punkten innerhalb der Meteogebiete, Mittelungsmethodik a)**

Die bisher in sonARMS verwendeten Meteostatistiken wurden gemäss folgender Zeiteinteilung erstellt:

- c) Tag: 9 – 17 Uhr, ganzes Jahr
- d) Abend: 19 – 23 Uhr, ganzes Jahr

In den nachfolgenden Tabellen wird, separat für Tag und Abend, die Häufigkeit der verschiedenen Meteoklassen zwischen den bisher verwendeten Statistiken und einer Neuauswertung mit COSMO1-Daten verglichen. Die zugehörigen Abbildungen zeigen die Windrosen für die beiden Zeiträume und die drei Standorte.

Tabelle 7-1: Bière: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	2%	3%	2%	8%	3%	5%	1%	9%	0%	-2%	1%	-1%
1	11%	6%	1%	18%	9%	9%	2%	20%	2%	-3%	-1%	-1%
2	10%	5%	1%	16%	11%	8%	1%	20%	-1%	-2%	0%	-3%
3	14%	10%	1%	25%	14%	13%	2%	28%	0%	-3%	0%	-3%
4	15%	16%	2%	33%	11%	11%	1%	24%	4%	5%	0%	9%
Stab	52%	41%	7%	100%	48%	46%	7%	100%	5%	-5%	0%	0%

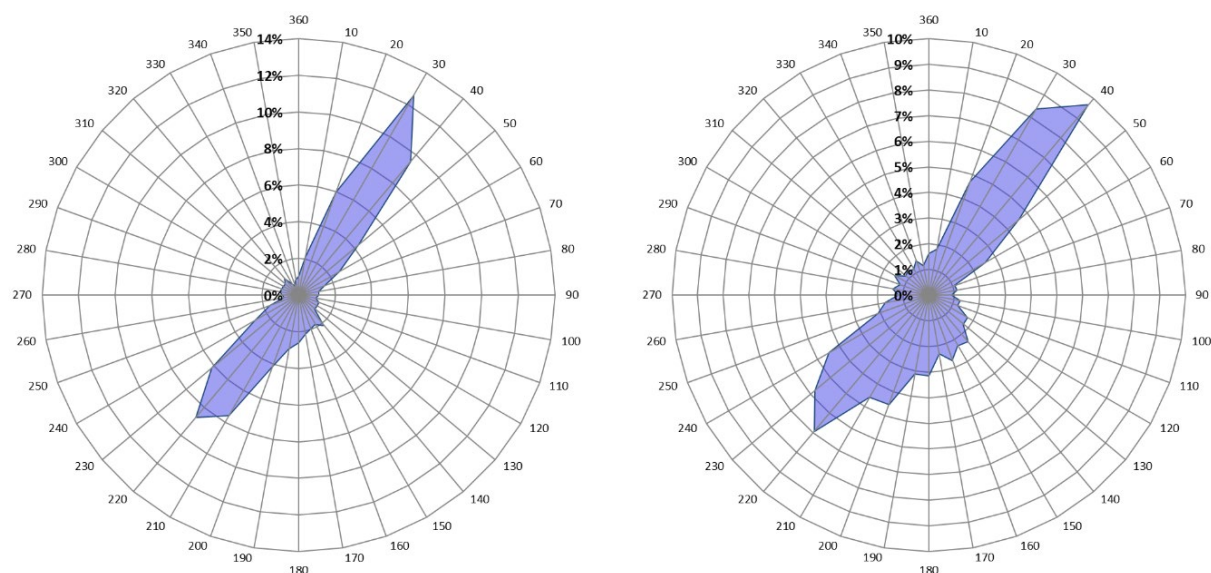


Abbildung 7-1: Bière: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 7-2: Bière: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	0%	1%	12%	13%	0%	2%	10%	12%		0%	-1%	2%	1%	
1	0%	4%	14%	18%	0%	3%	17%	20%		0%	1%	-3%	-2%	
2	0%	4%	16%	20%	0%	3%	14%	17%		0%	1%	2%	2%	
3	0%	7%	16%	23%	0%	5%	24%	29%		0%	2%	-8%	-6%	
4	0%	9%	17%	26%	0%	4%	17%	21%		0%	5%	0%	5%	
Stab	0%	25%	75%	100%	0%	17%	83%	100%		0%	8%	-7%	0%	

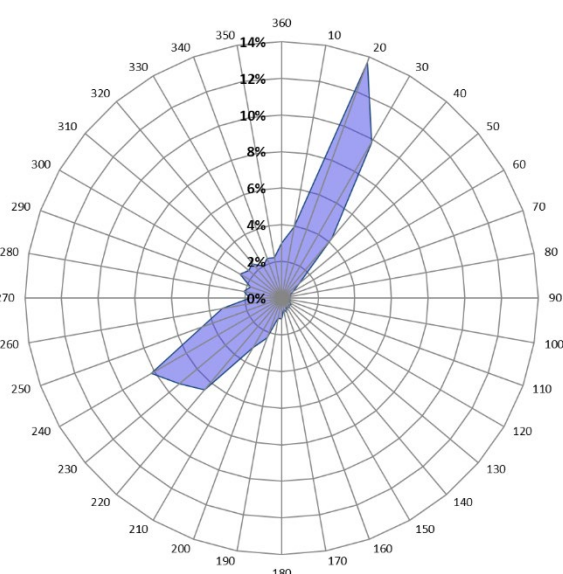
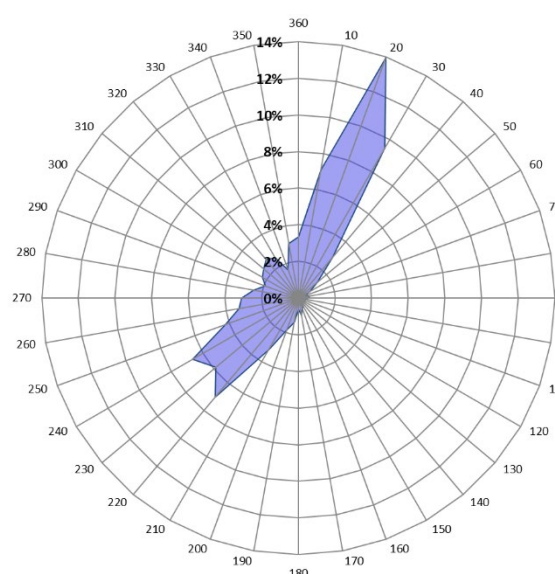


Abbildung 7-2: Bière: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 7-3: Chur: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

COSMO2					COSMO1					Differenz				
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind		L	N	S	Wind	
0	3%	2%	1%	6%	2%	5%	3%	9%		2%	-3%	-2%	-4%	
1	6%	3%	0%	10%	4%	8%	2%	14%		2%	-4%	-2%	-4%	
2	8%	5%	1%	14%	5%	7%	1%	13%		3%	-2%	0%	1%	
3	17%	10%	2%	29%	14%	12%	2%	27%		3%	-1%	0%	2%	
4	26%	15%	1%	41%	22%	12%	2%	36%		4%	2%	-2%	5%	
Stab	60%	35%	4%	100%	47%	43%	10%	100%		13%	-8%	-5%	0%	



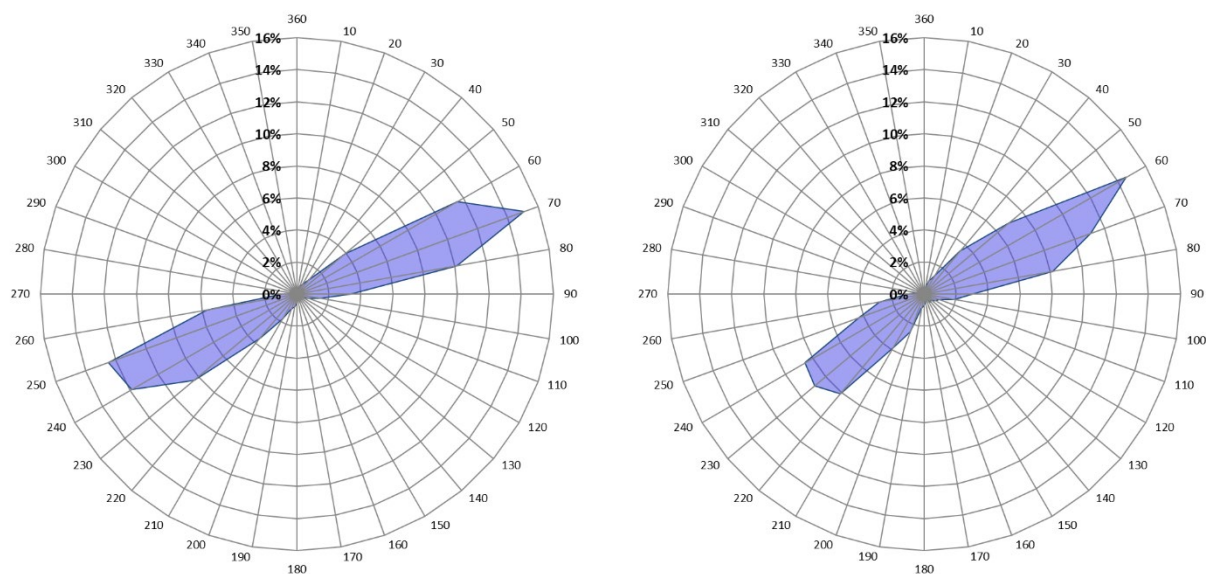


Abbildung 7-3: Chur: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 7-4: Chur: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	0%	1%	13%	14%	0%	7%	15%	22%	0%	-6%	-3%	-8%
1	0%	4%	13%	18%	0%	6%	18%	24%	0%	-1%	-4%	-6%
2	0%	6%	20%	26%	0%	3%	14%	17%	0%	3%	6%	9%
3	0%	12%	16%	27%	0%	2%	19%	21%	0%	10%	-3%	6%
4	0%	8%	7%	15%	0%	1%	16%	17%	0%	7%	-9%	-2%
Stab	0%	31%	69%	100%	0%	18%	82%	100%	0%	13%	-13%	0%



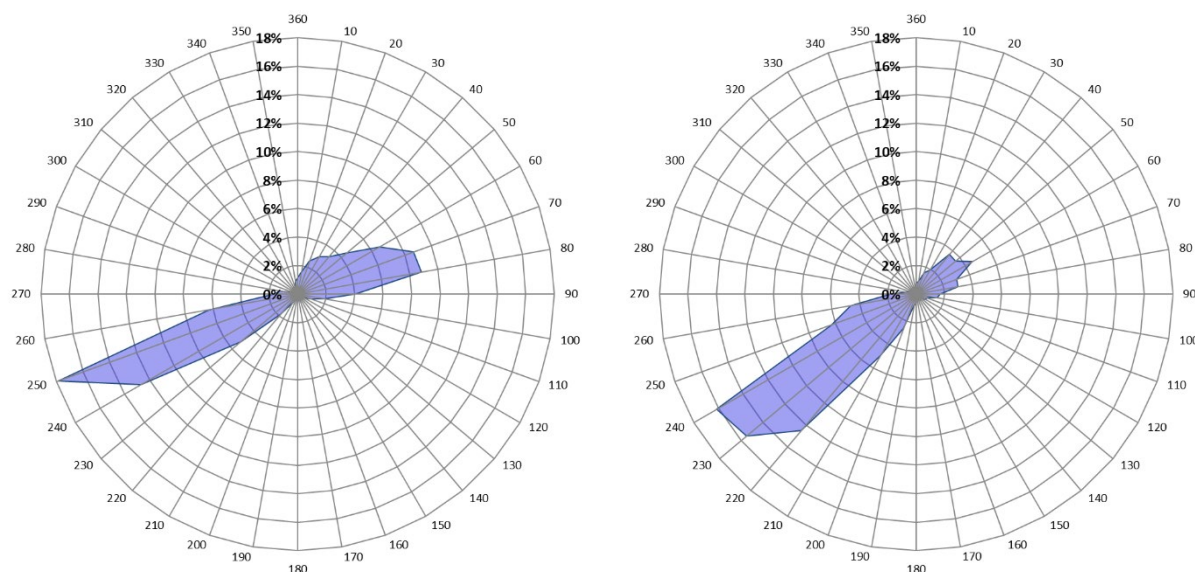


Abbildung 7-4: Chur: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 7-5: Thun: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	6%	9%	4%	20%	4%	9%	2%	16%	2%	0%	2%	4%
1	15%	16%	1%	32%	12%	18%	3%	33%	4%	-2%	-2%	0%
2	14%	9%	0%	23%	14%	12%	1%	27%	0%	-2%	-1%	-3%
3	10%	7%	0%	17%	12%	8%	1%	20%	-2%	-1%	0%	-3%
4	4%	3%	0%	7%	2%	2%	0%	4%	2%	1%	0%	3%
Stab	49%	45%	6%	100%	44%	49%	7%	100%	6%	-4%	-1%	0%

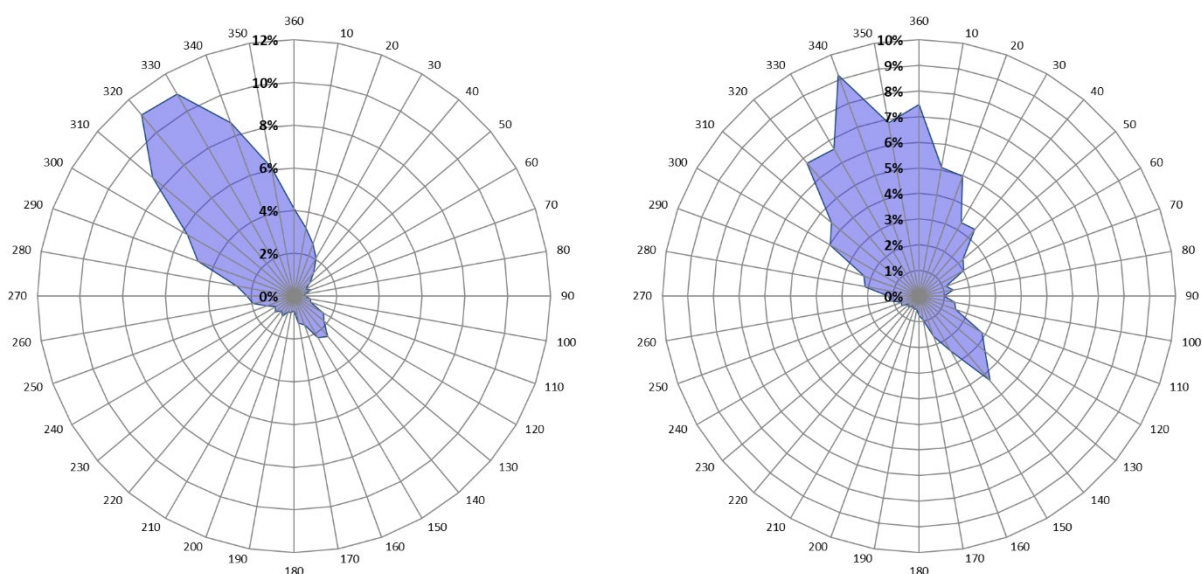


Abbildung 7-5: Thun: Vergleich der Windrosen für den Tag von 09-17 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.

Tabelle 7-6: Thun: Vergleich der Häufigkeit der 15 Meteoklassen den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr.

	COSMO2				COSMO1				Differenz			
	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind	L	N	S	Wind
0	0%	4%	30%	35%	0%	6%	24%	31%	0%	-2%	6%	4%
1	0%	8%	21%	29%	0%	7%	28%	36%	0%	1%	-7%	-7%
2	0%	7%	9%	16%	0%	3%	11%	14%	0%	4%	-2%	2%
3	0%	7%	6%	12%	0%	2%	11%	13%	0%	5%	-6%	-1%
4	0%	4%	4%	8%	0%	1%	5%	6%	0%	3%	-1%	2%
Stab	0%	30%	70%	100%	0%	20%	80%	100%	0%	10%	-10%	0%

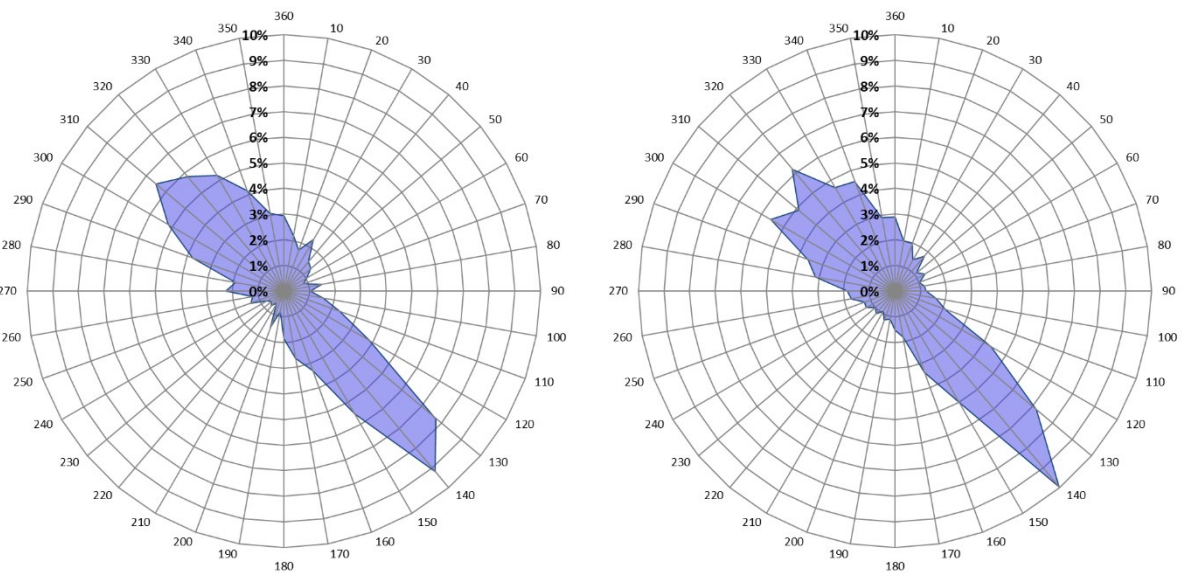


Abbildung 7-6: Thun: Vergleich der Windrosen für den Abend von 19-23 Uhr, ganzes Jahr. Links: COSMO2-Daten, rechts COSMO1-Daten.