

Kapitel 8

Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Verifikationsergebnisse der operationellen Version des EZMW-Modells, die seit Oktober 2000 verfügbar sind, betrachtet. Anhand einer Fallstudie wird demonstriert, wie die EZMW-Niederschlagsprognosen verifiziert werden. Es wurden 22 Tage der Periode 1.-22. Dezember 2001 ausgewählt, gekennzeichnet durch mehrere Tiefdruckgebiete mit dazugehörigen Höhenströmungen und teilweise starkem Niederschlag (Kap. 8.1). Verifikationsergebnisse in graphischer Darstellung, Ergebnisse der Kontingenztabellen mit dazugehörigen Größen kategorischer und kontinuierlicher Verifikationsmaßzahlen werden vorgestellt (Kap. 8.1). Die monatlichen und saisonalen Verifikationsmaßzahlen wurden dann berechnet (Kap. 8.2, 8.3). Eventuelles Auftreten von Phasenverschiebungen in den Niederschlagszeitreihen oder im Eintreten des Niederschlags wurden ebenfalls untersucht und zusammengefasst (Kap. 8.4). Um Informationen über den möglichen Einfluss orographischer Gegebenheiten des Zagros- und Alborz-Gebirge aufzuzeigen, wurde die räumliche Variabilität der kategorischen und kontinuierlichen Größen bestimmt (Kap. 8.5). Die multi-kategorische Verifikation mit Betrachtung der elf verschiedenen Schwellenwerte wird für die täglichen Niederschläge (über einen Monat) durchgeführt (Kap. 8.7). Die Genauigkeit der EZMW-Niederschlagsprognose pro bestimmte Schwellenwerte wurde mit der *Probability of Detection* (POD), *False Alarm Ratio* (FAR) und *True Skill Statistics* (TSS) demonstriert (Kap. 8.7) und zu allerletzt wurde die Verifikation auf den ganzen betrachteten Zeitraum (Jahr 2001) angewandt (Kap. 8.8).

8.1 Tägliche Verifikationsergebnisse

Als Demonstration des Verifikationsschemas wurden einige Tage mit hohen Niederschlagsmengen ausgewählt. Da die Niederschlagssumme und der Niederschlagsmittelwert in Dezember 2001 am höchsten sind, wurde die Periode 1.-22. Dezember 2001 als Fallstudie betrachtet. Es muss beachtet werden, dass der Schwellenwert 0.1(mm) als Grenze zwischen Ja/Nein Niederschlag betrachtet wurde. Die Abbildungen 8.1.1-8.1.22 zeigen die beobachteten sowie die mit dem EZMW-Modell prognostizierten Niederschläge in der Untersuchungsperiode. Die Abbildungen 8.1.23- 8.1.26 sind die Boden sowie die 500 hPa Karten für einige ausgewählten Tage in dem betrachteten Zeitraum.

8.1.1 1. Dez 2001

Am 30. November befand sich ein Bodentief mit dazugehöriger Höhenströmung und Frontensystem über der Türkei. Die Warmfront hat am nächsten Tag bereits den südwestlichen Teil des Irans erreicht. Abb. 8.1.1 zeigt die räumliche Verteilung und die Niederschlagsmenge für jede einzelne Gitterbox für die analysierten Bodenbeobachtungen (links) und des EZMW-Vorhersagemodells (rechts).

Am 1. Dez. ist ein Höhentief mit 5440 gpm über dem Mittelmeer zu sehen. Der Trog liegt im Westen des Irans und die südwestlichen Strömungen auf der Vordersite des Troges (500 hPa) sind im westlichen Teil des Irans zu beobachten. Das ist ersichtlich, dass das EZMW-Modell die exakte Position des rasch vorbeiziehenden Niederschlagssystems teilweise richtig wiedergegeben hat. Das Modell hat die Niederschläge im mittleren Teil des Gebiets nicht vorhergesagt. Der über der gesamten Domäne gemittelte Niederschlag betrug 5.39 mm/Tag, für das EZMW 3.46 mm/Tag. D. h. obwohl das Modell die Position der Warmfront und des Niederschlagssystems trifft, unterschätzt es aber die Niederschlagsmenge um 1.94 mm. Die Genauigkeit (TSS) des Modells für die Niederschlagsprognose am 1. Dez beträgt 0.49. Wie beim Betrachten der Kontingenztabellen zu sehen ist, stimmt die Prognose in 33% (von 34%) der Fälle mit der Beobachtung überein (Niederschlag wurde beobachtet und auch vorhergesagt). In 37% der Fälle hat das Modell keinen Niederschlag für den Untersuchungsgebiet vorhergesagt, was mit Beobachtungsdaten übereinstimmt. Das Modell hat bei 29% der Prognosen keinen Niederschlag vorhergesagt, obwohl er beobachtet wurde. 62% der gesamten Domäne wurde am 1. Dez mit Niederschlag bedeckt und 38% war ohne Niederschlag. Das EZMW-Modell hat aber für nur 34% des gesamten Gebiets Niederschlag vorhergesagt und für 66% des Gebiets keinen Niederschlag prognostiziert. Was in der Kontingenztafel groß ist, ist die falsche ja/nein Prognose ($M=29\%$), d. h. das Modell hat keinen Niederschlag prognostiziert, obwohl er beobachtet wurde (siehe Abbildung 8.1.1). Mit Betrachten der kontinuierlichen und kategorischen Maßzahlen können wir einen ausreichenden Überblick über die Vorhersagegüte haben.

8.1.2 2. Dez 2001

Am 2. Dez 2001 hat das Höhentief sich nach Osten bewegt und das Niederschlagsgebiet hat sich von Südwesten nach Nordosten ausbreitet. Die südwestlichen Strömungen sind auf der 500 hPa Karte zu sehen. Wie Abbildung 8.1.2 darstellt, trifft das EZMW-Modell die Position des Niederschlagssystems im zentral- und West-Teil des Irans. Das Modell war aber nicht in der Lage, die Niederschläge im südlichen Teil (am persischen Golf) vorherzusagen. Wie die Verifikationsmaßzahlen zeigen, wurde für das gesamte Gebiet im Mittel 5.9 mm Niederschlag beobachtet, wobei EZMW nur 5.68 mm vorhergesagt hat. Das Modell unterschätzt also die Niederschlagsmenge um 0.21 mm/Tag. 62% der EZMW-Prognose stimmt mit den Ja-Beobachtungen überein und nur 12% des beobachteten Niederschlags wurden mit dem Modell nicht prognostiziert. Diesmal ist $F=0$, d. h. was EZMW vorhergesagt hat, wurde auch beobachtet. Was noch interessant ist, ist die richtige Wiedergabe der Position des Höhen-Niederschlags im Südwest Teil des Irans über dem Zagros-Gebirge (40mm).

8.1.3 3. Dez 2001

Am 3. Dez ist das Niederschlagssystem nach Nordosten gezogen und hat den Iran verlassen. Wie bei der Betrachtung der 500hPa-Karte zu sehen ist, sind noch die südwestlichen Strömungen auf der Vorderseite des Troges zu beobachten. An diesem Tag hat EZMW die Position des Niederschlagssystems nicht genau vorhergesagt. Am nördlichen Teil des Zagros-Gebirges sieht man einige Boxen, die mit Niederschlag bedeckt sind (Abb. 8.1.3, links). Diese bedeckten Boxen kann man auf der EZMW-Karte nicht finden. Mit der Betrachtung der Kontingenztabelle sieht man, dass 48% der EZMW-(Ja)Prognosen Treffer waren und nur 9% der EZMW Ja-Prognosen stimmen mit den Beobachtungen nicht überein. Das Modell hat die Niederschlagsmenge leicht überschätzt (ME=0.02 mm/Tag).

8.1.4 4. Dez. 2001

Die 500 hPa Karte zeigt, dass am 4. Dez. ein Trog über dem westlichen Teil des Irans und ein Rücken in mittleren Teil ausgeprägt sind. Der mittlere Niederschlag beträgt 4.21 mm/Tag, was mit EZMW-Modell 4.96 mm/Tag vorhergesagt wurde. Das Modell überschätzt nochmal die Niederschlagsmenge um 0.79 mm/Tag. Von den gesamten Boxen wurden 64% mit Niederschlag bedeckt. Das Modell hat nur 46% des Untersuchungsgebiets mit Niederschlag abgeschätzt und war nicht in der Lage die restlichen 36% richtig zu prognostizieren.

8.1.5 5.-6. Dez. 2001

Am 5. Dez hat sich das Höhentief über dem Mittelmeer nach Norden bewegt. Die südwestlichen Strömungen auf der Vorderseite des 500 hPa Troges sind noch ausgeprägt. Am Boden hat sich das Niederschlagssystem nach Nordosten ausbreitet. An diesem Tag hat das EZMW-Modell das System zu weit östlich erkannt.

Am 6. Dez ist das Niederschlagssystem nach Osten gezogen, was auch auf der EZMW-Karte zu sehen ist. Am 6. Dez unterschätzt das Modell die Niederschlagsmenge (-0.34 mm/Tag). Die Güte des Modells am 5. Dez (TSS=0.71) war besser als die Güte des Modells am 6. Dez (TSS=0.3). Mit der Betrachtung der Kontingenztabelle kann man viel mehr über die Anzahl der richtigen und falschen JA/Nein Prognosen erfahren.

8.1.6 7. Dez. 2001

Am 7. Dez ist auf der 500 hPa Karte ein Rücken im Ost-Iran zu sehen. An diesem Tag sind nur einige mit Niederschlag bedeckten Boxen im südwestlichen Teil des Untersuchungsgebiets zu sehen. Das EZMW-Modell hat den größten Teil der mit Niederschlag bedeckten Boxen überhaupt nicht vorhergesagt, was zu *misses* (M) von 28% führte. Die Position der mit Niederschlag bedeckten Gitterboxen an der nordwestlichen Seite der Domäne wurde teilweise mit dem Modell wiedergegeben.

8.1.7 8.-9.-10. Dez. 2001

Am 8. Dez hat sich das Höhentief über dem Mittelmeer nach Westen bewegt. Die südwestlichen Strömungen sind noch zu sehen. Am Boden ist ein Tiefdruckgebiet über der nördlichen Hälfte des Irans ausgeprägt. Die Struktur des Niederschlags ist am 8. Dez richtig wiedergegeben. Was fehlt, sind die Niederschlagsboxen im südwestlichen Teil des Gebietes, die nicht vorhergesagt wurden.

Zwischen den zwei Zweigen des Niederschlagssystems hat das Modell zusätzlich einige mit Niederschlag bedeckten Boxen vorhergesagt (F=14%, M=11%). Am 9. Dez verließ das Niederschlagssystem den Iran und auf der 500 hPa Karte ist ein Rücken zu sehen. Nur einige Boxen mit Niederschlag wurden gemeldet. Das EZMW hat die Position der Niederschlagsboxen teilweise richtig vorhergesagt. Der 9. Dez ist einer der wenigen Tage in der Untersuchungsperiode, an dem das EZMW-Modell die Niederschlagsmenge überschätzt hat. (ME=0.44 mm)

Am 10. Dez wurden nur einige Boxen mit Niederschlag bedeckt (Rücken in 500 hPa), deren Positionen mit EZMW falsch vorhergesagt wurden. (M=16, F=10)

8.1.8 11.-17. Dez. 2001

Im Zeitraum von 11.-17. Dez hat ein neues Niederschlagssystem aus Südwesten den Iran erreicht (südwestliche Strömungen auf der Vordersite des Trog). Es wurde mit EZMW-Modell zu nördlich vorhergesagt (F=13%, M=25%). Am 12. Dez hat sich das System entwickelt und nach Nordosten ausbreitet (Richtung der südwestlichen Strömungen). Die EZMW-Karte zeigt zwei Zweige, die miteinander verbunden sind und das Modell hat die Position des Niederschlagssystems nicht genau vorhergesagt (M=31%, F=11%, TSS=0.19).

Am 13. Dez ist das System nach Nordwesten gezogen, was teilweise EZMW prognostiziert hat. (zu weit nördlich, M=21%).

Am 14. Dez ist das System nach Osten gezogen, was teilweise auf der EZMW-Karte gezeigt wird (M=16%).

Am 15. Dez hat sich das Höhentief nach Südosten bewegt. Der Trog hat sich den Iran angenähert. Die südwestlichen Strömungen auf der Vorderseite des Trog treffen den Iran am 15. Dez. Es hat zu 3.58 mm/Tag Niederschlag geführt, was mit dem EZMW-Modell 2.45 mm/Tag vorhergesagt wurde. Die Position des Niederschlagssystems wurde teilweise richtig vorhergesagt (M=27%).

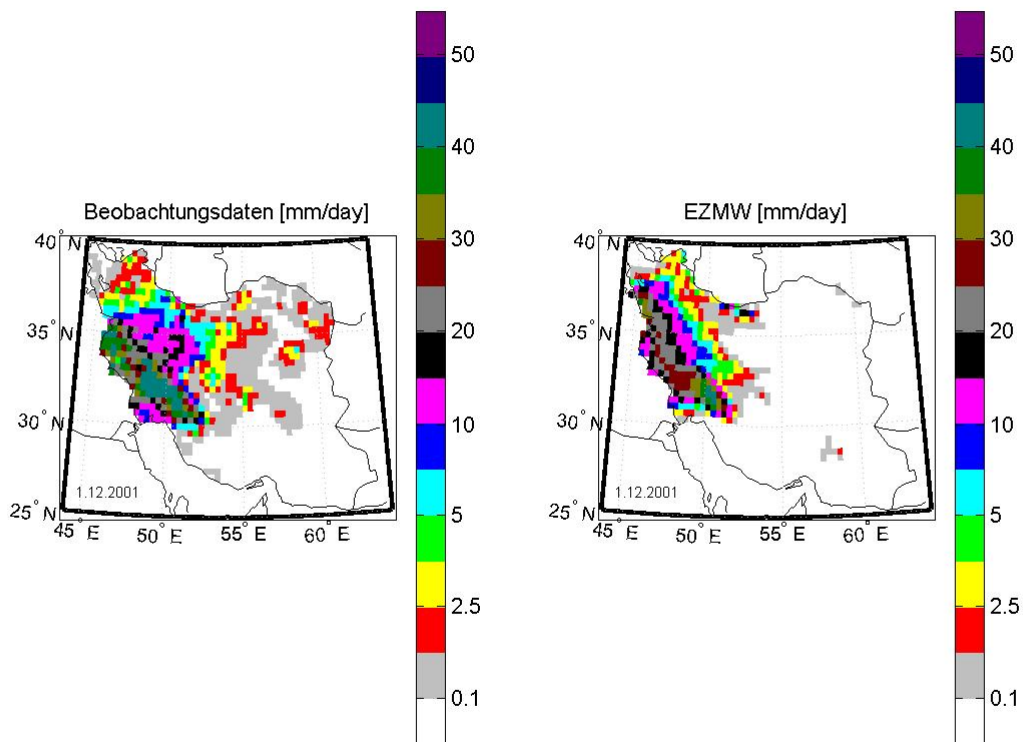
Am 16. Dez erreichen die südwestlichen Strömungen Nordosten des Irans. Das Modell hat die Position des nördlichen Zweigs des Systems richtig und die Position des südlichen Zweigs des Systems zu weit östlich vorhergesagt (M=16%, F=7%). Am 17. Dez ist das System nach Osten gezogen und teilweise den Iran verlassen. Der Trog ist im Osten des Irans zu sehen und ein Rücken herrscht Westen des Irans. Die Position des Niederschlags hat das EZMW-Modell an diesem Tag sehr genau prognostiziert. Wegen der nicht prognostizierten Gitterboxen auf den EZMW-Karten hat es zu einem M von 19% geführt. (TSS=0.53, FAR=0.12)

8.1.9 18.-22. Dez. 2001

Am 18. Dez ist auf der 500 hPa Karte ein Rücken über dem Iran zu sehen. Am Boden sind einige Gitterpunkte mit Niederschlag bedeckt. Das Modell hat den 34% gefallen Niederschlags nicht prognostiziert. (F=4%, M=33%)

Am 19. Dez sind wieder auf der 500 hPa Karte die südwestlichen Strömungen zu sehen. Am 19. und 20. Dez liegt der West-Iran auf der Vorderseite des Trog. Die mittleren Niederschläge betragen 1.87 und 4.23 mm/Tag, was mit dem EZMW-Modell 0.54 und 4.7 mm prognostiziert wurde. (TSS= 0.37, 0.61).

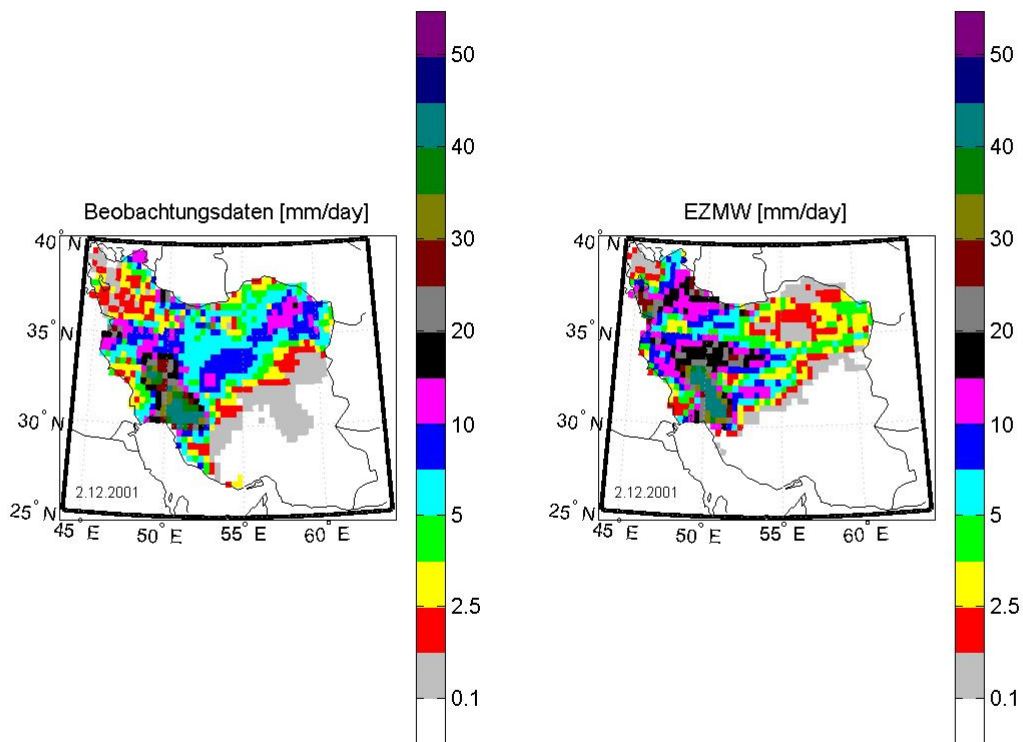
Am 21. Dez befand sich der Trog in der Mitte des Irans. Die Gitterpunkte im Osten sind bedeckt mit dem Niederschlag. Das Modell hat die Niederschlagswerte unterschätzt (ME=-0.23). Die Niederschlagsposition ist richtig vorhergesagt (TSS=0.53). Am 22. Dez hat sich der Trog nach Osten bewegt und verließ den Iran. Es sind nur einige mit dem Niederschlag bedeckten Gitterboxen zu sehen. Der tägliche mittlere Niederschlag beträgt 0.61 mm, was mit dem EZMW-Modell 0.38 mm vorhergesagt wurde. *Die True Skill Statistics* ergibt einen Wert von 0.48.



Beobachtet	5.39mm/day
Vorhergesagt	3.46mm/day
Mittlerer Fehler	-1.94mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.25mm/day
RMSE	6.83mm/day
Rangkorrelation	0.75
Hit rate	0.69
Critical success Index, CSI	0.51
Prob of detection, POD	0.52
False alarm, FAR	0.04
Bias score, BIAS	0.55
True skill statistics, TSS	0.49

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	33%	1%	34%
	no	29%	37%	66%
		62%	38%	100%

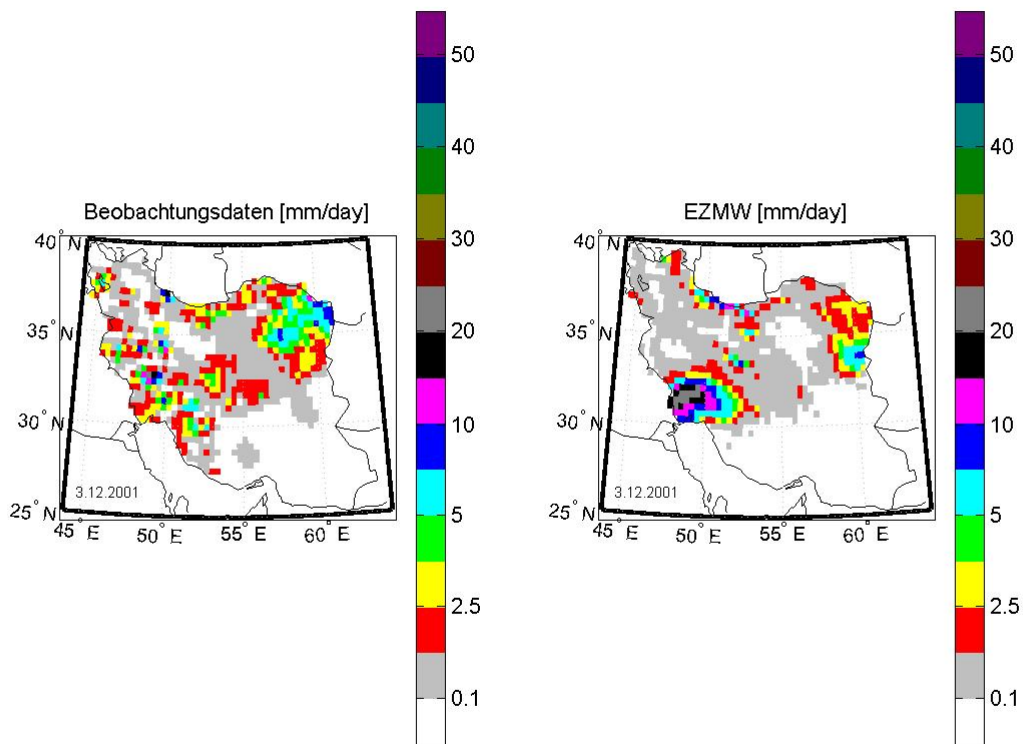
Abb. 8.1.1: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 1.Dez. 2001. Die Position des Niederschlagsystems wurde teilweise richtig vorhergesagt mit einer Unterschätzung von 1.94 mm über dem gesamten Gebiet.



Beobachtet	5.9 mm/day
Vorhergesagt	5.68 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.21mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.91mm/day
RMSE	7.37mm/day
Rangkorrelation	0.8
Hit rate	0.88
Critical success Index, CSI	0.84
Prob of detection, POD	0.84
False alarm, FAR	0
Bias score, BIAS	0.85
True skill statistics, TSS	0.83

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	62%	0%	62%
	no	12%	26%	38%
		74%	26%	100%

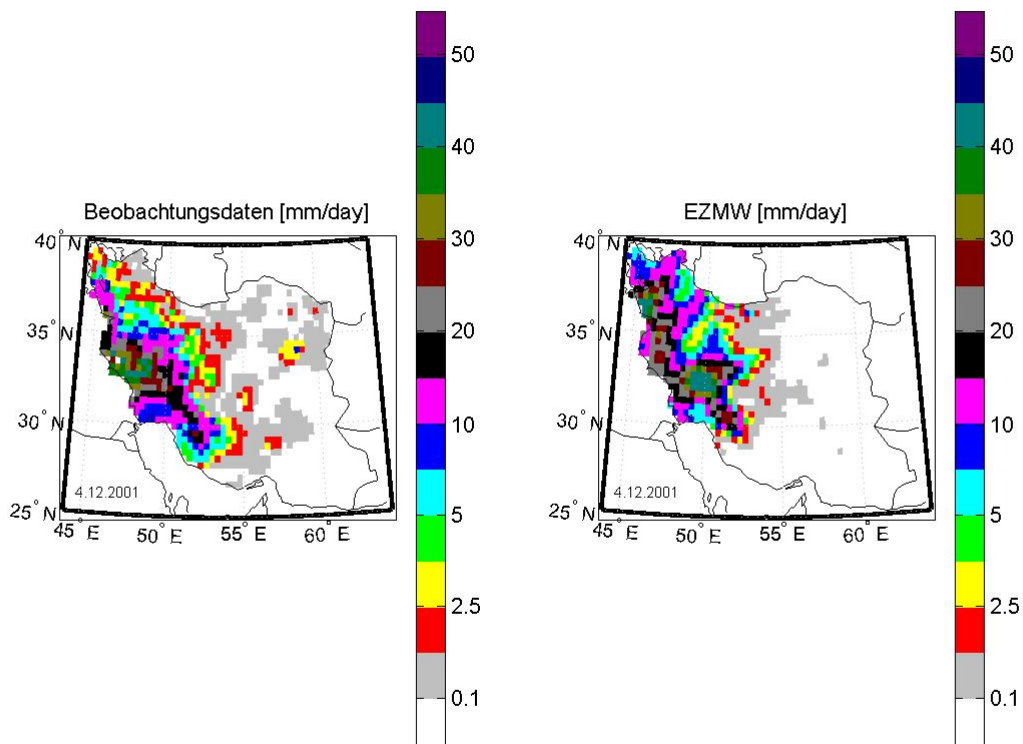
Abb.8.1.2: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 2.Dez. 2001. Die Position des Niederschlagssystems wurde teilweise mit dem Modell wiedergegeben.



Beobachtet	1.31mm/day
Vorhergesagt	1.32mm/day
Mittlerer Fehler	0.02mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.51mm/day
RMSE	3.25mm/day
Rangkorrelation	0.65
Hit rate	0.77
Critical success Index, CSI	0.67
Prob of detection, POD	0.77
False alarm, FAR	0.16
Bias score, BIAS	0.92
True skill statistics, TSS	0.54

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	48%	9%	57%
	no	14%	29%	43%
		62%	38%	100%

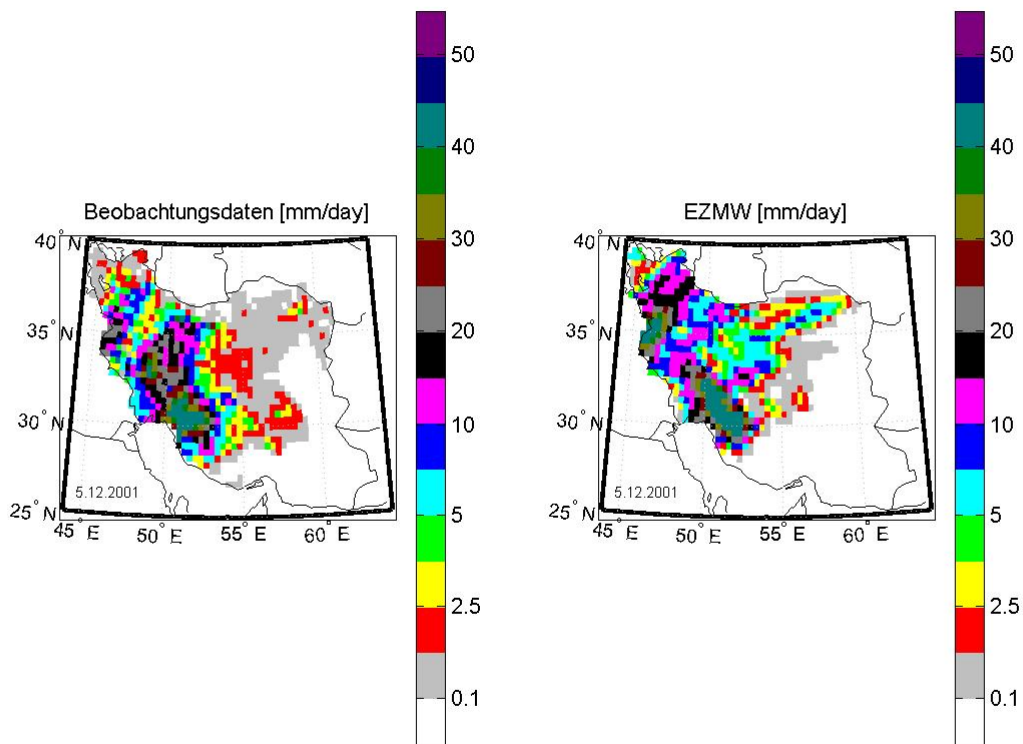
Abb.8.1.3: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 3.Dez. 2001.



Beobachtet	4.21mm/day
Vorhergesagt	4.96mm/day
Mittlerer Fehler	0.75mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.29mm/day
RMSE	6.88mm/day
Rangkorrelation	0.79
Hit rate	0.76
Critical success Index, CSI	0.64
Prob of detection, POD	0.67
False alarm, FAR	0.07
Bias score, BIAS	0.72
True skill statistics, TSS	0.58

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	43%	3%	46%
	no	21%	33%	54%
		64%	36%	100%

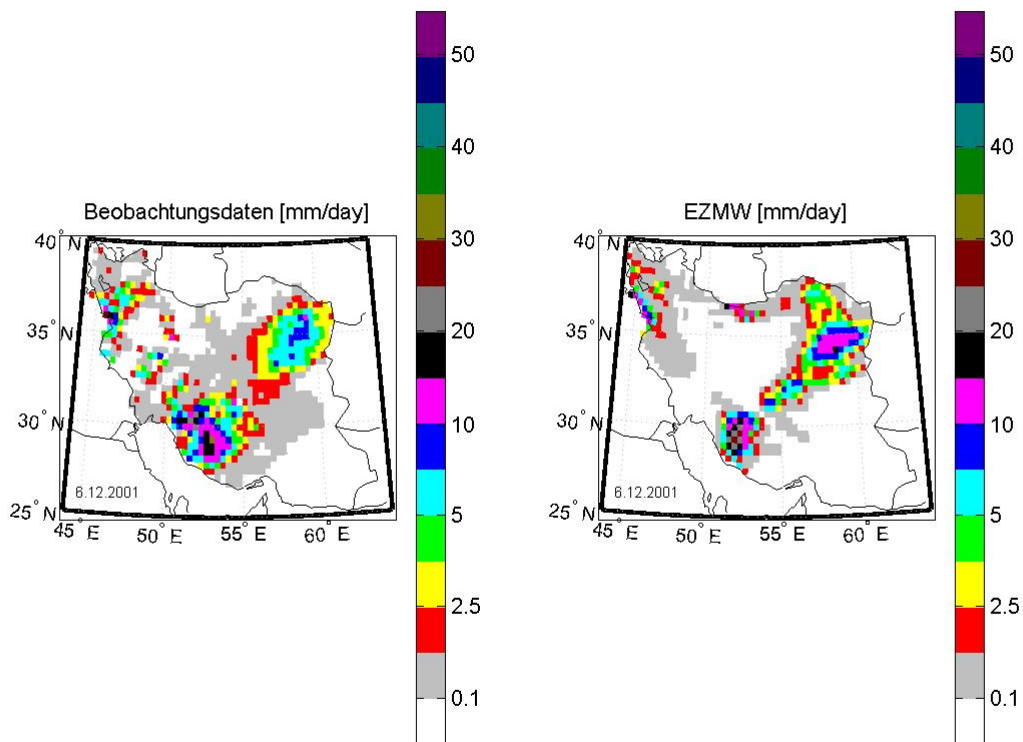
Abb.8.1.4: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 4.Dez. 2001.



Beobachtet	5.44mm/day
Vorhergesagt	6.15mm/day
Mittlerer Fehler	0.71mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	4.01mm/day
RMSE	7.39mm/day
Rangkorrelation	0.79
Hit rate	0.83
Critical success Index, CSI	0.77
Prob of detection, POD	0.79
False alarm, FAR	0.04
Bias score, BIAS	0.83
True skill statistics, TSS	0.71

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	56%	2%	58%
	no	15%	27%	42%
		71%	29%	100%

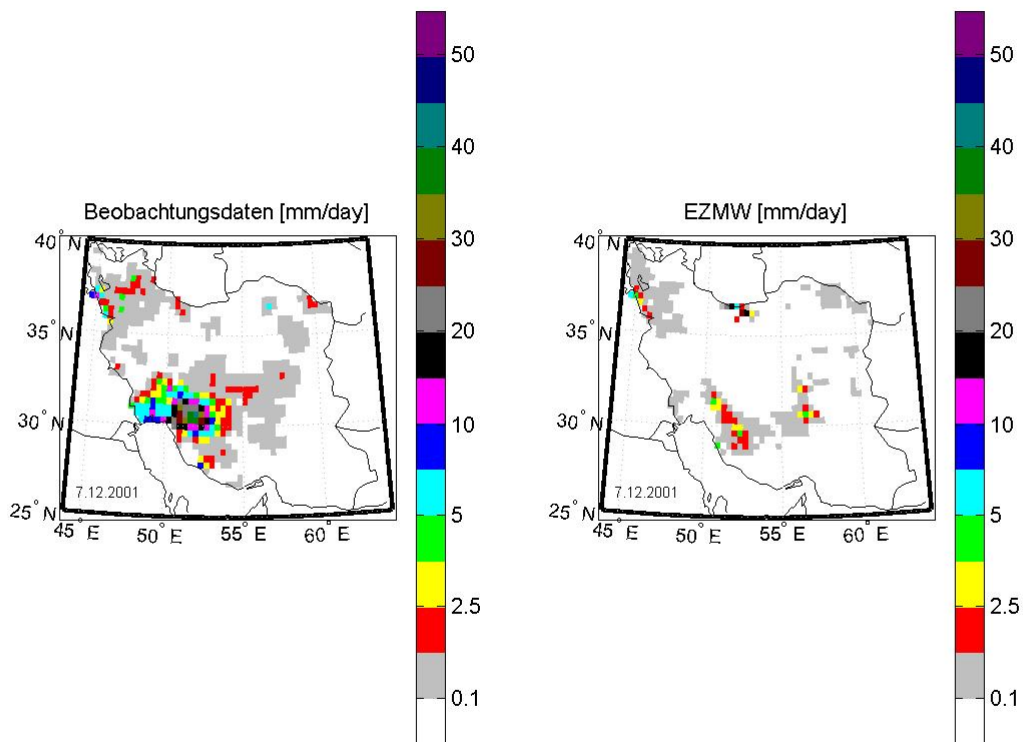
Abb.8.1.5: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 5.Dez. 2001.



Beobachtet	1.86 mm/day
Vorhergesagt	1.52 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.34mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.57mm/day
RMSE	3.26mm/day
Rangkorrelation	0.59
Hit rate	0.63
Critical success Index, CSI	0.5
Prob of detection, POD	0.57
False alarm, FAR	0.2
Bias score, BIAS	0.71
True skill statistics, TSS	0.3

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	37%	9%	46%
	no	28%	26%	54%
		65%	35%	100%

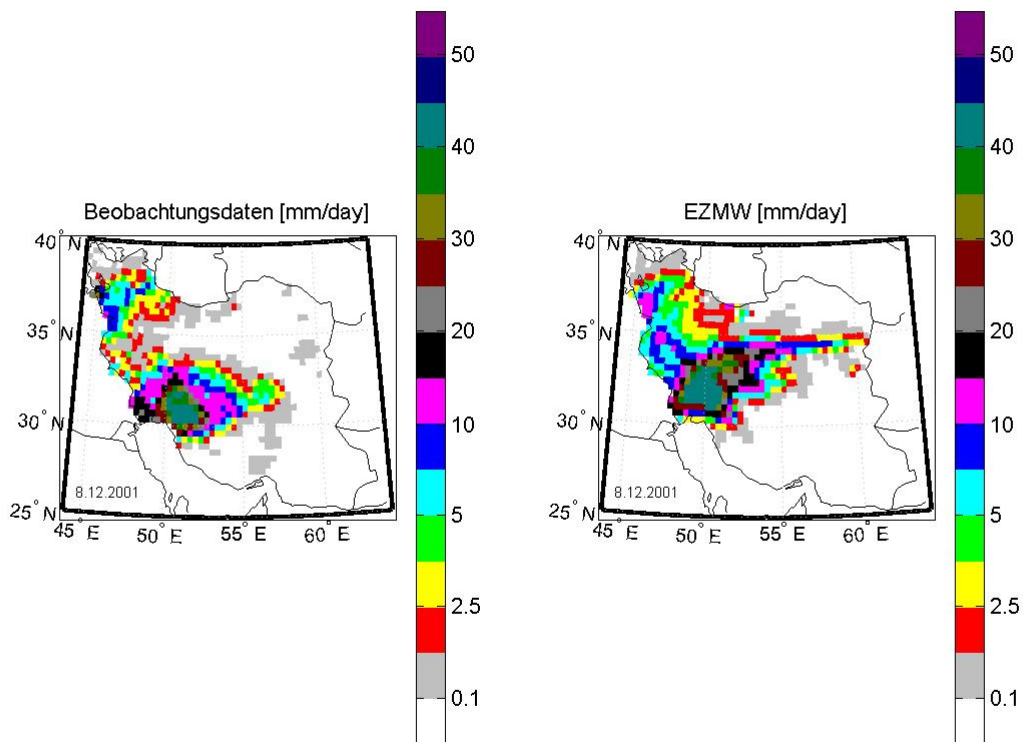
Abb.8.1.6: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 6.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Niederschlags teilweise richtig wiedergegeben mit einer Unterschätzung von 0.34 mm über dem gesamten Gebiet.



Beobachtet	1.16 mm/day
Vorhergesagt	0.21 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.95mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.18mm/day
RMSE	4.12mm/day
Rangkorrelation	0.49
Hit rate	0.67
Critical success Index, CSI	0.3
Prob of detection, POD	0.33
False alarm, FAR	0.27
Bias score, BIAS	0.46
True skill statistics, TSS	0.24

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	14%	5%	34%
	no	28%	53%	81%
		42%	58%	100%

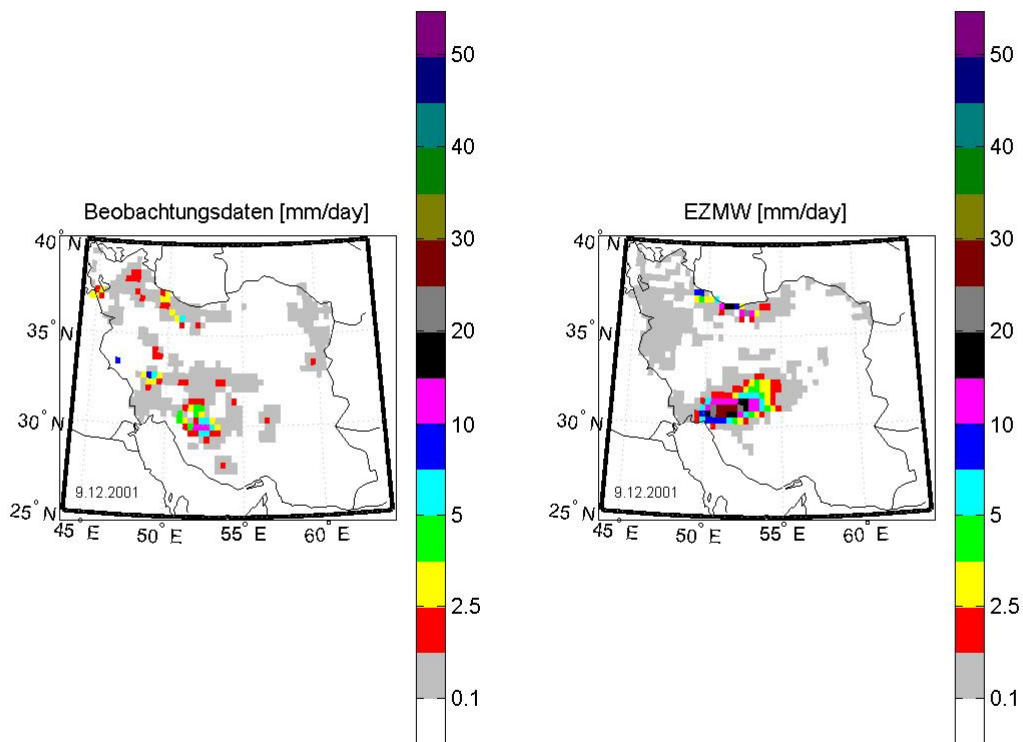
Abb.8.1.7: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 7.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Niederschlagssystems nicht wiedergegeben.



Beobachtet	3.4 mm/day
Vorhergesagt	5.1 mm/day
Mittlerer Fehler	1.7 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	4.63 mm/day
RMSE	10.57 mm/day
Rangkorrelation	0.66
Hit rate	0.75
Critical success Index, CSI	0.59
Prob of detection, POD	0.78
False alarm, FAR	0.28
Bias score, BIAS	1.08
True skill statistics, TSS	0.5

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	37%	14%	51%
	no	11%	38%	49%
		48%	52%	100%

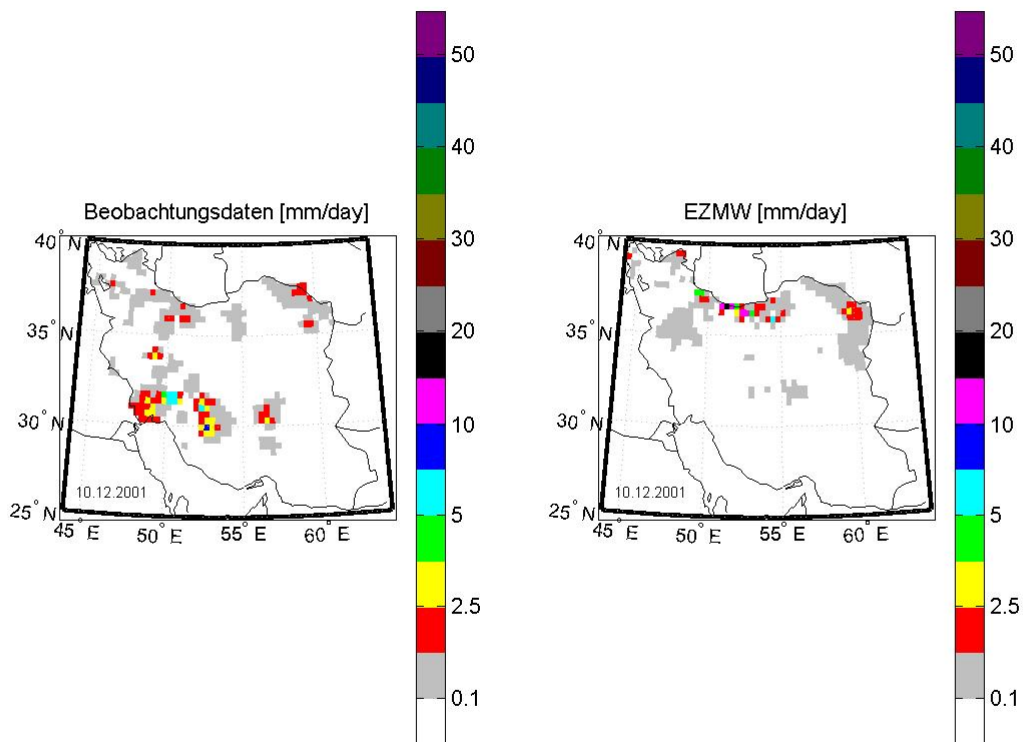
Abb.8.1.8: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 8.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Niederschlagsystems nochmal zu östlich vorhergesagt.



Beobachtet	0.31mm/day
Vorhergesagt	0.75mm/day
Mittlerer Fehler	0.44mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	0.84mm/day
RMSE	3 mm/day
Rangkorrelation	0.52
Hit rate	0.69
Critical success Index, CSI	0.34
Prob of detection, POD	0.51
False alarm, FAR	0.5
Bias score, BIAS	1.03
True skill statistics, TSS	0.28

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	16%	16%	32%
	no	15%	53%	68%
		31%	69%	100%

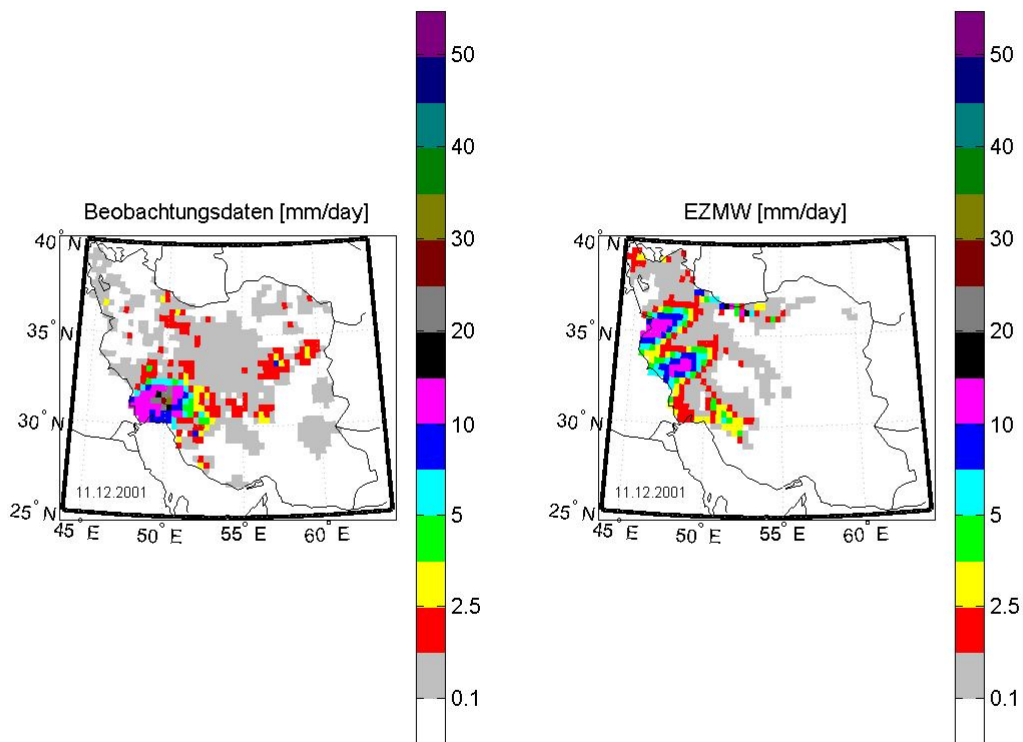
Abb.8.1.9: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 9.Dez. 2001. das Modell hat die Niederschlagswerte überschätzt mit einem mittleren Fehler von 0.44 mm/Tag für das gesamte Gebiet.



Beobachtet	0.23 mm/day
Vorhergesagt	0.16 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.07mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	0.34 mm/day
RMSE	1.09 mm/day
Rangkorrelation	0.46
Hit rate	0.74
Critical success Index, CSI	0.2
Prob of detection, POD	0.28
False alarm, FAR	0.6
Bias score, BIAS	0.71
True skill statistics, TSS	0.16

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	6 %	10%	16%
	no	16%	68%	84%
		22%	78%	100%

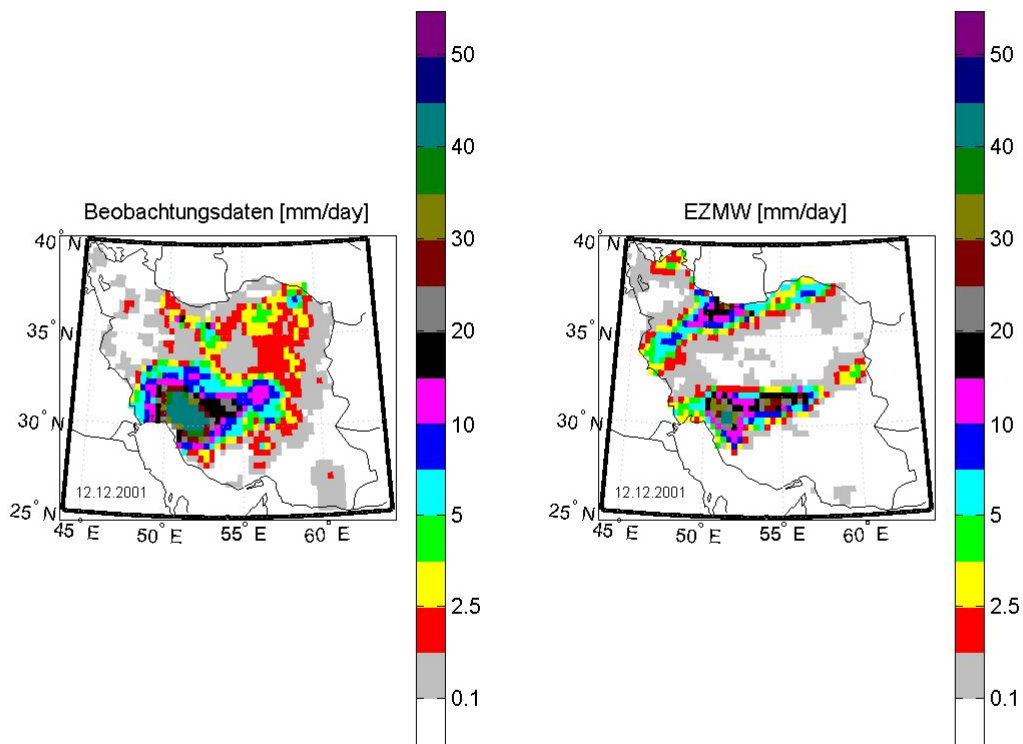
Abb.8.1.10: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 10.Dez. 2001. das Modell hat die Niederschlagswerte unterschätzt (0.07 mm/Tag).



Beobachtet	1.01 mm/day
Vorhergesagt	0.93 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.08 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.56 mm/day
RMSE	3.61 mm/day
Rangkorrelation	0.37
Hit rate	0.59
Critical success Index, CSI	0.36
Prob of detection, POD	0.45
False alarm, FAR	0.35
Bias score, BIAS	0.69
True skill statistics, TSS	0.19

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	23%	13%	36%
	no	28%	36%	64%
		51%	49%	100%

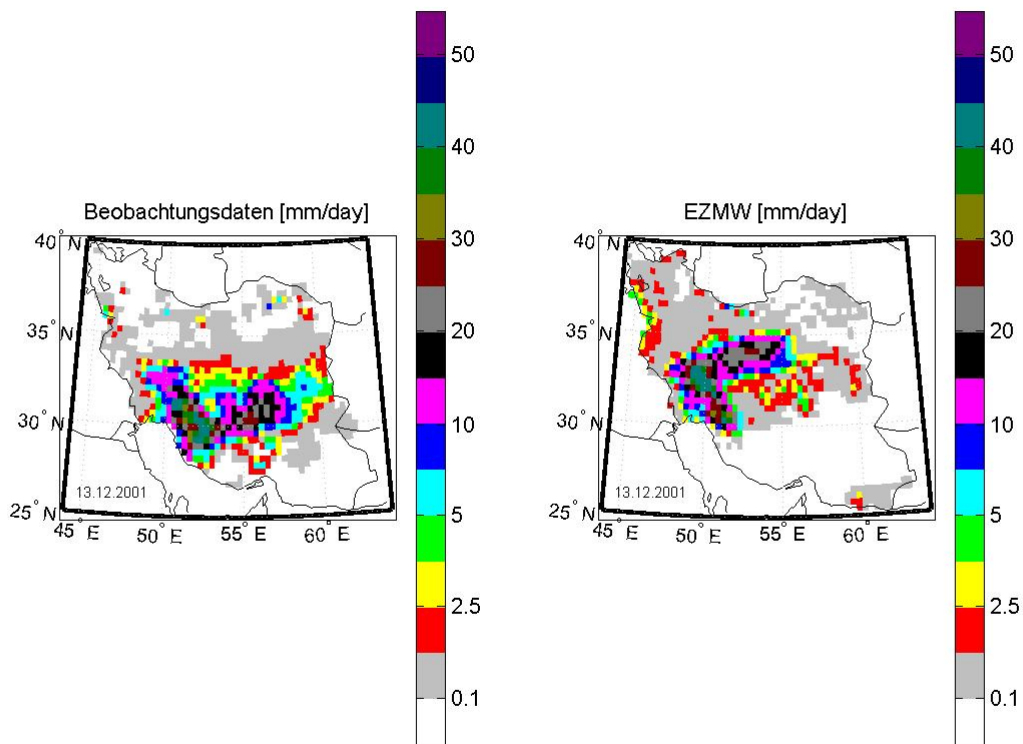
Abb.8.1.11: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 11.Dez. 2001. Die Position des Niederschlagssystems wurde teilweise richtig vorhergesagt mit einer Unterschätzung von 0.08 mm/Tag.



Beobachtet	4.34 mm/day
Vorhergesagt	2.6 mm/day
Mittlerer Fehler	-1.73 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.76 mm/day
RMSE	7.63 mm/day
Rangkorrelation	0.4
Hit rate	0.58
Critical success Index, CSI	0.5
Prob of detection, POD	0.57
False alarm, FAR	0.21
Bias score, BIAS	0.73
True skill statistics, TSS	0.17

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	41%	11%	52%
	no	31%	17%	48%
		72%	28%	100%

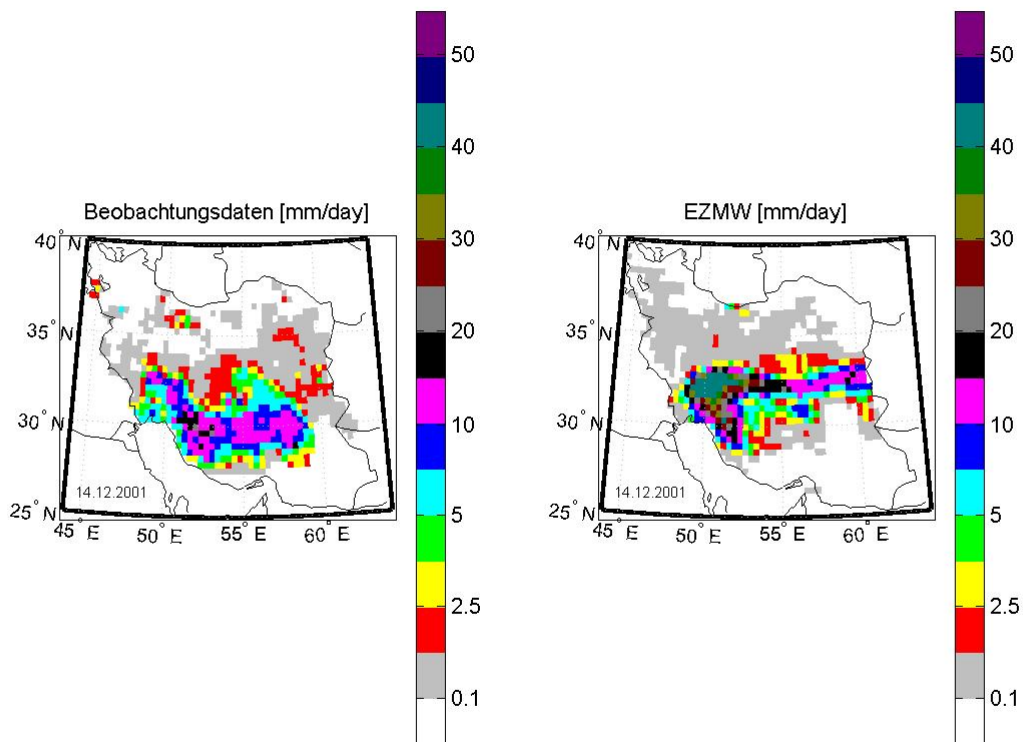
Abb.8.1.12: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 12.Dez. 2001. 41% der Ja-Prognosen stimmen mit den Beobachtungsdaten überein. Die Position des Niederschlagsystems wurde nicht richtig wiedergegeben.



Beobachtet	3.65 mm/day
Vorhergesagt	3.18 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.47 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	4.54 mm/day
RMSE	8.94 mm/day
Rangkorrelation	0.31
Hit rate	0.61
Critical success Index, CSI	0.52
Prob of detection, POD	0.67
False alarm, FAR	0.3
Bias score, BIAS	0.96
True skill statistics, TSS	0.16

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	43%	19%	62%
	no	21%	17%	38%
		64%	36%	100%

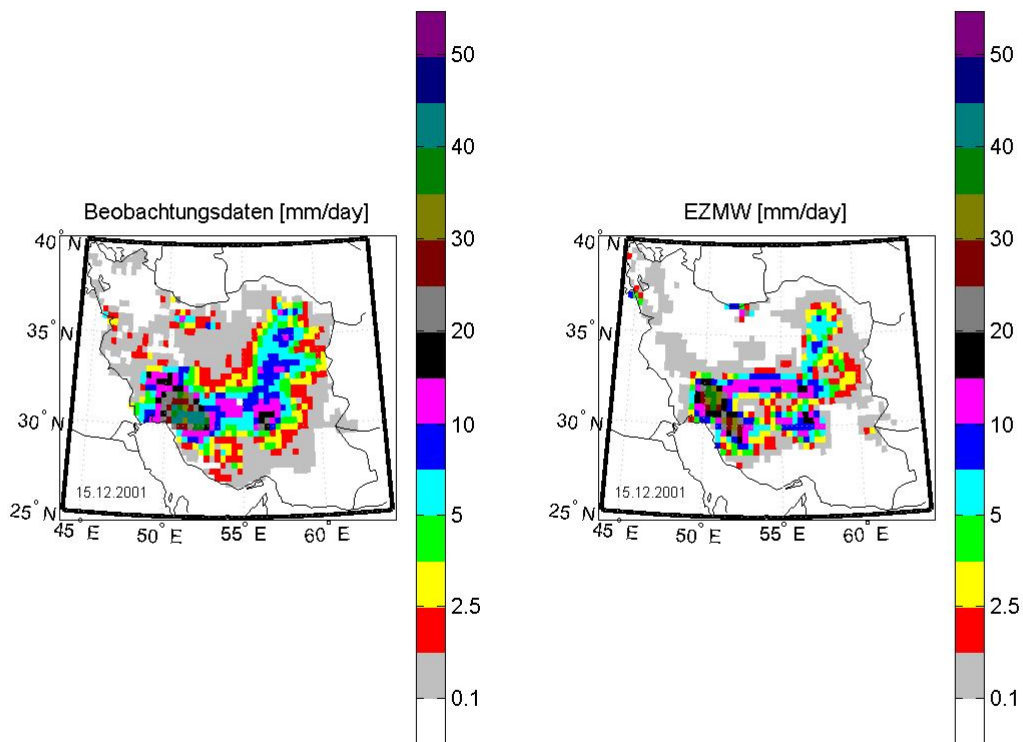
Abb.8.1.13: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 13.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Niederschlagsystems weit nördlich vorhergesagt.



Beobachtet	2.39 mm/day
Vorhergesagt	3.71 mm/day
Mittlerer Fehler	1.32 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.74 mm/day
RMSE	9.06 mm/day
Rangkorrelation	0.56
Hit rate	0.69
Critical success Index, CSI	0.59
Prob of detection, POD	0.73
False alarm, FAR	0.25
Bias score, BIAS	0.97
True skill statistics, TSS	0.37

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	44%	14%	58%
	no	16%	26%	42%
		60%	40%	100%

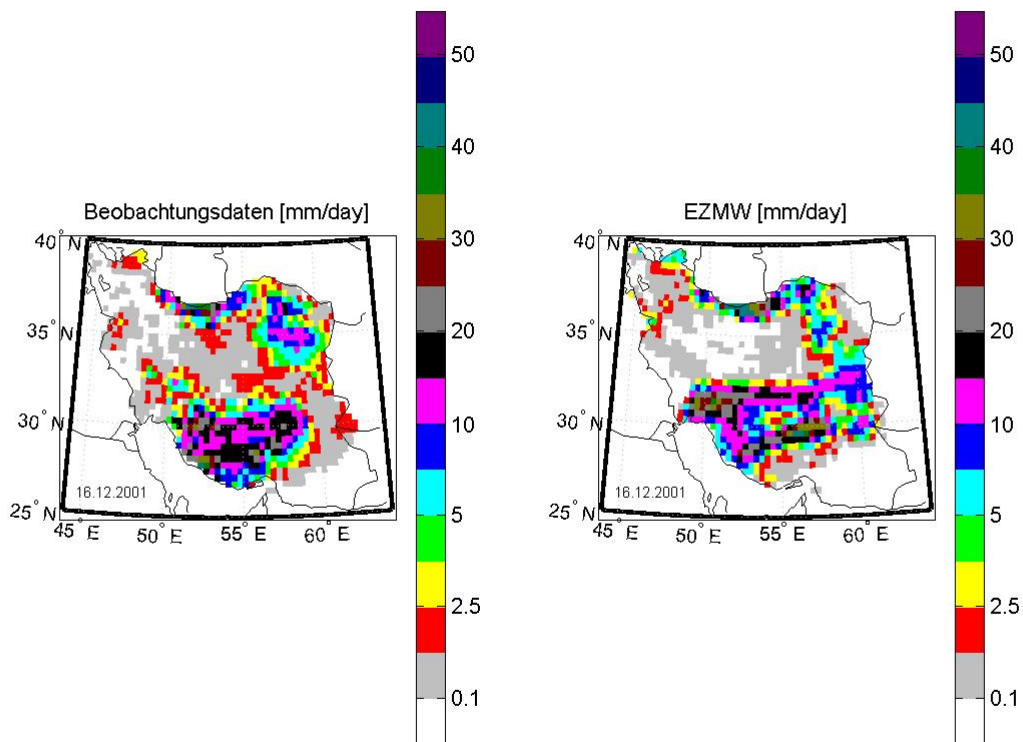
Abb.8.1.14: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 14.Dez. 2001, Das Modell hat die Position des Niederschlagssystems weit östlich vorhergesagt mit einer Überschätzung von 1.32 mm/Tag über dem ganzen Gebiet.



Beobachtet	3.58 mm/day
Vorhergesagt	2.45 mm/day
Mittlerer Fehler	-1.13 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	2.36 mm/day
RMSE	4.89 mm/day
Rangkorrelation	0.69
Hit rate	0.68
Critical success Index, CSI	0.6
Prob of detection, POD	0.64
False alarm, FAR	0.09
Bias score, BIAS	0.7
True skill statistics, TSS	0.45

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	4%	5%	52%
	no	27%	21%	48%
		74%	26%	100%

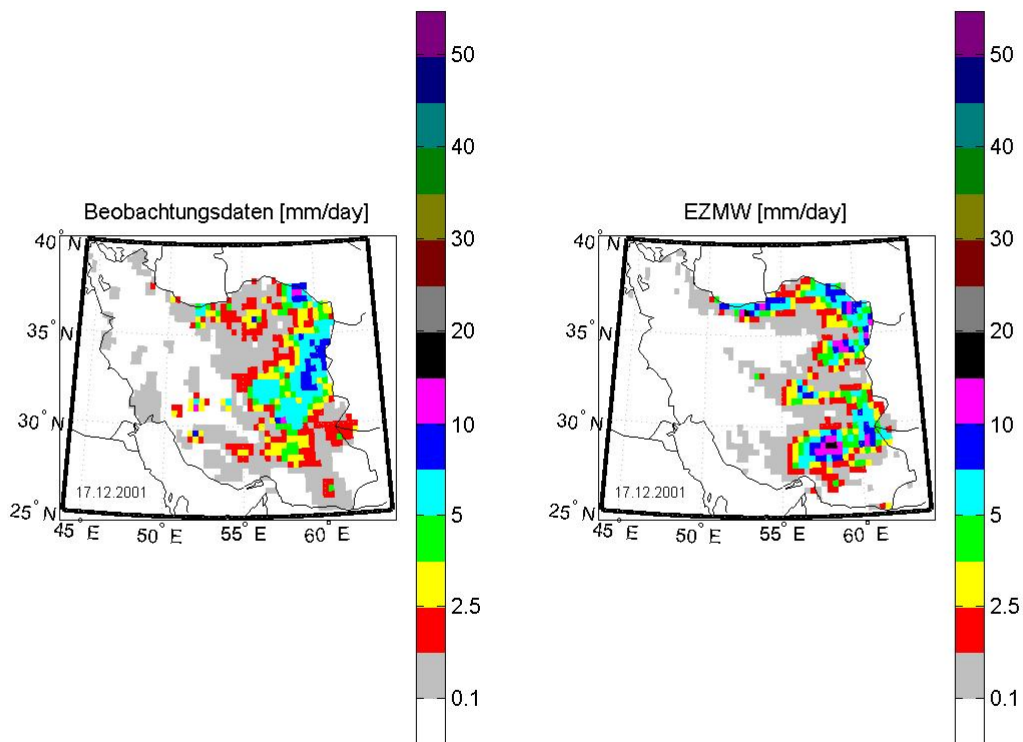
Abb.8.1.15: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 15.Dez. 2001. Die Position des Niederschlagsystems innerhalb Irans wurde total richtig vorhergesagt. Der Fehler ist ziemlich groß (1.13 mm/Tag).



Beobachtet	4.57 mm/day
Vorhergesagt	5.05 mm/day
Mittlerer Fehler	0.48 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	4.47 mm/day
RMSE	7.59 mm/day
Rangkorrelation	0.59
Hit rate	0.77
Critical success Index, CSI	0.74
Prob of detection, POD	0.8
False alarm, FAR	0.1
Bias score, BIAS	0.89
True skill statistics, TSS	0.42

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	65%	7%	72
	no	16%	12%	28
		81%	19%	100%

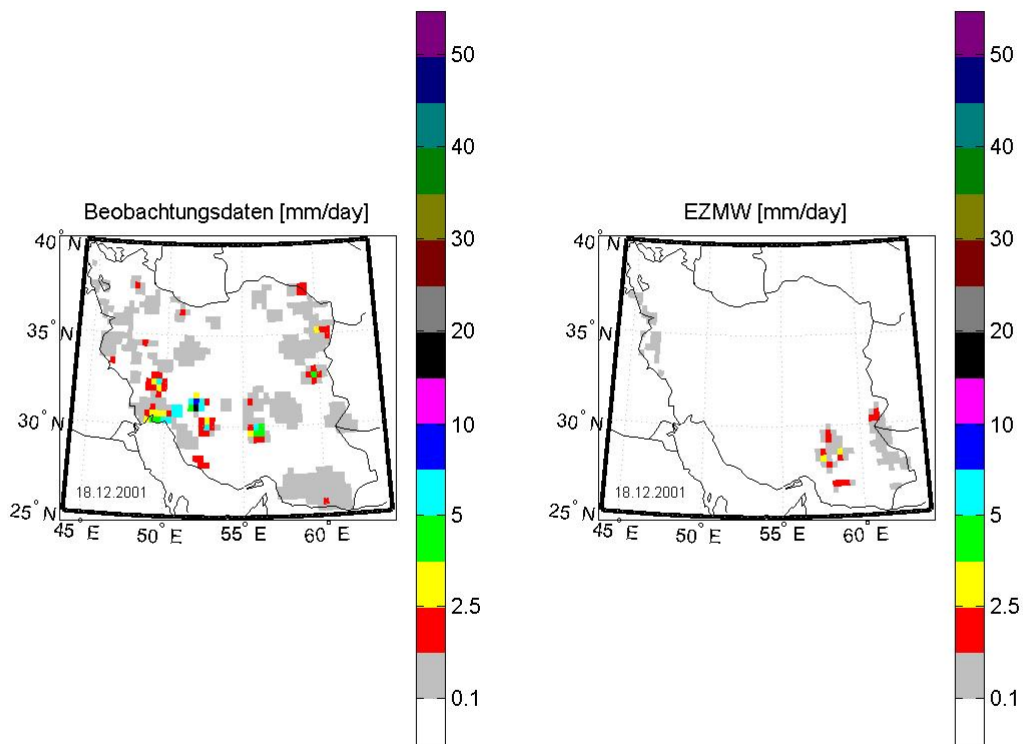
Abb.8.1.16: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 16.Dez. 2001. Die Position des Niederschlagssystems wurde teilweise richtig vorhergesagt mit einem großen absoluten Fehler (4.47mm/Tag).



Beobachtet	1.48 mm/day
Vorhergesagt	1.51 mm/day
Mittlerer Fehler	0.03 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.44 mm/day
RMSE	2.6 mm/day
Rangkorrelation	0.66
Hit rate	0.74
Critical success Index, CSI	0.64
Prob of detection, POD	0.7
False alarm, FAR	0.12
Bias score, BIAS	0.8
True skill statistics, TSS	0.53

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	45%	6%	51%
	no	19%	30%	49%
		64%	36%	100%

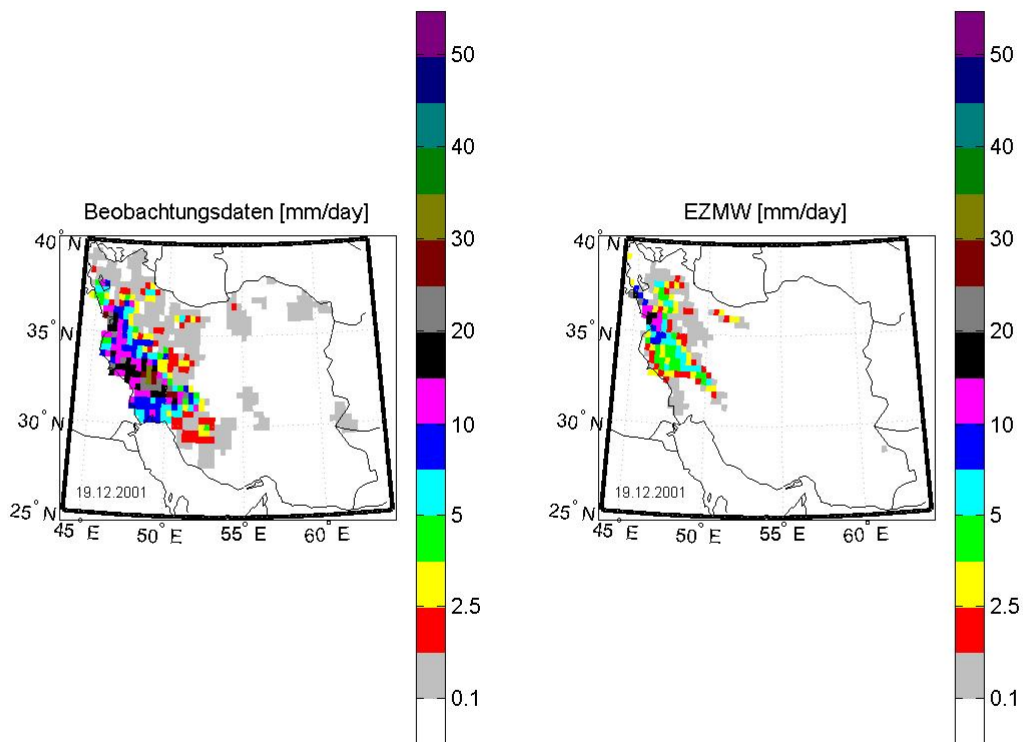
Abb.8.1.17: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 17.Dez. 2001. Das Modell hat den Austritt des Niederschlagssystems vom Iran richtig vorhergesagt mit einer Unterschätzung von 0.03 mm/Tag.



Beobachtet	0.3 mm/day
Vorhergesagt	0.04 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.26mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	0.34 mm/day
RMSE	1.01 mm/day
Rangkorrelation	0.43
Hit rate	0.64
Critical success Index, CSI	0.06
Prob of detection, POD	0.07
False alarm, FAR	0.64
Bias score, BIAS	0.2
True skill statistics, TSS	0

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	2%	4%	6%
	no	32%	62%	94%
		34%	66%	100%

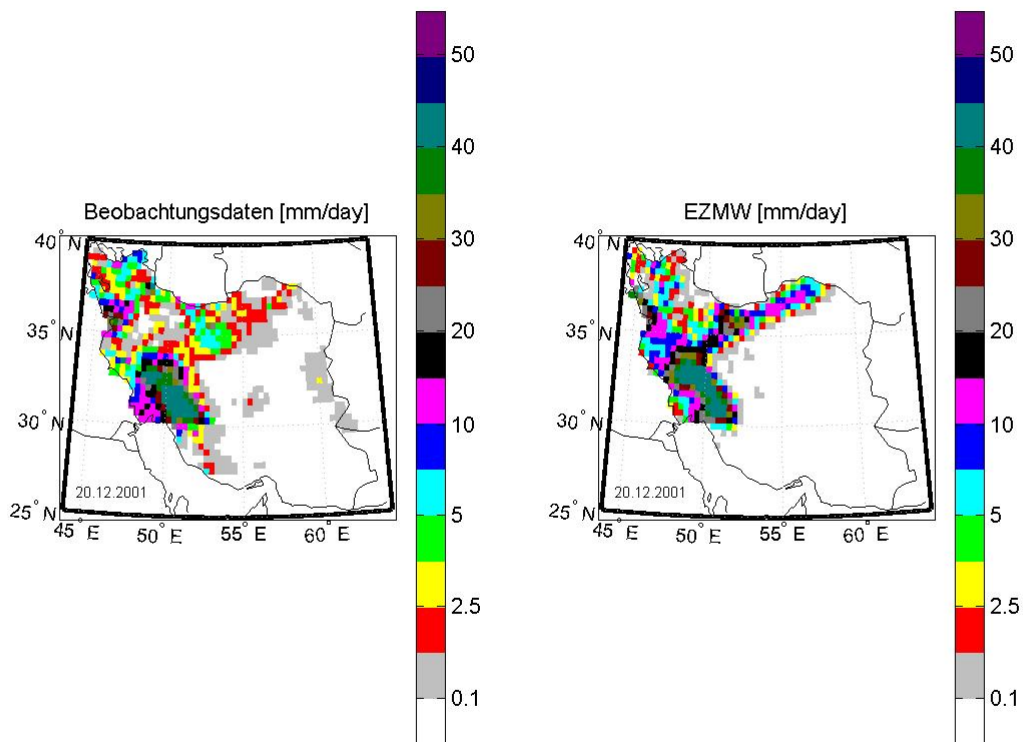
Abb.8.1.18: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 18.Dez. 2001. Der mittlere Niederschlag über dem ganzen Gebiet beträgt 0.3. Das Modell hat nur 2%(von 34%) der gefallenen Niederschlägen vorhergesagt.



Beobachtet	1.87 mm/day
Vorhergesagt	0.54 mm/day
Mittlerer Fehler	-1.34 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	1.52 mm/day
RMSE	4.35 mm/day
Rangkorrelation	0.73
Hit rate	0.75
Critical success Index, CSI	0.38
Prob of detection, POD	0.38
False alarm, FAR	0.06
Bias score, BIAS	0.41
True skill statistics, TSS	0.37

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	15%	1%	16%
	no	25%	59%	84%
		40%	60%	100%

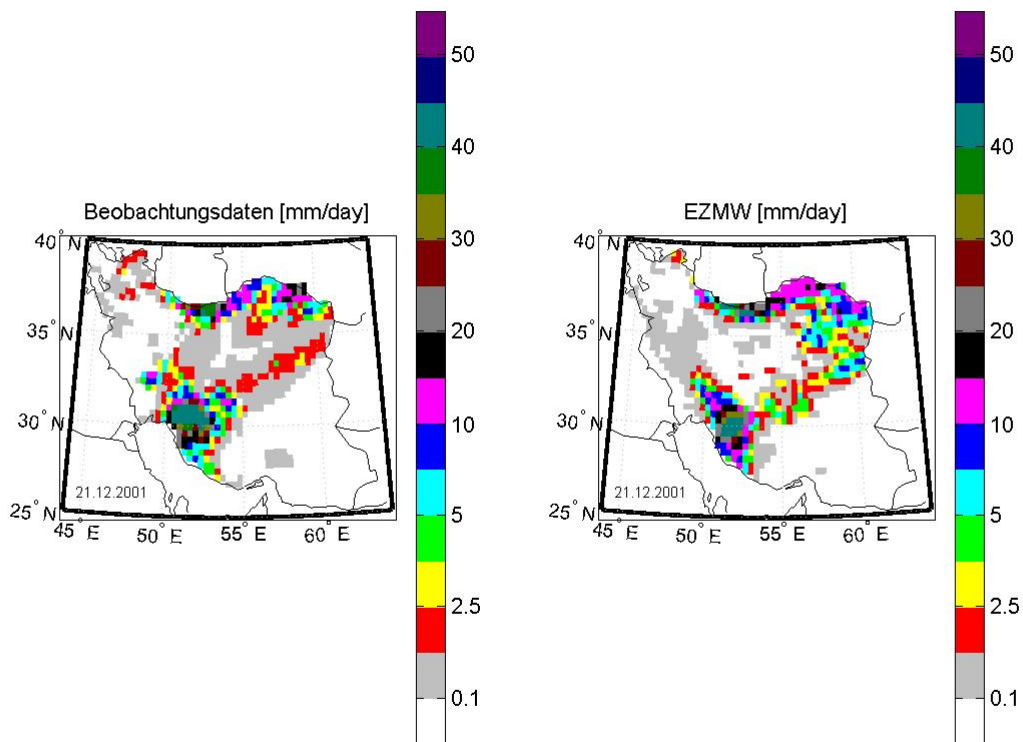
Abb.8.1.19: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 19.Dez. 2001. Das Modell hat die Niederschlagsmenge unterschätzt (1.34 mm/Tag). Die Position ist teilweise richtig.



Beobachtet	4.23 mm/day
Vorhergesagt	4.7 mm/day
Mittlerer Fehler	0.47 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	3.37 mm/day
RMSE	7.15 mm/day
Rangkorrelation	0.79
Hit rate	0.8
Critical success Index, CSI	0.63
Prob of detection, POD	0.66
False alarm, FAR	0.07
Bias score, BIAS	0.71
True skill statistics, TSS	0.61

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	35%	3%	38%
	no	18%	44%	62%
		53%	47%	100%

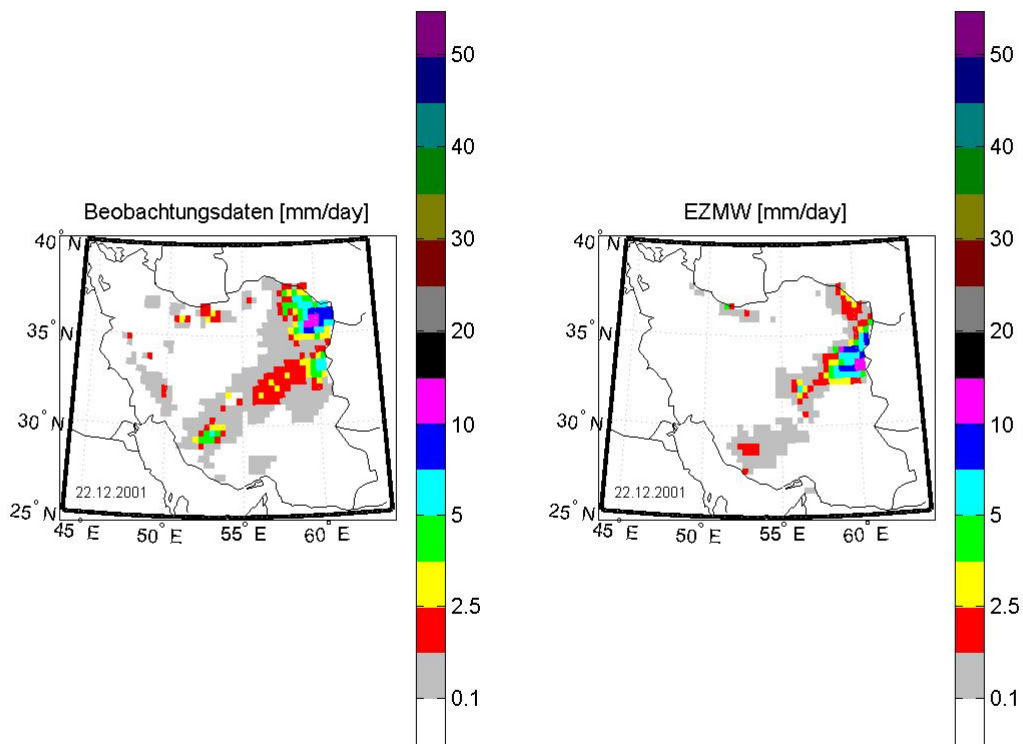
Abb.8.1.20: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 20.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Höhen Niederschlags ganz richtig vorhergesagt aber für das ganze Gebiet unterschätzt die Niederschlagsmenge um 0.47 mm/Tag.



Beobachtet	3.19 mm/day
Vorhergesagt	2.97 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.23 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	2.29 mm/day
RMSE	6.09 mm/day
Rangkorrelation	0.74
Hit rate	0.76
Critical success Index, CSI	0.63
Prob of detection, POD	0.74
False alarm, FAR	0.19
Bias score, BIAS	0.92
True skill statistics, TSS	0.53

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	41%	9%	50%
	no	14%	36%	50%
		56%	44%	100%

Abb.8.1.21: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 21.Dez. 2001. Das Modell hat die Position des Niederschlagssystems richtig vorhergesagt.



Beobachtet	0.61 mm/day
Vorhergesagt	0.38 mm/day
Mittlerer Fehler	-0.23 mm/day
Mittlerer absoluter Fehler	0.6 mm/day
RMSE	1.6 mm/day
Rangkorrelation	0.71
Hit rate	0.75
Critical success Index, CSI	0.38
Prob of detection, POD	0.43
False alarm, FAR	0.22
Bias score, BIAS	0.54
True skill statistics, TSS	0.36

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	15%	4%	19%
	no	21%	60%	81%
		36%	64%	100%

Abb.8.1.22: Die täglichen Verifikationsergebnisse, 22.Dez. 2001. Das Modell hat den Austritt des Niederschlagssystems wiedergegeben. Der mittlere Fehler beträgt -0.23 mm/Tag.

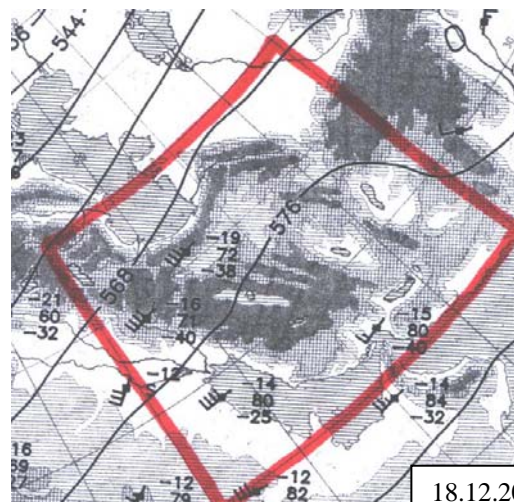
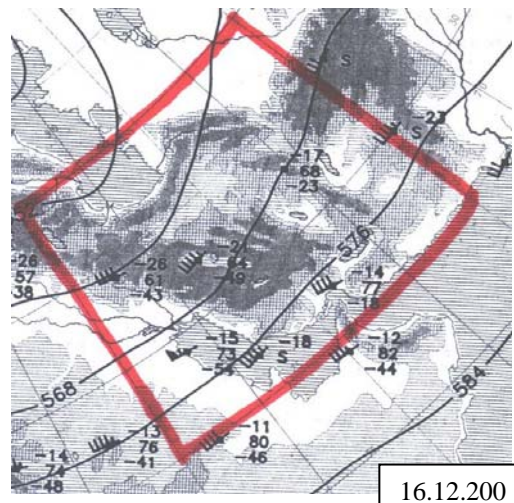
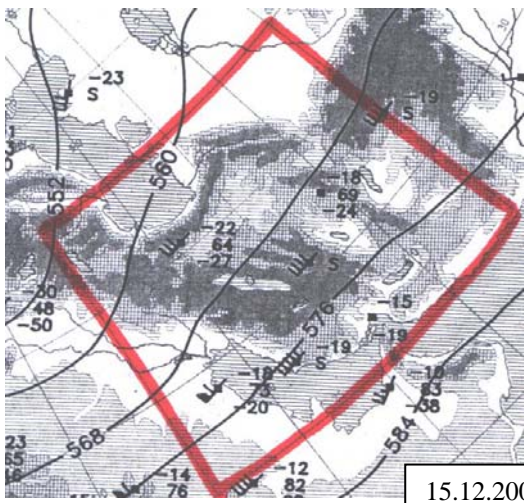
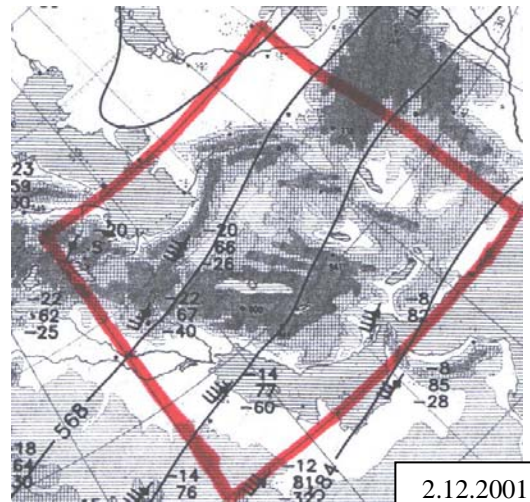
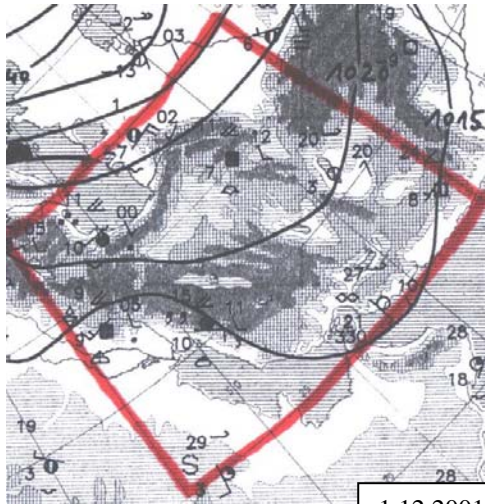
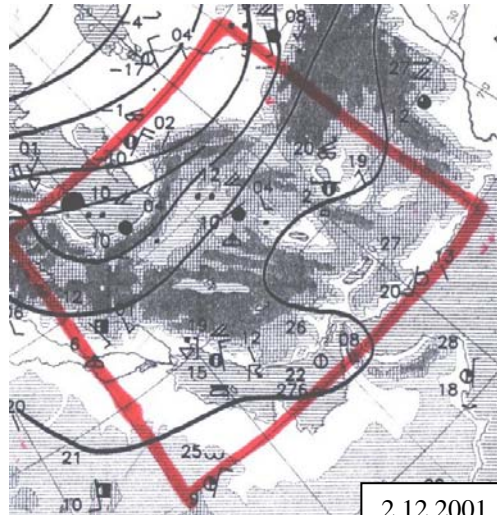


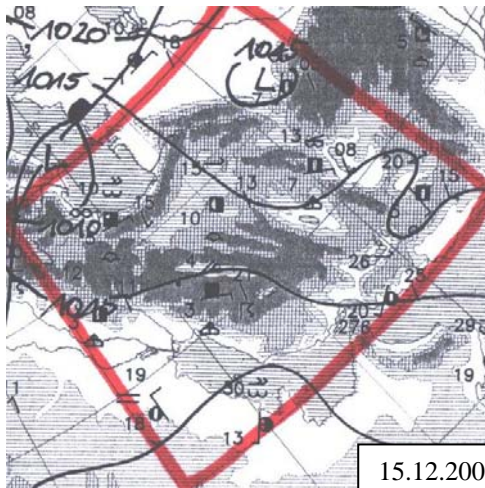
Abb.8.1.23: Die ausgewählten täglichen 500 hPa Wetterkarten , 1, 2, 15, 16, 17,18 Dez. 2001.



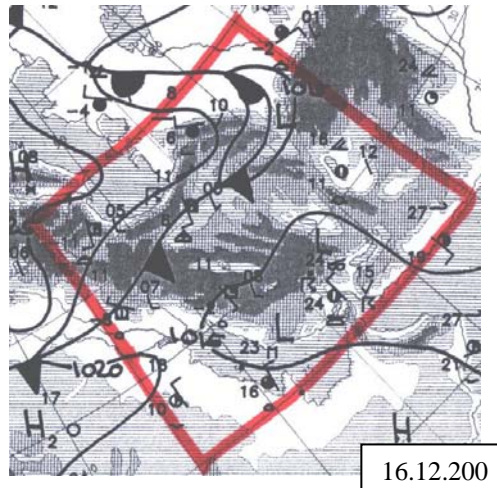
1.12.2001



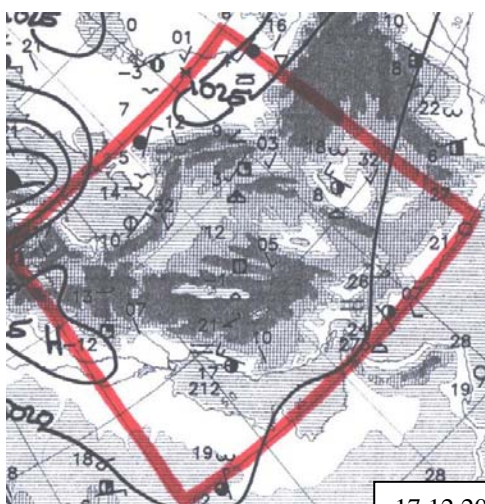
2.12.2001



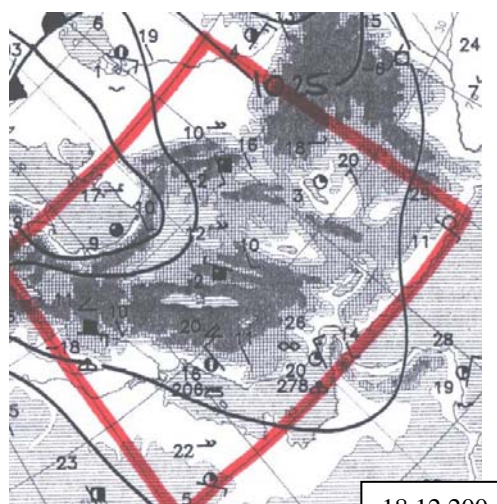
15.12.200



16.12.200



17.12.200



18.12.200

Abb.8.1.24: Die ausgewählten täglichen Boden-Wetterkarten , 1, 2, 15, 16, 17,18 Dez. 2001

8.1.10 Zusammenfassung der Wetterlage und der Niederschlagsresultate

Was das größte Teil des Niederschlags im Iran verursacht, sind die feuchten Höhenströmungen, die innerhalb 4 bis 8 Monaten (vom Oktober bis Mai) direkt aus dem Westen in den Iran kommen. Die Vorderseite des 500 hpa Trogs ist wo die Vorticity-Advektion positiv ist. Bei Betrachtung der 500 hpa Karten zeigt sich, dass in vielen Fällen sich die positive Vorticity über dem Mittelmeer befand und es scheint, dass dieser Positivzentrum mit dem Wind advehierte und sich dadurch am nächsten Tage ein Tief (Verbunden mit dem 500hpa Trog) am Boden bildete, das in den Bodenkarten zu erkennen ist. Die häufigste Quelle des Niederschlags des Irans sind die über Mittelmeer überströmenden Höhenströmungen. Sie verursachen 64.5 % der Niederschläge im Iran (pro Jahr). Im Iran wurde keine Wetterlagenklassifikation durchgeführt weil in allen Fällen (64.5 % der Strömungen vom Mittelmeer und 12.6 % vom Schwarzen Meer, 22.9% vom Roten Meer) die Westlage dominant ist. Während der Untersuchungsperiode war auch die Westlage ausgeprägt und die aufgetretene Wetterlage an allen Tagen war Westlage.

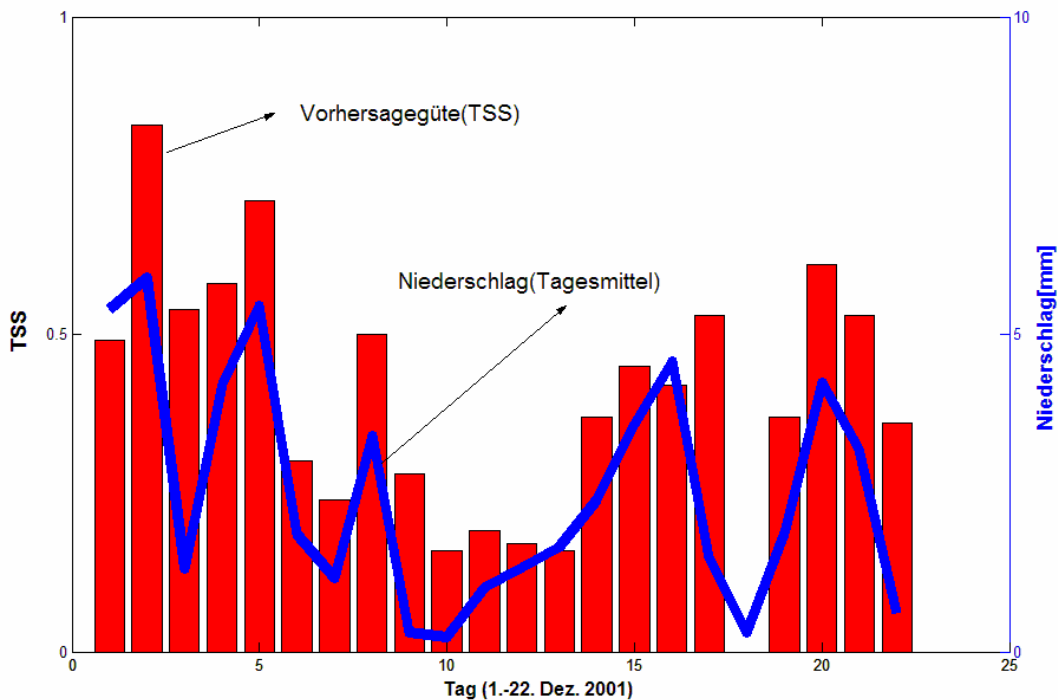


Abb.8.1.25: der mittlere tägliche Niederschlag über den ganzen Iran (blau) und die True Skill Statistics (TSS) (blau) innerhalb der Untersuchungsperiode (1.-22. Dez. 2001)

Wie bei der Betrachtung der Abb.8.1.25 zu sehen ist, treten die hohen Werte der True Skill Statistics bei mit größerem Niederschlag verbundenen Strömungen (Vorderseite des Troges) auf. An den Tagen, wo ein Rücken auf der 500 hPa Karte zu beobachten ist, zeigt die TSS kleinere Werte.

8.2 Monatliche Verifikationsergebnisse

Wie bereits erwähnt, ist die Güte des EZMW-Modells bei der Prognose der Position und Struktur des Niederschlags von Tag zu Tag unterschiedlich. Manchmal kann das Modell die Niederschlagsfelder ganz genau wiedergeben und manchmal ist das Modell dazu nicht in der Lage. Um einen vollständigen Überblick über die Verifikationsmaßzahlen bekommen zu können, wurden die Verifikationsmaßzahlen in jedem einzelnen Monat berechnet. Es muß beachtet werden, daß hier nicht der mittlere monatliche Niederschlag betrachtet wurde. Was betrachtet wurde, ist der tägliche Niederschlagswert jeder Station.

Tabellen 8.2.1-8.2.12 zeigen die H (*Hit rate*), M(*misses*), F (*false*) und Z (*zero*) für jeden Monat des Jahres 2001. Im Januar, Februar und März ist die Güte des Modells fast identisch. Wie beim Betrachten der Tabelle 8.2.1-8.2.3 zu sehen ist, sind im Januar 76% (12+64) der Prognosen zutreffend (Ja/Ja oder Nein/Nein). Dieser Wert ist im Februar 74% und im März 78%. Der Anteil der falschen Prognosen (Ja/Nein oder Nein/Ja) ist im Januar 27%, im Februar 26% und im März auch 22%.

Im gesamten Gebiet ist der Anteil der Ereignisse mit Niederschlag 24% und ohne Niederschlag 76% (Januar). Das ist mit EZMW-Modell 24% und 76% abgeschätzt. Im Februar ist der Anteil der Ereignisse mit Niederschlag 28% und ohne Niederschlag 72%. Das wurde mit EZMW-Modell 22% und 78% vorhergesagt. An den 31 % der Ereignisse im März wurde Niederschlag und an den 69% kein Niederschlag gemeldet. Das hat EZMW mit 21% und 79% abgeschätzt. Im April hat das Modell nur 7%(von 13%) der Ereignisse mit Niederschlag vorhergesagt und 6% der beobachteten Niederschläge nicht. Man kann die Anzahl der richtigen (Ja/Ja oder Nein/Nein) Prognosen mit den falschen (Ja/Nein oder Nein/Ja) vergleichen und damit wird festgestellt, in welchem Monat oder in welchen Monaten das Modell die Niederschlagsfelder besser vorhergesagt hat und wann die Vorhersagegüte am genauesten ist (zeitliche Untersuchung).

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	12%	12%	24%
	no	12%	64%	76%
		24%	76%	100%

Tab.8.2.1: Verifikationsmaßzahlen für Jan. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	12%	10%	22%
	no	16%	62%	78%
		28%	72%	100%

Tab.8.2.2: Verifikationsmaßzahlen für Feb. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	15%	6%	21%
	no	16%	63%	79%
		31%	69%	100%

Tab.8.2.3: Verifikationsmaßzahlen für Mrz. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	7%	5%	12%
	no	6%	82%	88%
		13%	87%	100%

Tab.8.2.4: Verifikationsmaßzahlen für Apr. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	7%	4%	11%
	no	8%	81%	89%
		15%	85%	100%

Tab.8.2.5: Verifikationsmaßzahlen für Mai. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	2%	4%	6%
	no	3%	91%	94%
		5%	95%	100%

Tab.8.2.6: Verifikationsmaßzahlen für Jun. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	3%	2%	5%
	no	7%	88%	95%
		10%	90%	100%

Tab.8.2.7: Verifikationsmaßzahlen für Jul. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	2%	3%	9%
	no	4%	91%	95%
		6%	94%	100%

Tab.8.2.8: Verifikationsmaßzahlen für Aug. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	2%	4%	6%
	no	3%	91%	94%
		5%	95%	100%

Tab.8.2.9: Verifikationsmaßzahlen für Sep. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	6%	5%	11%
	no	5%	84%	89%
		11%	89%	100%

Tab.8.2.10: Verifikationsmaßzahlen für Okt. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	8%	7%	15%
	no	7%	78%	85%
		15%	85%	100%

Tab.8.2.11: Verifikationsmaßzahlen für Nov. 2001

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	26%	6%	32%
	no	16%	52%	68%
		42%	58%	100%

Tab.8.2.12: Verifikationsmaßzahlen für Dez. 2001

Monat	Ja- Beobachtungen	Richtige Prognosen (Ja/Ja)-(Nien/Nein)	Falsche Prognosen (Ja/Nein)-(Nein/Ja)
Jan.	24%	76%	24%
Feb.	28%	74%	28%
Mrz.	31%	78%	31%
Apr.	13%	89%	13%
Mai.	15%	88%	15%
Jun.	5%	93%	5%
Jul.	10%	91%	10%
Aug.	6%	93%	6%
Sep.	5%	93%	5%
Okt.	11%	90%	11%
Nov.	15%	86%	15%
Dez.	42%	78%	22%

Tab. 8.2.13: Die richtigen und falschen Prognosen pro Monat im Jahr 2001.

Wie bei Betrachtung der Tabelle 8.2.13 zu sehen ist, ist der Anteil der richtigen (Ja/Ja, Nien/Nien) Prognosen des EZMW-Modells in Jun.-Sep. am größten (Trotz der konvektiven Fälle im Sommer). Von Dezember bis März ist der Anteil der richtigen Prognosen am geringsten. Tabelle 8.2.14 zeigt den kontinuierlichen Verifikationsmaßzahlen für jeden einzelnen Monat. *True skill statistics* (TSS) ist die einzige Maßzahl, die unabhängig von systematischen Fehlern ist. Z. B. Im niederschlagsarmen Monat, wo die Anzahl der Ereignisse mit Niederschlag am geringsten ist, ist die *False alarm ratio* (FAR) am größten aber diese Maßzahl kann nicht wahrgenommen werden. Alle anderen Verifikationsmaßzahlen hängen auch von der Niederschlagsverteilung ab. TSS ist eine zuverlässige Maßzahl für die Verifikation der Vorhersage. Wie zu sehen ist, ist TSS im Okt. Und Dez. am größten(0.51). Bei der Betrachtung der Tabelle 8.2.13 wurde festgestellt, dass die Monate Jun-Sep mit einem hohen Wert von richtig prognostizierten Fällen, an der ersten Stelle sind.

	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Anzahl der Fälle mit Niederschlag (>0.1 mm)	24%	28%	31%	13%	15%	5%	10%	6%	5%	11%	15%	42%
Hit rate	0.76	0.74	0.78	0.89	0.88	0.93	0.91	0.93	0.93	0.9	0.86	0.77
Critical success Index, CSI	0.34	0.32	0.4	0.37	0.36	0.19	0.23	0.23	0.18	0.39	0.35	0.54
Prob of detection, POD	0.51	0.43	0.48	0.51	0.47	0.34	0.29	0.35	0.36	0.56	0.52	0.61
False alarm, FAR	0.49	0.44	0.29	0.41	0.39	0.71	0.48	0.6	0.73	0.44	0.48	0.19
Bias score, BIAS	1.01	0.78	0.68	0.86	0.78	1.16	0.55	0.88	1.31	1.01	1	0.76
True skillstatistics, TSS	0.36	0.3	0.39	0.45	0.42	0.3	0.26	0.32	0.32	0.51	0.44	0.51

Tab. 8.2.14: kategorische Statistik pro Monat. Das EZMW-Modell hat die Niederschlagsmenge in 7 Monaten des Jahres 2001 unterschätzt (Bias<1) und nur in 4 Monaten überschätzt. Die Vorhersagegüte (TSS) ist in Wintermonaten besser als im Sommermonaten mit einem Maximum im Dezember und im Oktober (TSS=0.51).

Der Grund war die große Anzahl der niederschlagsarmen Tage im Sommer und es ist ein systematischer Fehler, der bei der Verifikation vorkommt. Als die Monate, in denen die Vorhersagegüte der EZMW-Niederschlagsprognose am besten ist, können Oktober, November und Dezember und April und Mai betrachtet werden (TSS= 0.51, 0.44, 0.51, 0.45 und 0.42).

8.3 Saisonale Verifikationsergebnisse

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Hit rate	0.85	0.92	0.90	0.76
Critical success Index, CSI	0.38	0.22	0.31	0.40
Prob of detection, POD	0.49	0.33	0.48	0.52
False alarm, FAR	0.36	0.60	0.55	0.37
Bias score, BIAS	0.77	0.86	1.11	0.85
True skill statistics, TSS	0.42	0.29	0.42	0.39

Tab. 8.3.1: saisonale kategorische Statistik. Das Modell unterschätzt die Niederschlagsmenge in Frühling, Sommer und Winter (Bias<1), im Frühling und in Herbst ist die Vorhersagegüte am besten (TSS=0.42)

Um einen Überblick über den saisonalen Trend der Verifikationsmaßzahlen haben zu können, wurden die Verifikationsmaßzahlen für jede Jahreszeit berechnet. Tabelle 8.3.1 zeigt die kontinuierliche Statistik pro Jahreszeit. Wie zu sehen ist, sind Sommer und Herbst mit einem Hit rate von 0.92 und 0.90 an der ersten Stelle. False alarm ratio (FAR) zeigt einen Wert von 0.22 im Sommer und 0.31 im Herbst. Mit Betrachten der TSS-werte kann man genauer sagen wie gut das Modell pro Jahreszeit ist. Herbst und Frühling mit einem TSS von 0.42 sind die Jahreszeiten, wo die EZMW-Prognose optimaler als in den anderen Jahreszeiten ist. Nach dem Herbst und Frühling sind Winter (TSS=0.39) und Sommer (TSS=0.29) an der zweiten und dritten Stelle.

8.4 Quantitative Verifikationsergebnisse in Form von Zeitreihen

Abbildungen 8.4.1- 8.4.12 zeigen die Zeitreihe des täglichen über allen Gitterboxen im Verifikationsraum gemittelten Niederschlags (oben), für die beobachteten Niederschläge (schwarz) und für das EZMW Vorhersagemodell (rosa). Weiter sind die Zeitreihen des mittleren Fehlers (mitte) und das Rangkorrelationskoeffizienten (unten) dargestellt. Im Durchschnitt beträgt der Niederschlag in der Periode 2001 über dem Verifikationsgebiet 0.58 mm/Tag. An dem einzelnen Tagen wurden Niederschläge zwischen 4-6 mm/Tag beobachtet (gemittelt über dem ganzen Untersuchungsgebiet), Es gibt aber auch Tage mit keinem Niederschlag vorhanden.

Dabei stimmen die Maxima und Minima der Niederschlagsvorhersagen des EZMW Modells in allen Monaten abgesehen von 1. Jan-21.Mrz mit den Beobachtungen überein. Ab 1. Januar bis 21. März weist die Zeitreihe eine Phasenverschiebung von 1 Tag auf. Lediglich in der Amplitude kommt es zu Unregelmäßigkeiten. Abbildungen 8.4.1-8.4.12 (mitte) zeigt die Zeitreihe des mittleren Fehlers. Das EZMW-Modell fluktuiert in dieser Periode im geringeren Ausmaß und unterschätzt die Niederschlagsmenge mit Ausnahme von 15 Tagen (im Januar). Der mittlere Fehler des EZMW-Modells beträgt -0.01 mm/Tag im Januar. Die mittleren Fehler von anderen Monaten stehen auf der Tabelle 8.4.1. Der einmonatige Korrelationskoeffizient beträgt 0.64 für Januar. Hohe Korrelationen werden an niederschlagsarmen Tagen gefunden.

Abbildungen 8.4.1 -8.4.12 (unten) zeigen die Zeitreihen der *Probability of Detection* (POD, oben), der *False Alarm Ratio* (FAR, mitte) und der *True Skill Statistics* (TSS, unten) über die gesamte Verifikationsperiode. An den 8 Tagen im Januar wird die POD einem Wert unter 0.4 erreicht, wobei an diesen Tagen auch die Werte der FAR hoch und die TSS niedrig sind. FAR-Zeitreihen von Abb. 8.23-8.35 haben für alle Monate ähnliche Phase und Amplitude. Hohe Werte wurden auch hier an Tagen gemacht, an den wenig Niederschlag über das Verifikationsgebiet fiel. Dennoch ist auch bei dieser kategorischen Größe, die Niederschlagsprognose der Monate April-Dezember besser als von Januar bis März (Wegen der Phasenverschiebung im Januar-März). Das EZMW-Modell erreicht mit Ausnahme einiger Ausreißer, doch immer Werte der TSS über 0.2. d. h. es wurde dabei um 20% besser vorhergesagt, als mit Hilfe einer Referenzprognose (Trefferrate; siehe S.63) möglich gewesen wäre. Da die *True Skill Statistik* von der Niederschlagsverteilung im Modellgebiet unabhängig ist, kann man damit eine bessere Auskunft über die Genauigkeit der Niederschlagsprodukte geben.

	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Beobachtet (mm)	0.70	0.61	0.95	0.27	0.33	0.10	0.14	0.11	0.15	0.34	0.60	2.01
Vorhersage (mm)	0.86	0.72	1.08	0.40	0.33	0.15	0.13	0.17	0.18	0.58	0.64	1.90
Mittlerer Fehler(mm)	0.16	0.11	0.13	0.13	-0.00	0.05	-0.01	0.06	0.03	0.24	0.04	-0.11
Mittlerer Fehler(%)	22.8	18	13.7	48.1	0	50	7.14	54.5	20.0	70.5	6.67	22.8
Mittlerer absoluter Fehler(mm)	1.10	0.99	1.20	0.39	0.44	0.20	0.20	0.20	0.23	0.52	0.67	1.82
RMSE(mm)	2.61	2.28	2.63	1.47	1.71	0.98	0.82	1.13	1.28	2.03	2.18	4.05
Rang-Korrelation	0.66	0.65	0.66	0.80	0.80	0.86	0.81	0.86	0.87	0.82	0.78	0.68

Tab. 8.4.1: die kontinuierlichen Verifikationsmaßzahlen pro Monat. Der Rangkorrelationskoeffizient in allen Monaten ist signifikant auf dem Niveau $\alpha = 0.05$.

Wie beim Betrachten der Abbildungen 8.4.1-8.4.12 zu sehen ist, ist der mittlere Fehler fast immer positiv, d. h. das Modell übererschätzt generell die Niederschlagsmenge. In den Monaten Juli und Dezember unterschätzt das Modell die Niederschlagswerte um 0.01 und

0.11 mm/Tag. Die Tage, an den das Modell die Niederschlagsmenge überschätzt hat wurden mit grün angezeichnet. für alle Monate tritt die hohe Werte der Rang-Korrelation Bei niedrigen Niederschlagsmengen auf. Im Sommermonaten (Apr.-Sep.) beträgt der Rangkorrelationskoeffizient höhere Werte, die aufgrund der um null schwankende Niederschlagsmenge ist (Rangkorrelations-koeffizient >0.8). Besonders im Dezember steigt der Rangkorrelationskoeffizient an den Tagen, an den der mittlere Niederschlag auch zunimmt(4,5. Dez).

Die POD- und FAR-Werte zeigen kein gutes Ergebnis an den Tagen, an den die Niederschlagsmenge nah 0 liegt. Aus diesem Grund sind die POD und FAR-Werte abhängig von der zeitlichen Niederschlagsverteilung. In Wintermonaten wurden im Mittel 50-60% der mit Niederschlag bedeckten Gitterboxen vorhergesagt. Die FAR-Werte fluktuieren in der Untersuchungsperiode. Im Sommermonaten beträgt der *False Alarm Ratio* (FAR) den höchsten Wert, weil die Anzahl der Tagen, an den kein Niederschlag beobachtet wurden ziemlich hoch ist. Die *True skill statistics* (TSS) schwankt im Mittel zwischen 0.22-0.45. Wie mit der Betrachtung der Zeitreihen zu sehen ist, beträgt die TSS höhere Werte an den Tagen mit höheren Niederschlägen. von Januar bis März ist die gute Leistung der TSS wegen der Phasenverschiebung nicht zu beachten. In allen anderen Monaten ist der Anstieg von TSS mit der Zunahme der Niederschlagsmenge verbunden. Oktober, November und Dezember weisen höhere TSS-Werte auf. Zusammenfassend kann man in dieser einjährige Verifikationsperiode für das EZMW Werte von POD=0.60, FAR=0.50 und TSS=0.45 angeben.

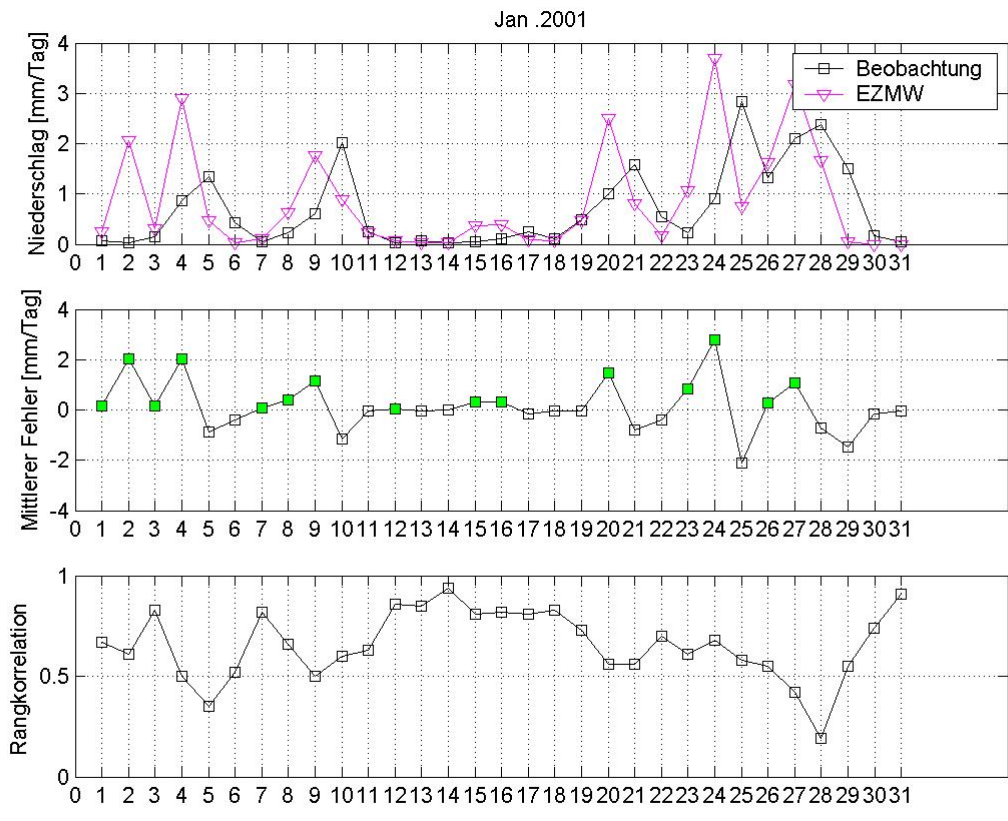


Abb. 8.4.1.a : Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation.

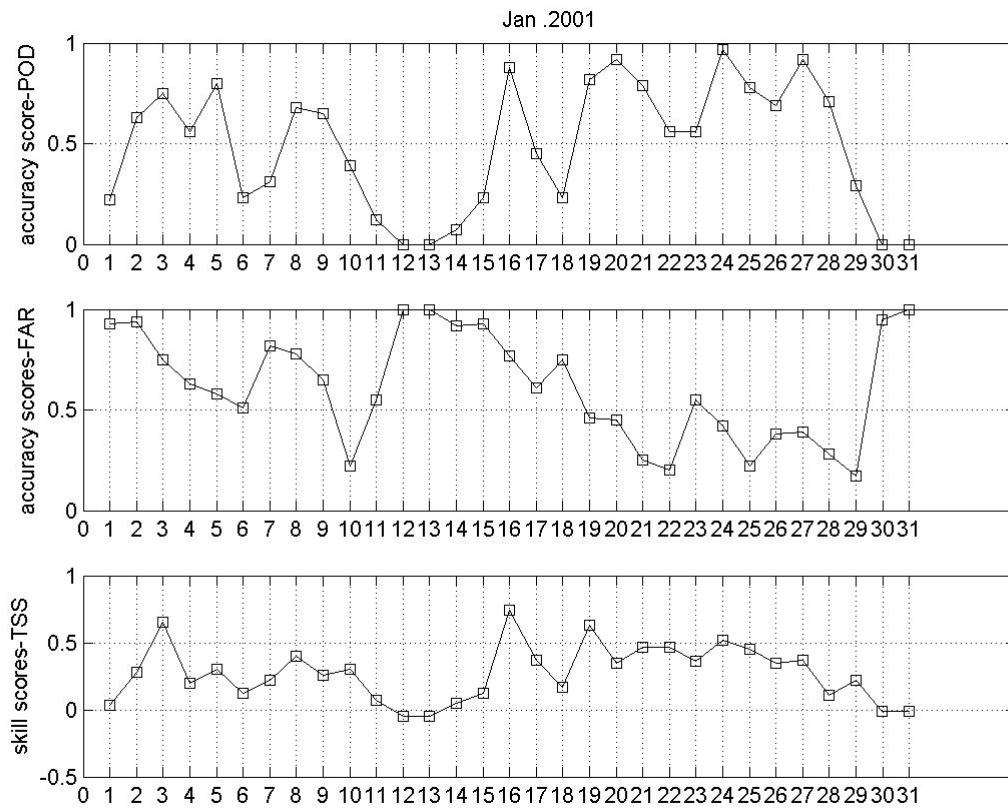


Abb. 8.4.1.b : Die Zeitreihen der POD, FAR und TSS im Januar 2001

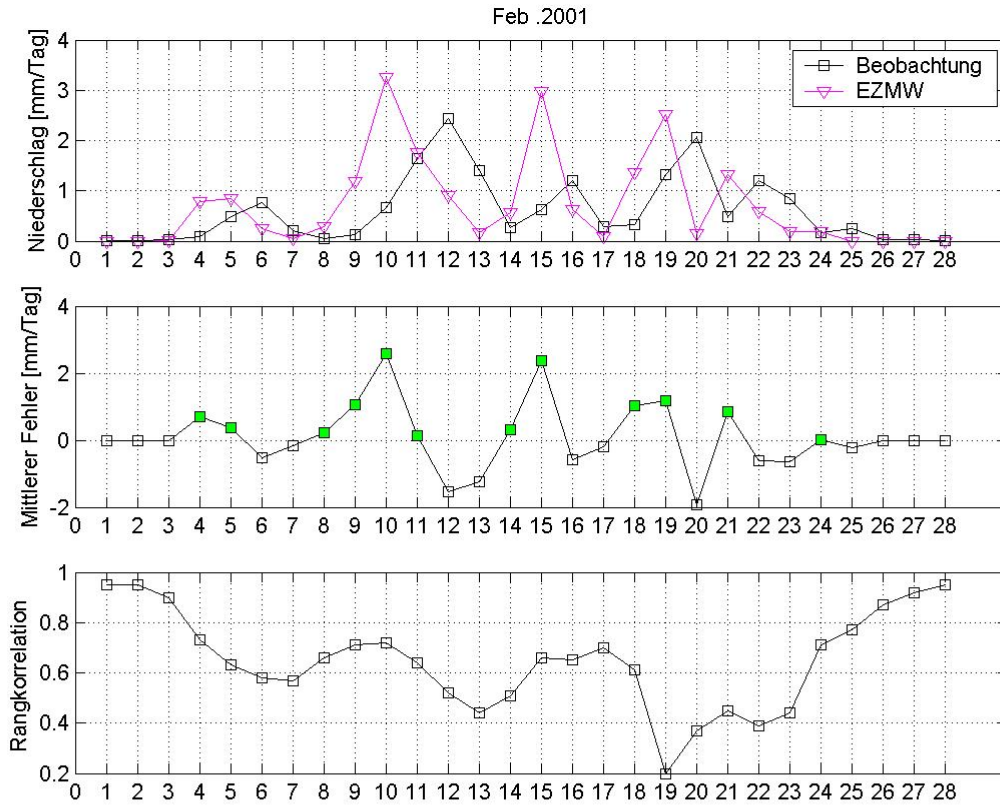


Abb. 8.4.2: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Februar

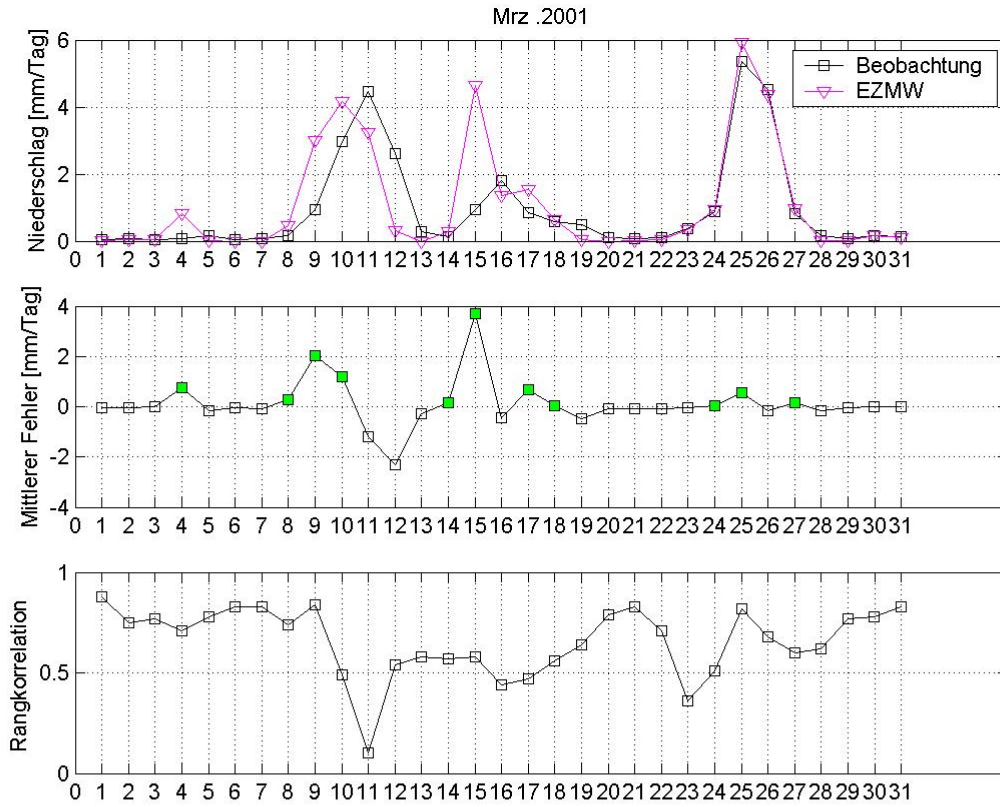


Abb. 8.4.3: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im März

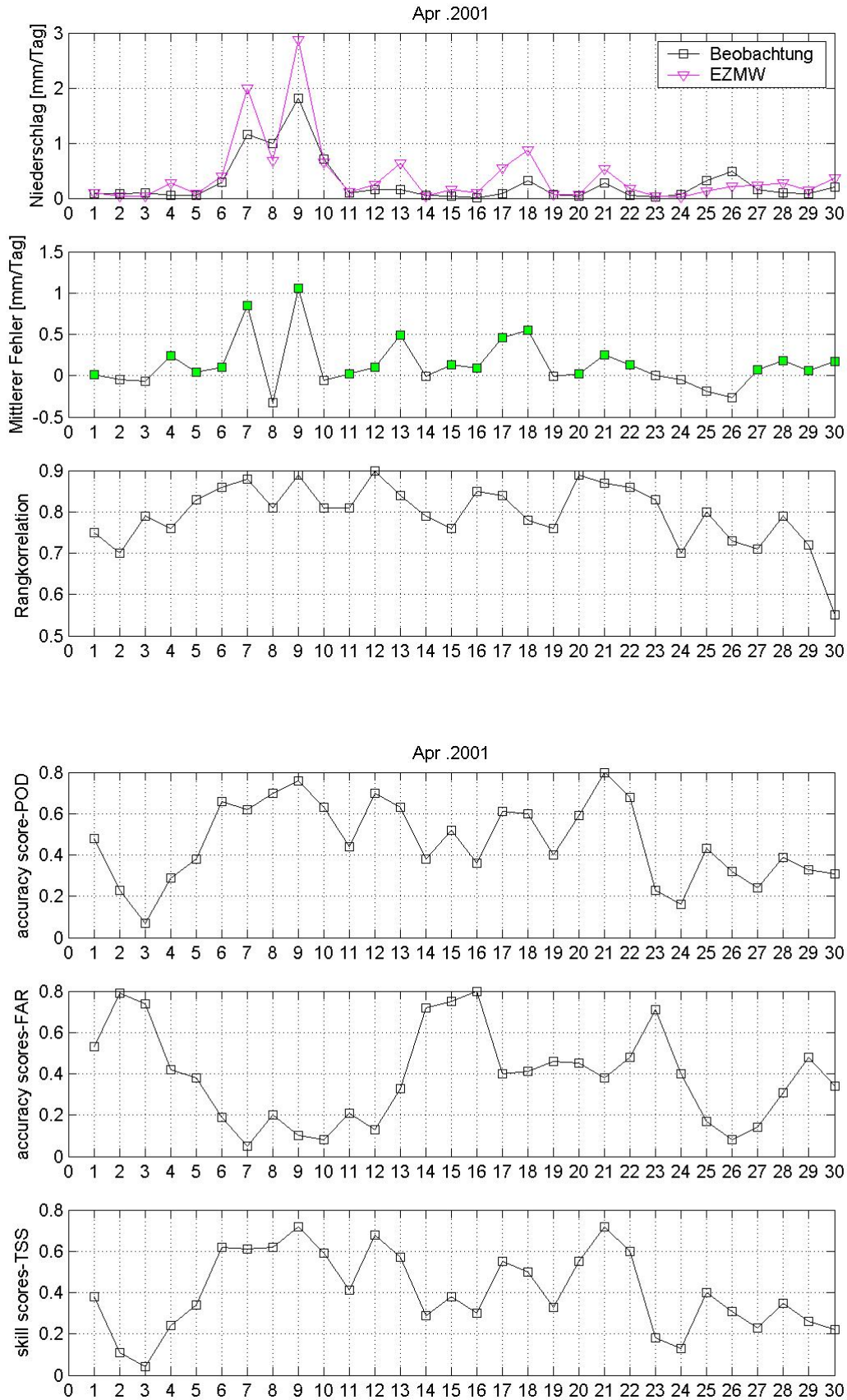


Abb. 8.4.4: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im April

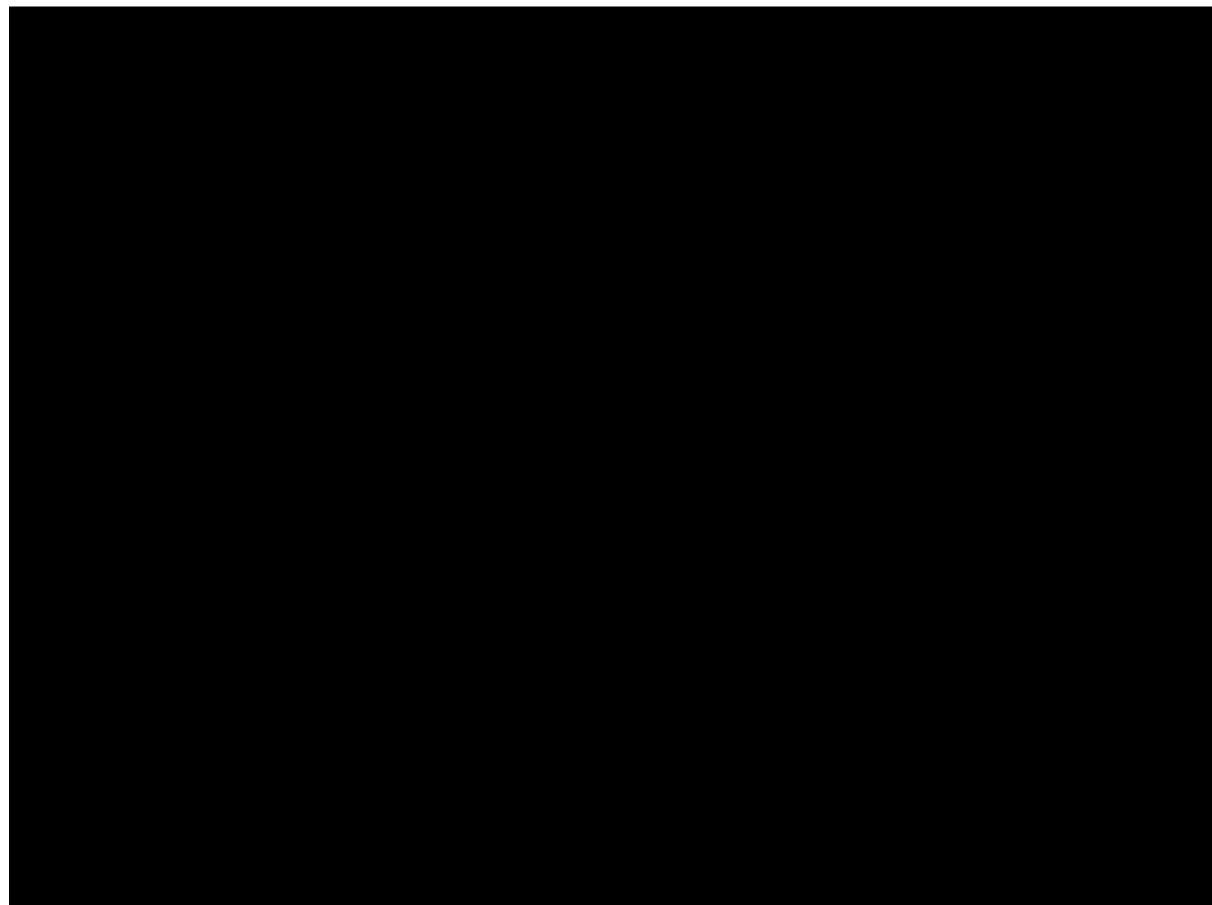
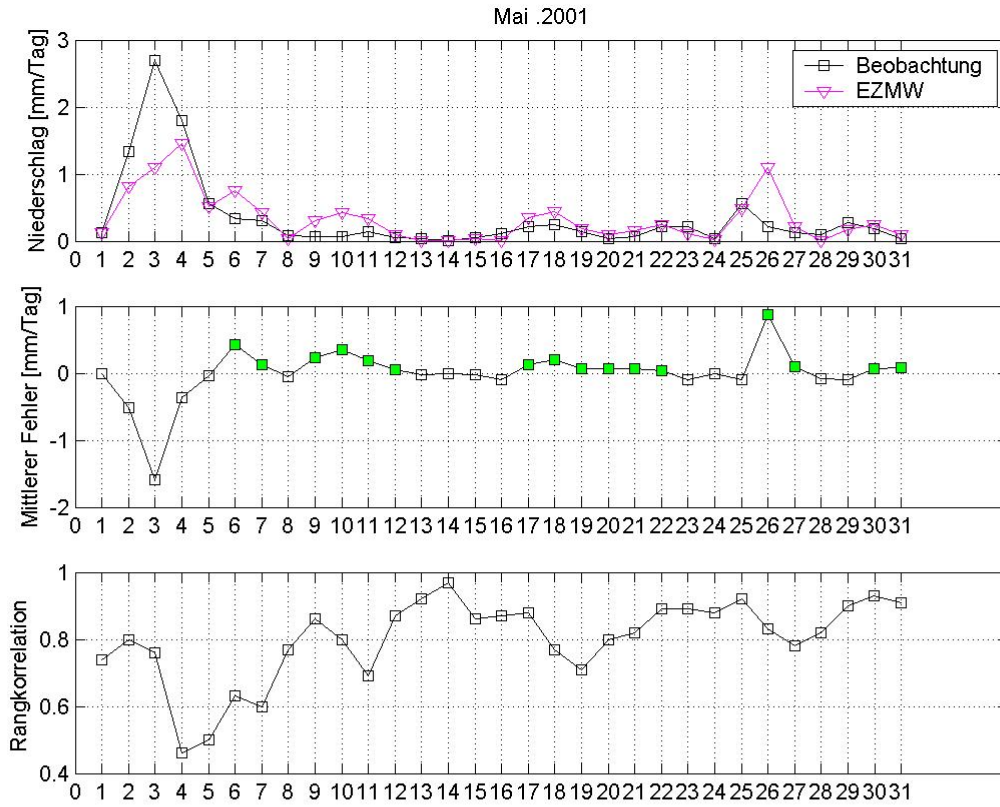


Abb. 8.4.5: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Mai

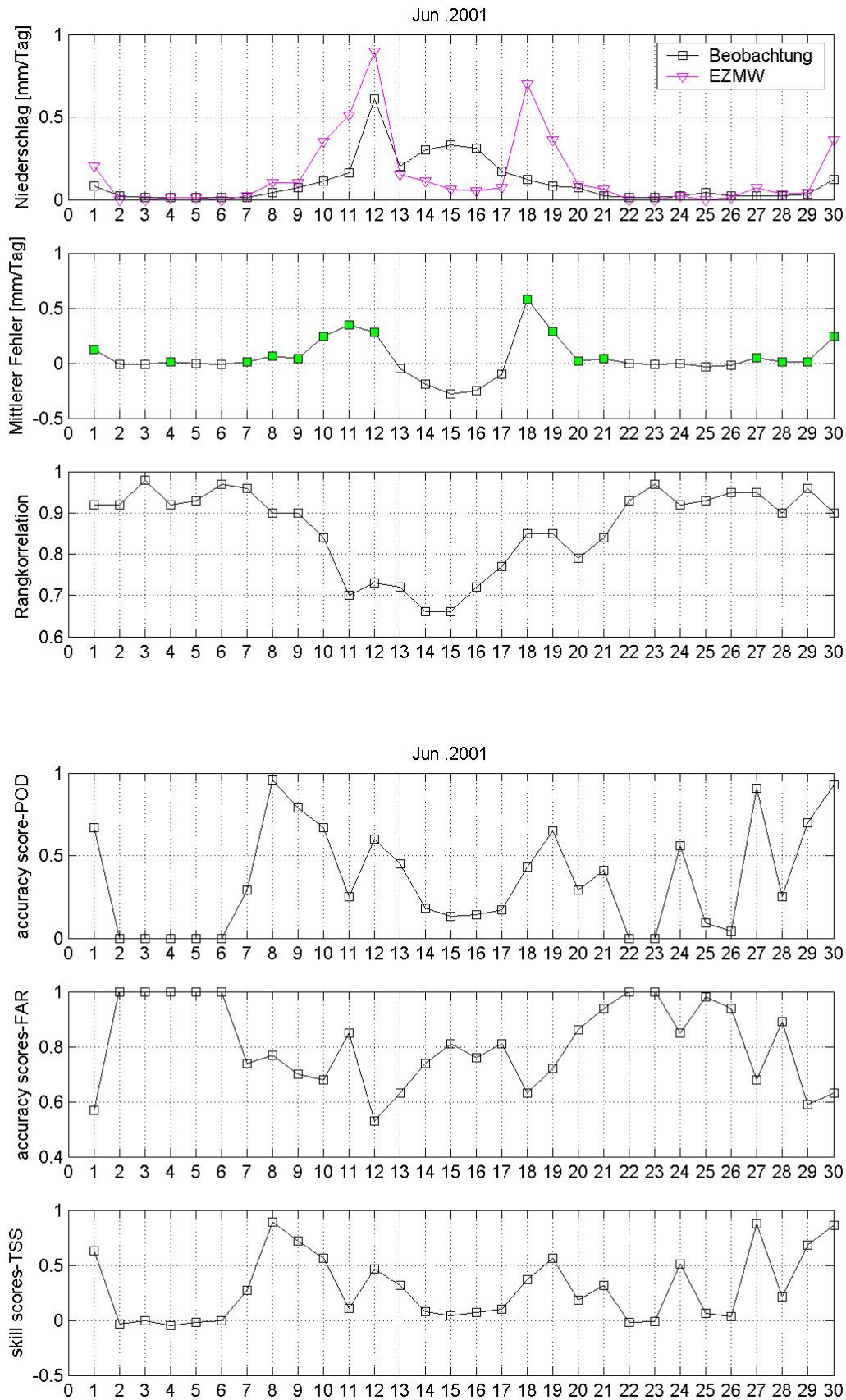


Abb. 8.4.6: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Juni

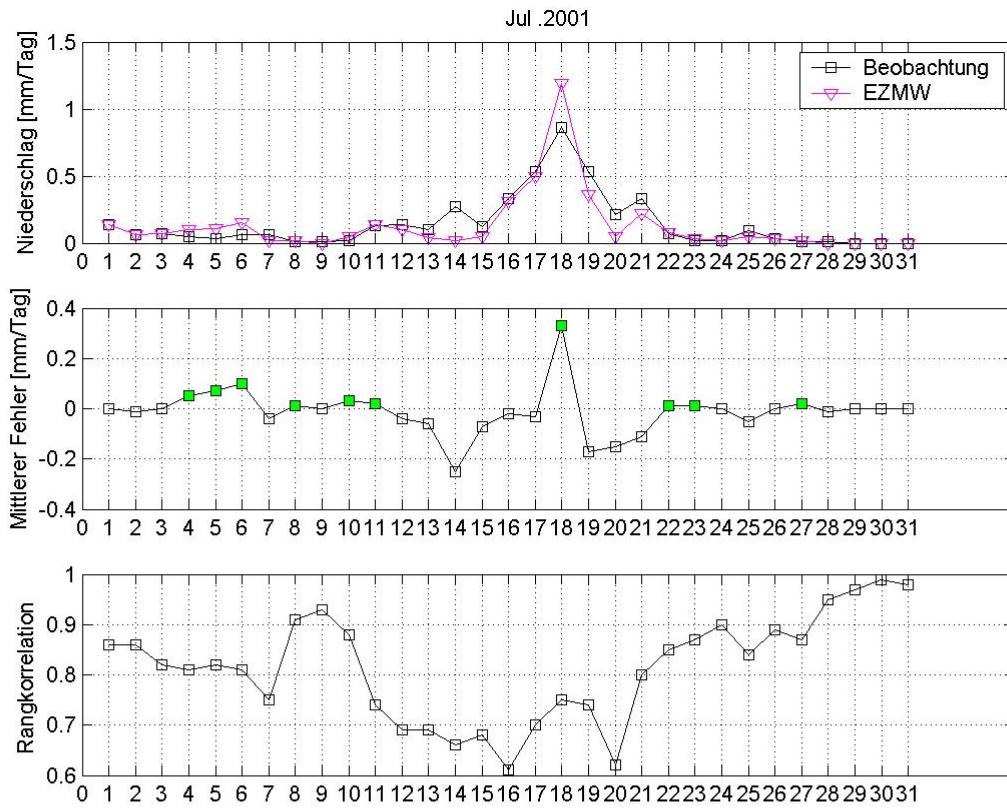


Abb. 8.4.7: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Juli

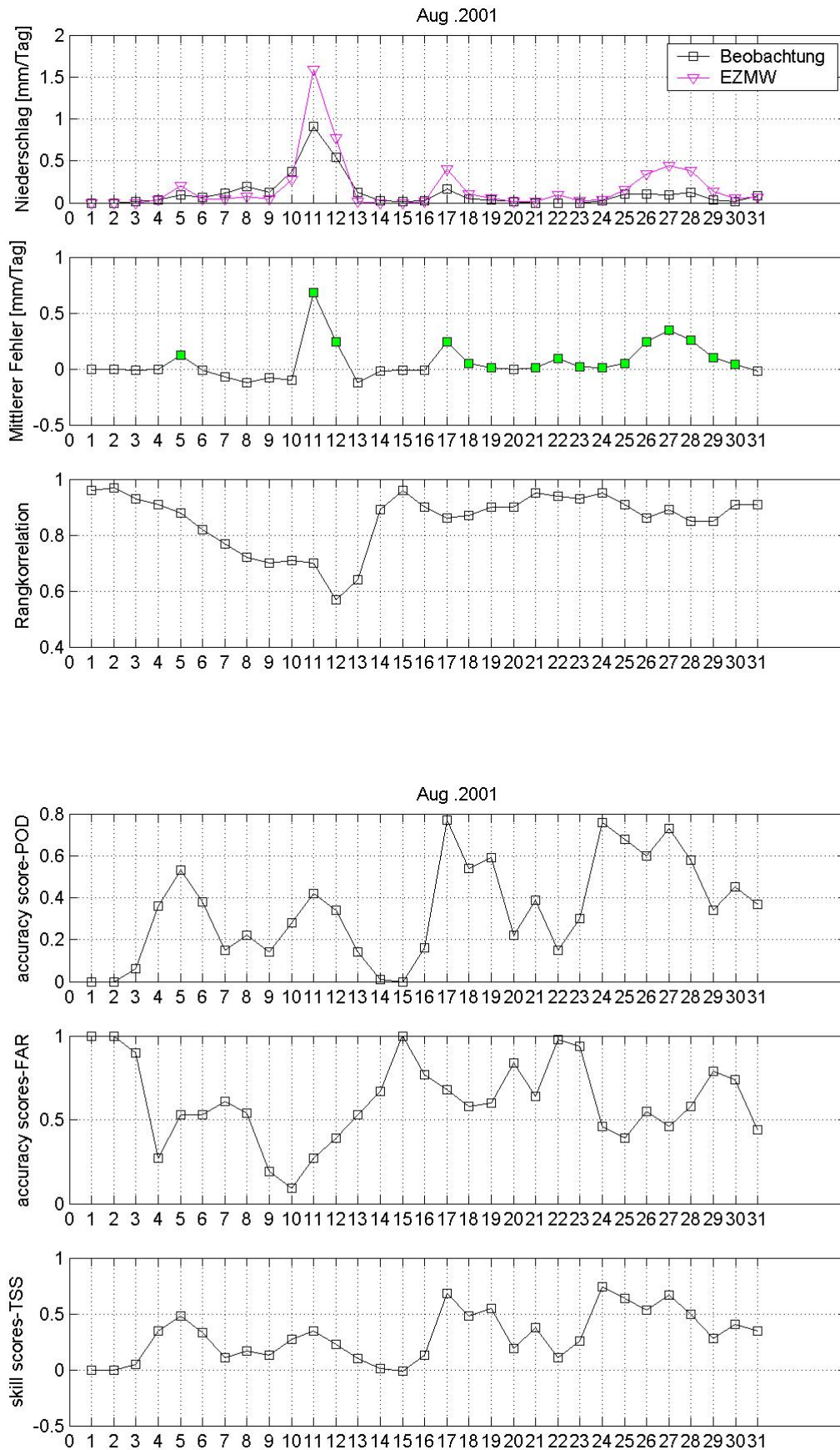


Abb. 8.4.8: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im August

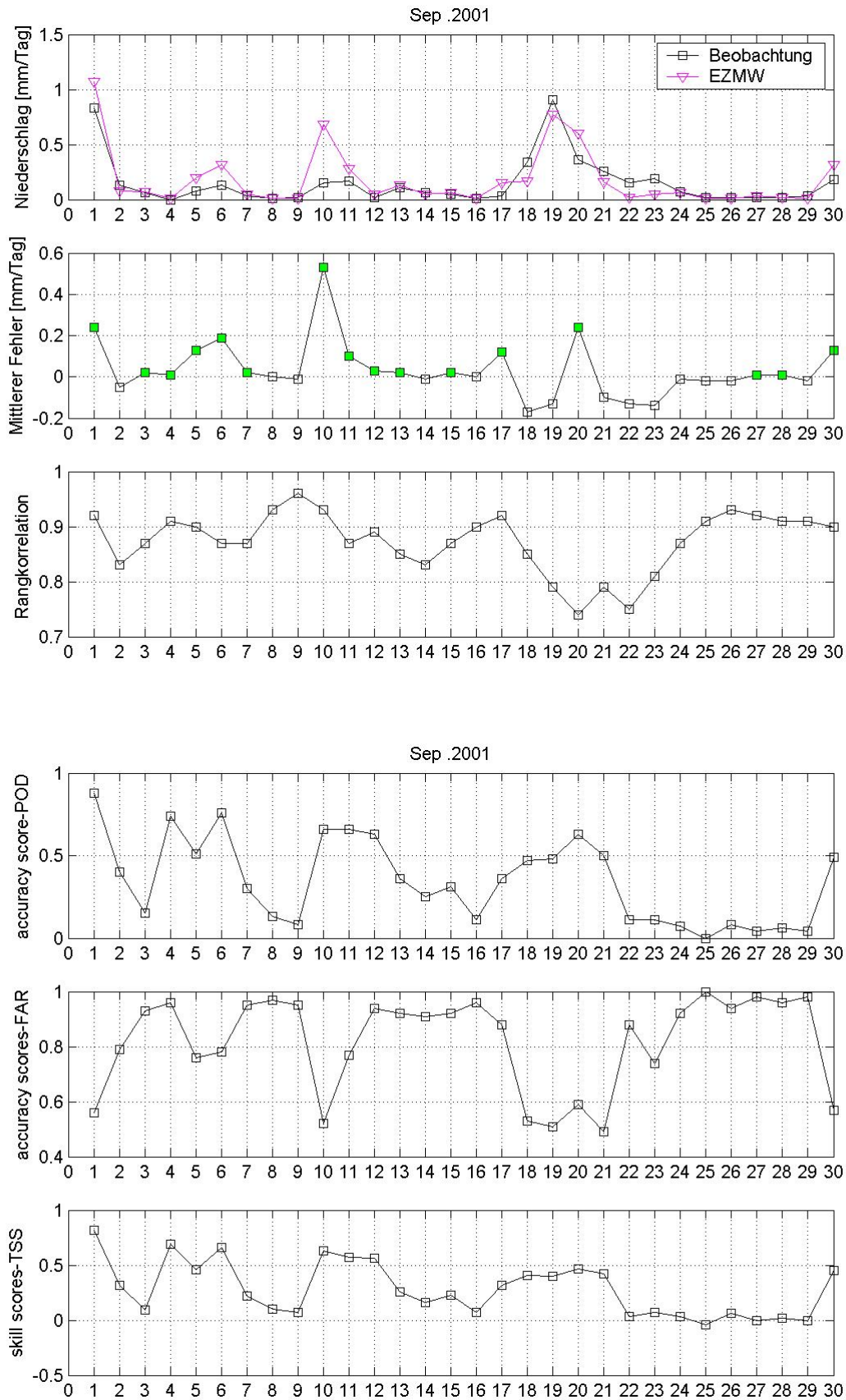


Abb. 8.4.9: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im September.

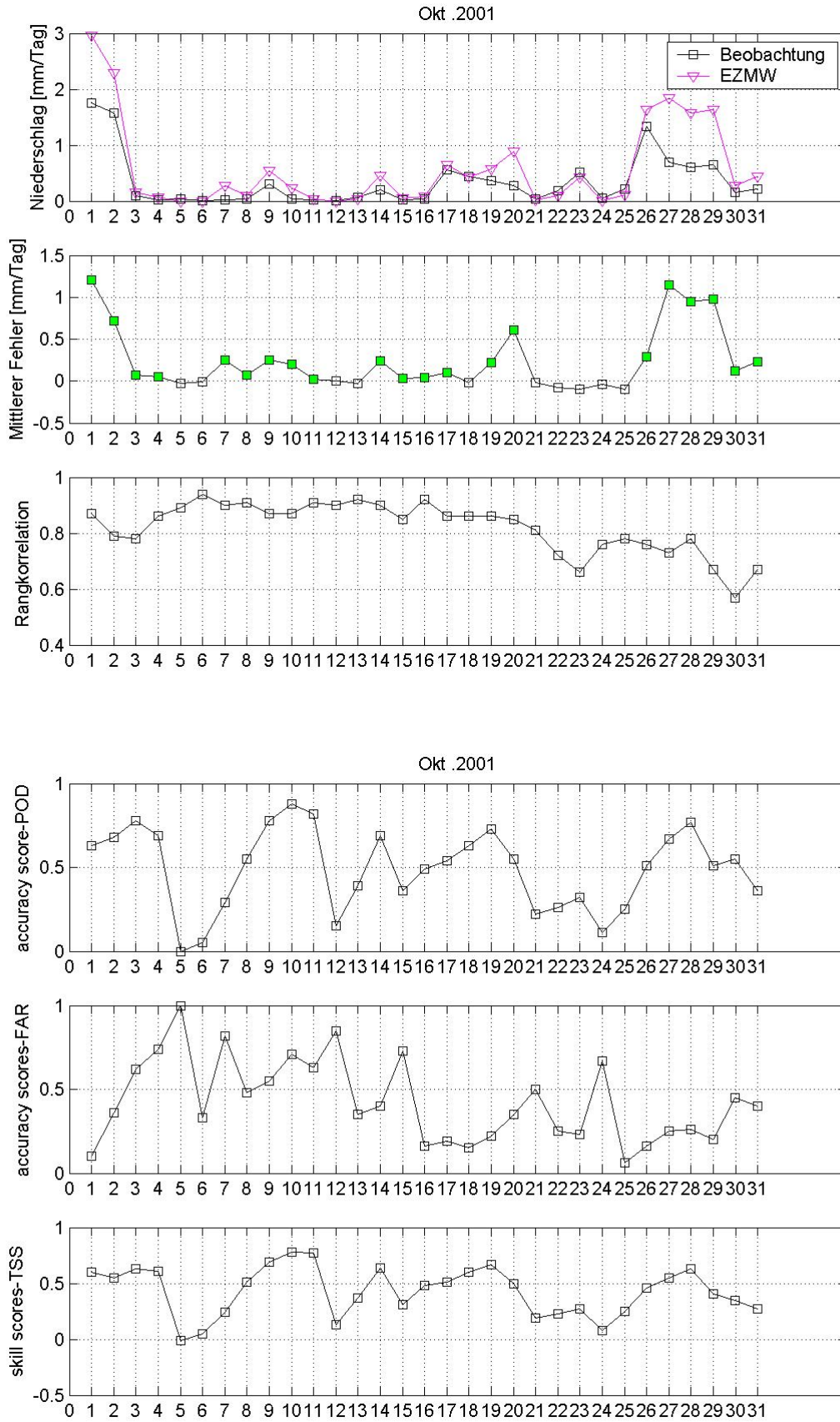


Abb. 8.4.10: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Oktober.

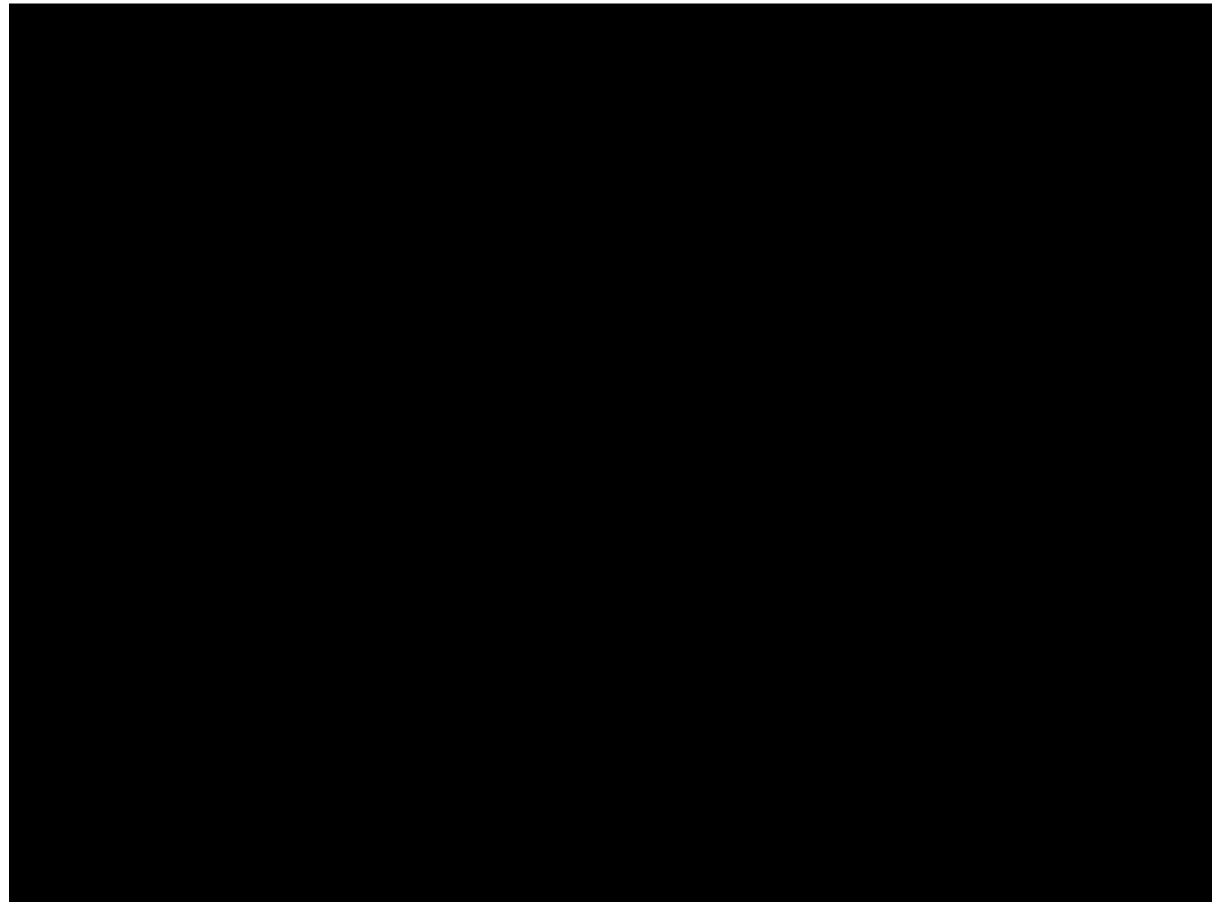
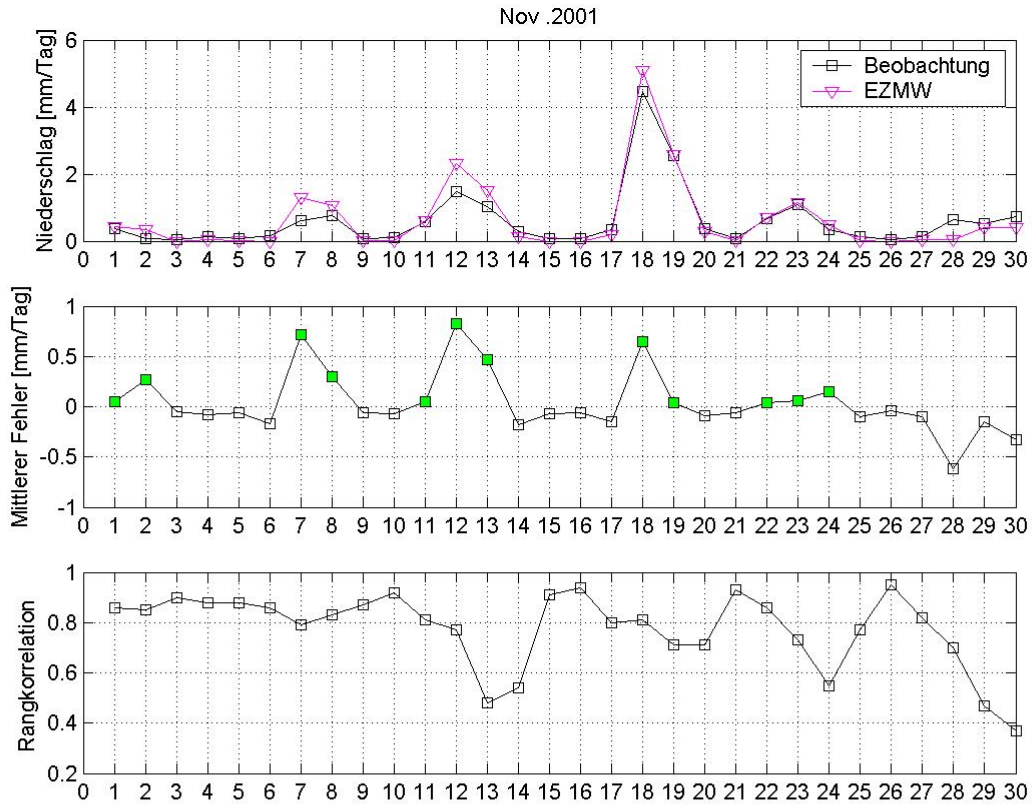


Abb. 8.4.10: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im November.

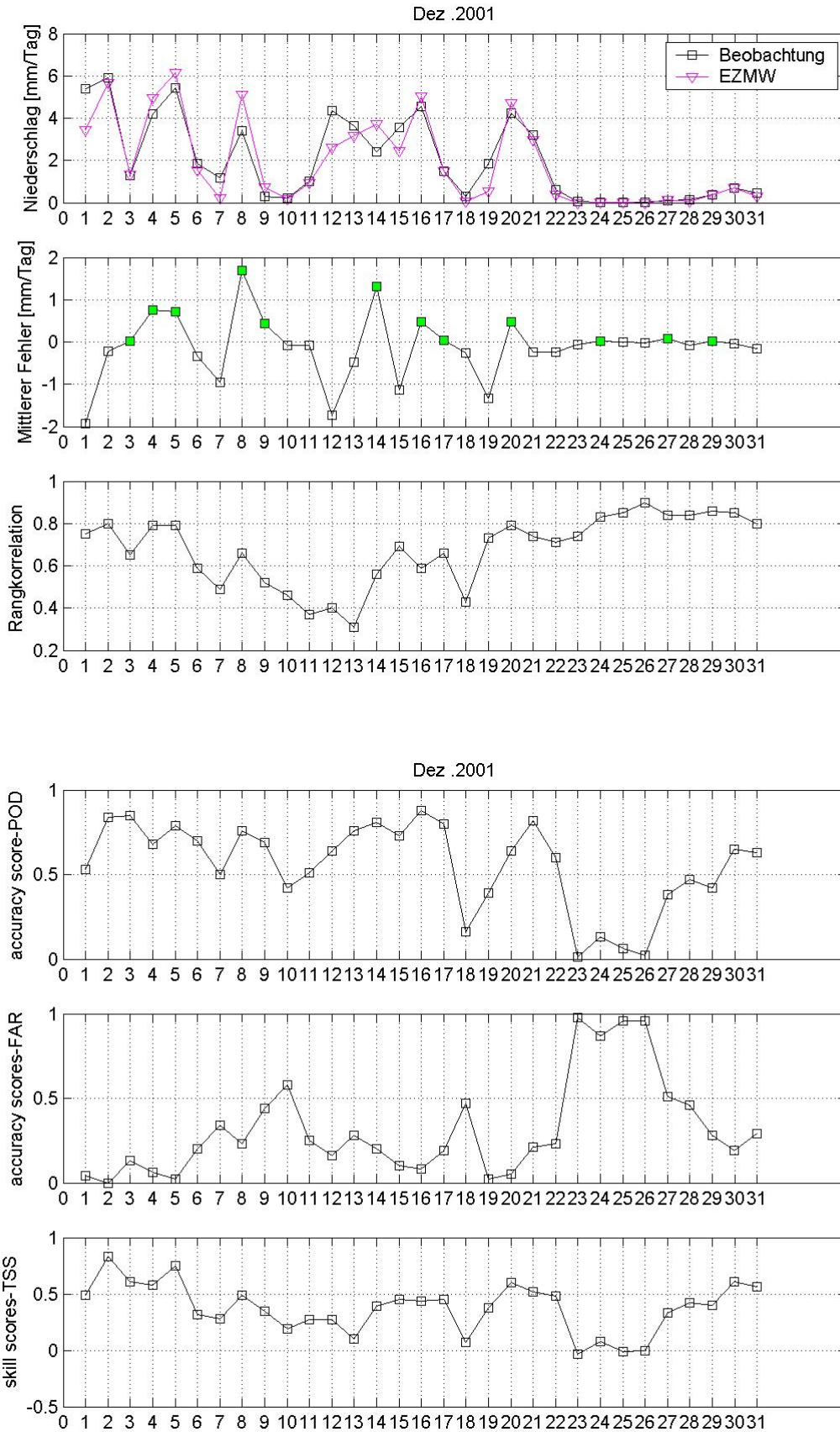


Abb. 8.4.12: Die Zeitreihen des täglichen über Verifikationsraum gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells und der Beobachtungsdaten, ME, Rangkorrelation, POD, FAR und TSS im Dezember.

8.5 Räumliche Verteilung der Verifikationsmaßzahlen

In den Abbildungen 8.5.1-8.5.16 wurden für jede einzelne der Gitterboxen der Niederschlagsmittelwert, beobachtet und vorhergesagt mit EZMW-Modell dargestellt. Die räumliche Verteilung des mittleren Fehlers wurde in den Abbildungen 8.5.7 und 8.5.8 gezeigt. Die Abbildungen 8.5.9 bis 8.5.22 zeigen die räumliche Verteilung des absoluten Fehlers, des RMSE Fehlers, der Korrelationskoeffiziente nach SPEARMAN und der kategorischen Verifikationsmaße *Probability of Detection* (POD), *False Alarm Ratio* (FAR), *True Skill Statistics* (TSS) und *Hit Rate* (HR). Wie in den Abbildungen 8.5.1-8.5.6 gezeigt wurde, stimmt die räumliche Verteilung des mit EZMW prognostizierten Niederschlags mit der Verteilung der Beobachtungsdaten im Januar teilweise überein. Das Modell kann die Niederschläge am Kaspischen Meer und über dem Zagros-Gebirge prognostizieren, aber die Position der hohen Niederschläge wurde zu südlich vorhergesagt. Im Februar hat das Modell die Niederschläge über dem Zagros-Gebirge wiedergegeben. Die Niederschläge an der kaspischen Küste wurden zu hoch prognostiziert. Im März hat das Modell abgesehen von ein paar mit Niederschlag bedeckten Gitterzellen im Nordosten und Nordwesten die Position und Menge des Niederschlags gut prognostiziert. Im Juli hat das Modell die Niederschläge im Südosten nicht vorhergesagt. Das ist der sommerliche Monsunregen, der den Südosten des Irans betrifft. Die Monsunströmung hat den Südosten Irans von 11 bis 20. Juli 2001 mit einem Mittelwert von 5mm/Tag erreicht. Das EZMW-Modell war nicht in der Lage, den Zweig der Monsunströmung, die episodenhaft den Iran betrifft zu prognostizieren. Die Überschätzung der Niederschlagsmenge ist im April bis August am Kaspischen Meer bemerkbar (konvektiver Niederschlag). Im September und Oktober hat das Modell die Niederschläge am Kaspischen Meer teilweise richtig vorhergesagt. Die Niederschlagsmenge wurde nochmal überschätzt. Im November und Dezember hat das Modell trotz der Wiedergabe der Position des Niederschlags, die Menge überschätzt. Zusammenfassend stimmt die räumliche Verteilung des mit EZMW prognostizierten über jeden Monat gemittelten Niederschlags mit der räumlichen Verteilung des beobachteten Niederschlags teilweise überein. Die Werte werden aber generell überschätzt.

Die Abbildungen 8.5.7 und 8.5.8 geben ausführliche Informationen über die räumliche Überschätzung bzw. Unterschätzung der mit EZMW prognostizierten Niederschläge. Im Januar ist eine Überschätzung um 3mm/Tag an der kaspischen Küste und an der Luvseite des Zagros-Gebirges zu sehen. Die Überschätzung der Niederschlagswerte an der kaspischen Küste ist in allen Monaten bemerkbar.

Einige leichte Unterschätzungen in der Kavir-Lut (Wüste) sind in Februar, März und Juni auch zu sehen. Im Oktober wird sich die Überschätzungsgebiet nach Nordosten und Nordwesten ausbreitet und besonders im Dezember werden die Niederschläge an der Luvseite des Zagros-Gebirges heftig unterschätzt.

Zusammenfassend hat das EZMW-Modell die Niederschlagswerte an der kaspischen Küste in allen Monaten überschätzt. Im Wintermonaten (November und Dezember) wurde die Niederschlagsmenge über dem Zagros-Gebirge unterschätzt und im Januar wurde die Niederschlagsmenge im Südtail des Zagros-Gebirges überschätzt. Wie in der Abbildungen 8.5.9 und 8.5.10 dargestellt wurde, hat sich der mittlere absolute Fehler der EZMW-Niederschläge an der kaspischen Küste und in den Wintermonaten an der Luvseite des Zagros-Gebirges konzentriert. Wenn man sich das Feld des RMSE Fehlers ansieht, so erkennt man, dass vor allem über dem Zagros-Gebirges im Winter (Nov.-Mrz.) und an der kaspischen Küste (in allen Monaten) größere Fehler in der Bestimmung der Niederschlagsmenge auftreten. (Abb. 8.5.11 und 8.5.12)

Wie man den Abbildungen 8.5.13 und 8.5.14 entnimmt, beträgt *Probability of Detection* (POD) in den Sommermonaten die höchsten Werte an der kaspischen Küste, d. h. das Modell kann 80-100% der mit Niederschlag bedeckten Gitterzellen an der kaspischen Küste vorhersagen. Die Gitterzellen, die mit dunkelblau angezeichnet wurden, kennzeichnen die Gitterzellen, wo Nein/Nein Prognose stimmt(kein Niederschlag und kein Prognose). Für diese Gitterpunkte kann POD nicht berechnet werden. In den Wintermonaten kann das Modell 80-100% der mit Niederschlag bedeckten Gitterzellen am Zagros-Gebirge und im Nordosten des Irans vorhersagen.

Die Abbildungen 8.5.15 und 8.5.16 stellen die räumliche Verteilung von *False Alarm Ratio*(FAR) in einzelnen Monaten dar. Die FAR-Werte sind im Juni am größten im Nordosten und Nordwesten des Irans. Im Juli bis September ist FAR entlang des Zagros-Gebirges am größten (Der Niederschlag wurde vorhergesagt, aber nicht beobachtet). Im Oktober bis Mai ist FAR in fast allen Teilen des Irans kleiner als 0.5. Im Januar und Februar hat das Modell einige Niederschläge in der Wüste und im Süd-Iran prognostiziert, die nicht beobachtet wurden.

Gute Ergebnisse der Korrelationskoeffizienten sind vor allem im Zentral-Teil des Irans, aber auch im Nordosten vorhanden(Mai-September). In den Sommermonaten ist der Rangkorrelationskoeffizient an der kaspischen Küste am geringsten und die dunkelblauen Punkte zeigen die Gitterpunkte, wo der Rangkorrelationskoeffizient nicht auf dem Niveau $\alpha = 0.05$ signifikant ist. Im Oktober bis Dezember ist der Rangkorrelationskoeffizient an der Süd-Seite des Alborz-Gebirges gering und im Januar, Februar und haben einige Teile in den Wüsten und über dem Zagros-Gebirge geringe Rangkorrelationskoeffizienten (Abb. 8.5.17-8.5.18). Die räumliche Verteilung der Trefferrate im April bis Oktober zeigt eine richtige Prognose für alle Teile des Irans außer an der kaspischen Küste. Im Oktober bis März beträgt die Trefferrate geringe Werte in der Lut-Wüste und an dem Zagros-Gebirge. Um zu wissen wie gut die EZMW-Vorhersage während des Jahres 2001 war, wurde die räumliche Verteilung der *True Skill Statistics* (TSS) für alle einzelnen Monaten berechnet (Abb. 8.5.21 und 8.5.22) Das Modell ist nicht in der Lage in den Wintermonaten (Oktober bis März) die Niederschläge in den Wüsten zu prognostizieren. In den Sommermonaten (März bis September) ist das Modell in der Lage die Niederschlagsmenge an der kaspischen Küste zu prognostizieren(TSS>0.8).

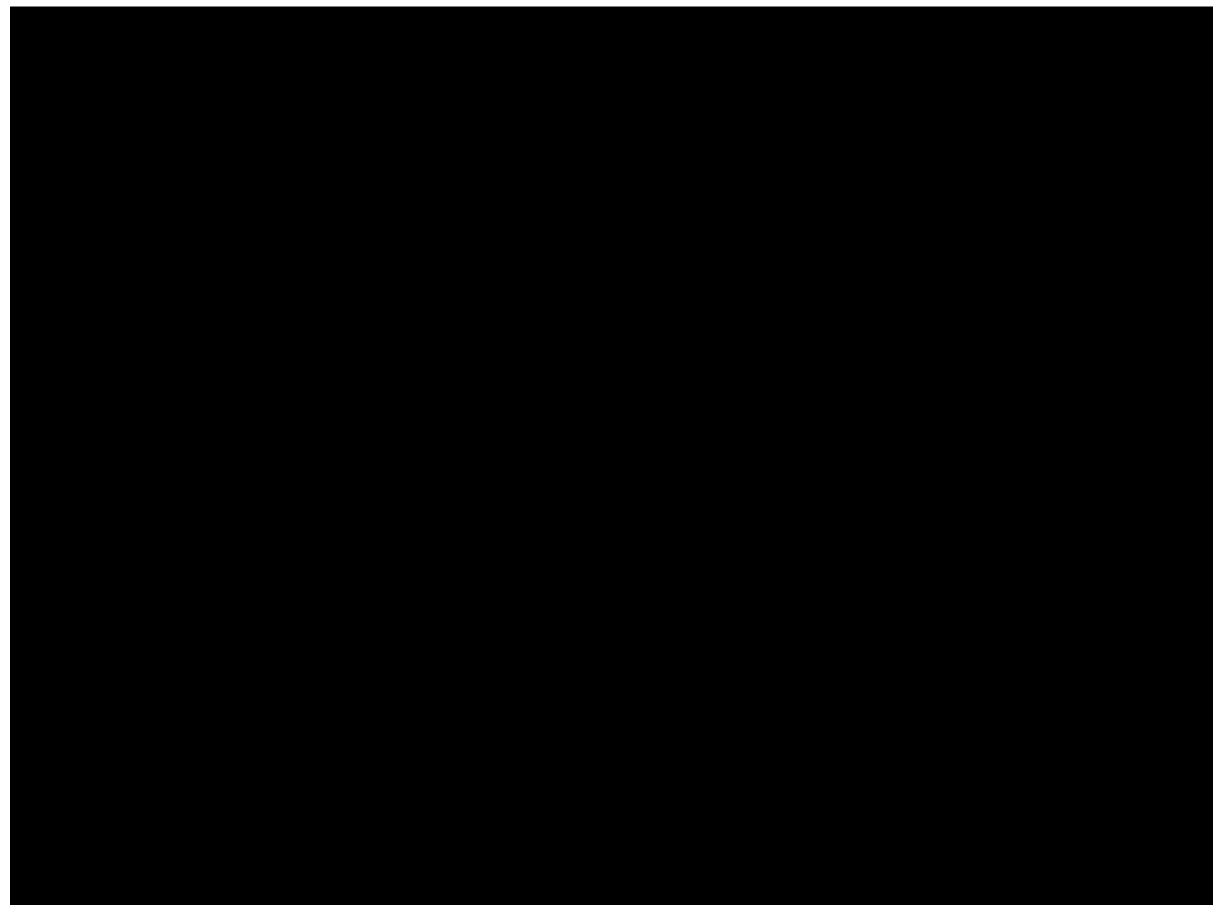
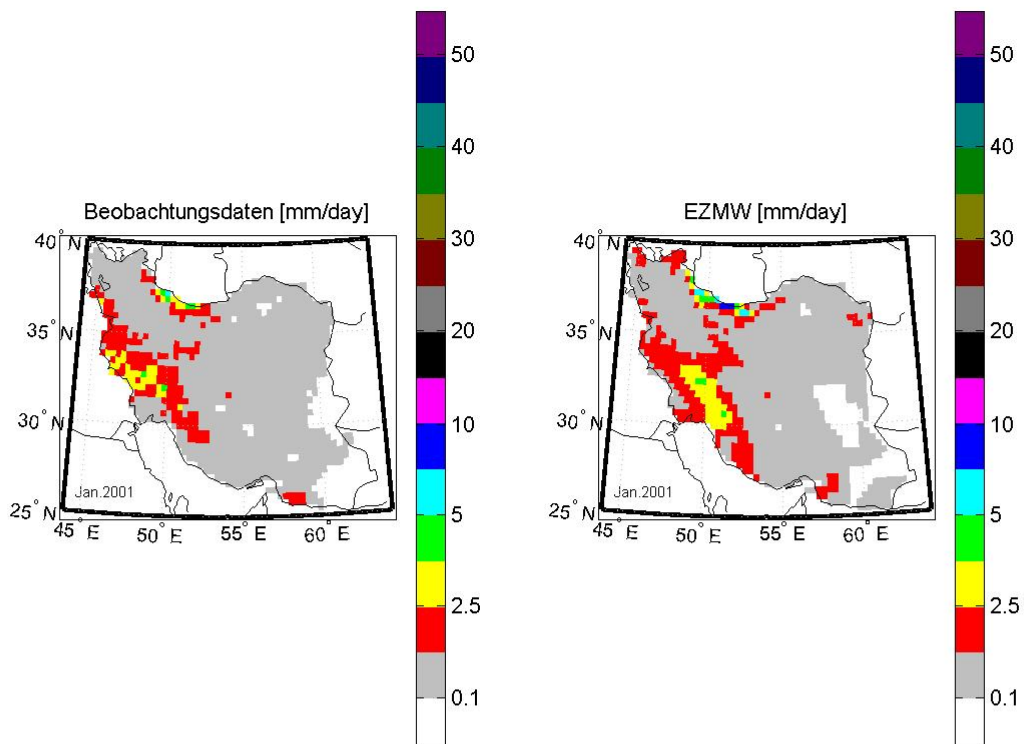


Abb.8.5.1: Die räumliche Verteilung des täglichen über Januar und Februar gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

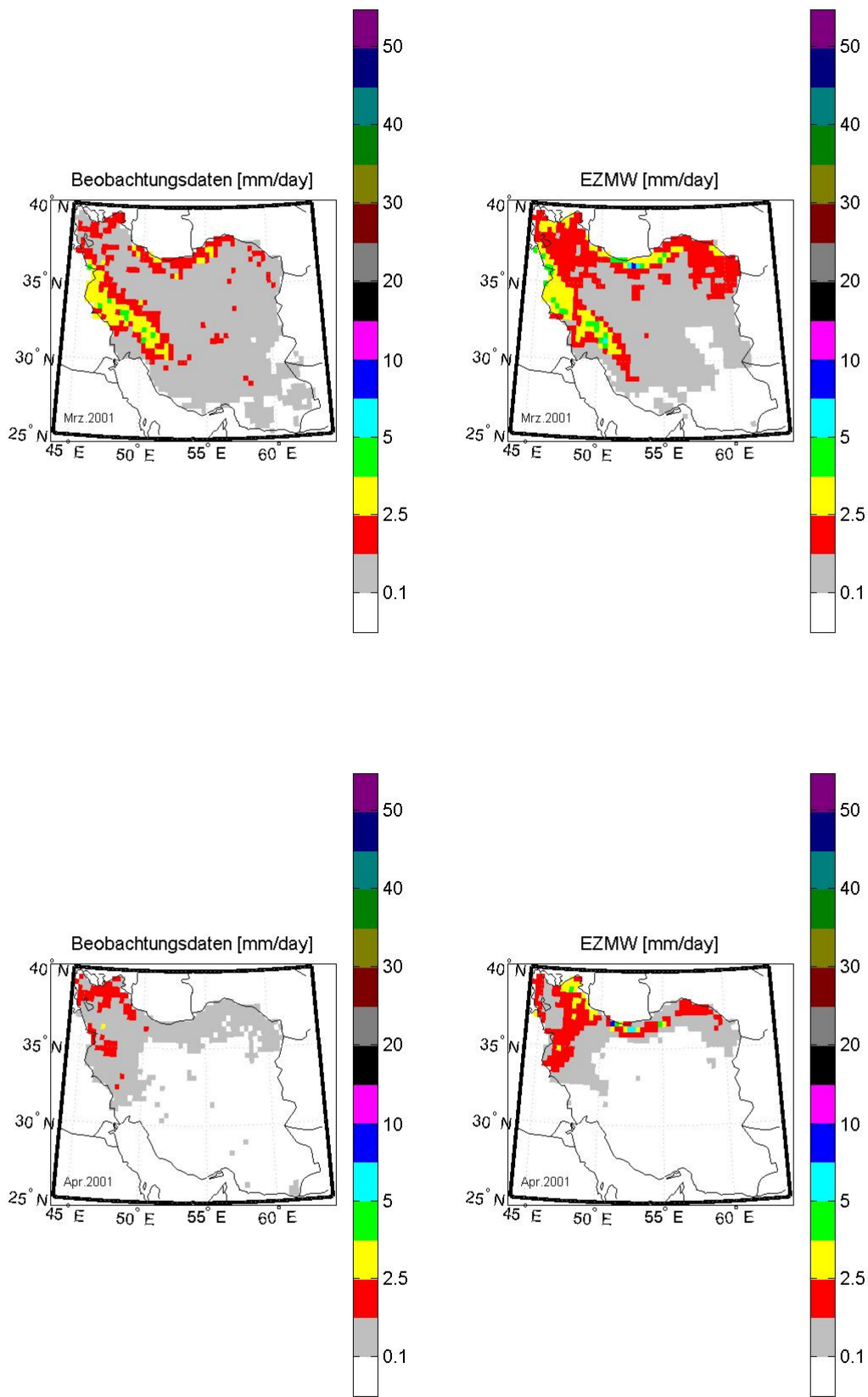


Abb.8.5.2: Die räumliche Verteilung des täglichen über März und April gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

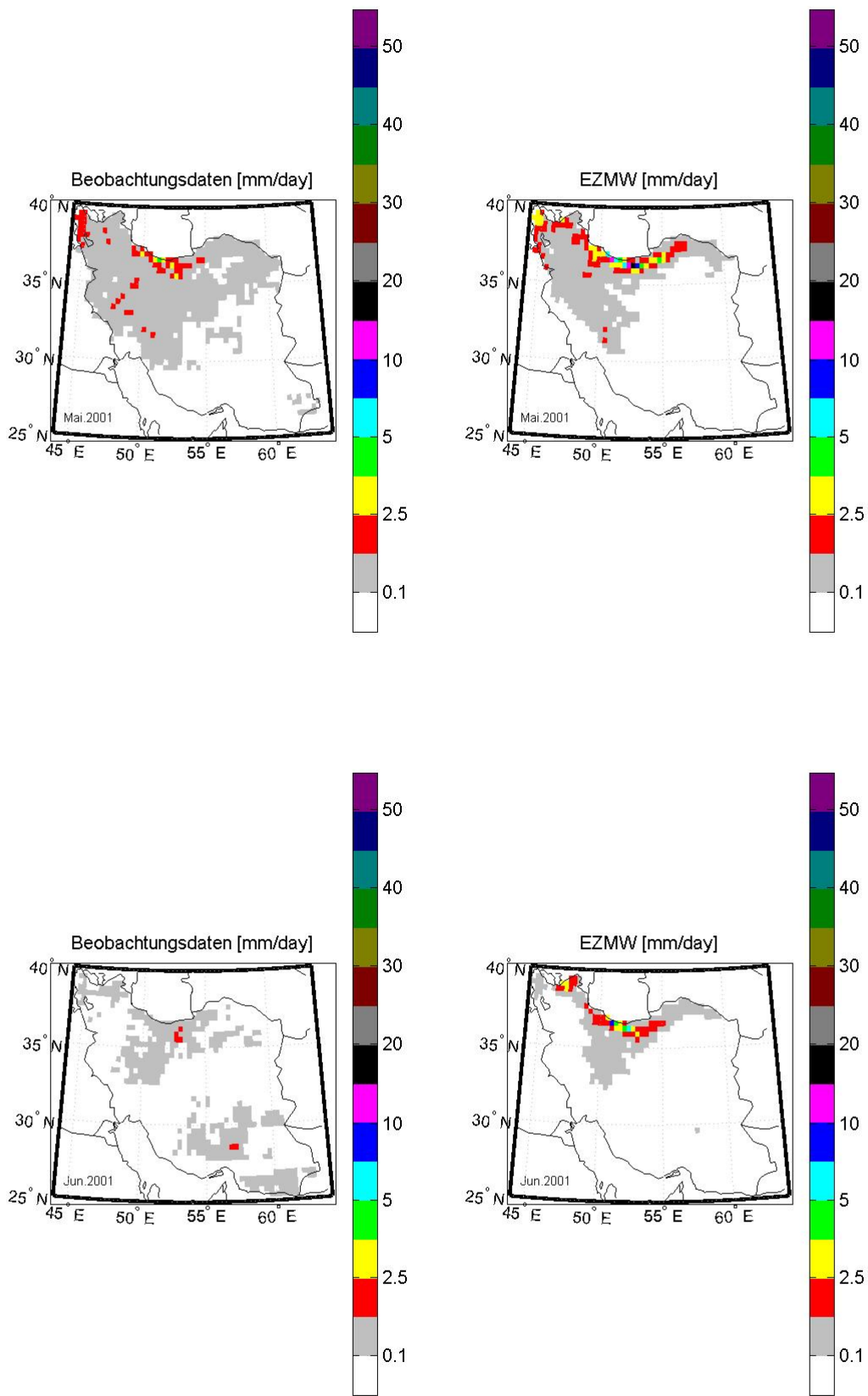


Abb.8.5.3: Die räumliche Verteilung des täglichen über Mai und Juni gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

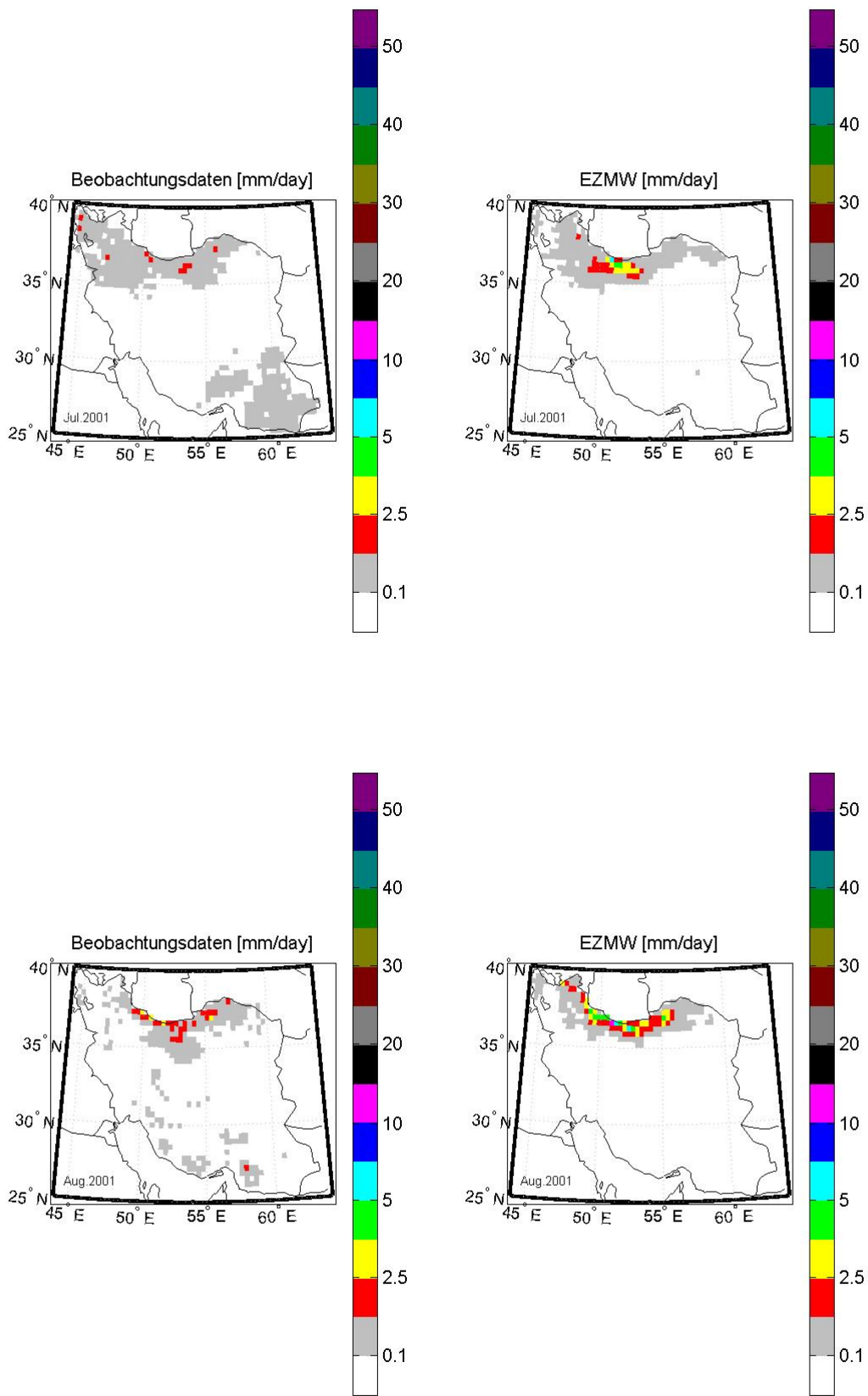


Abb.8.5.4: Die räumliche Verteilung des täglichen über Juli und August gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

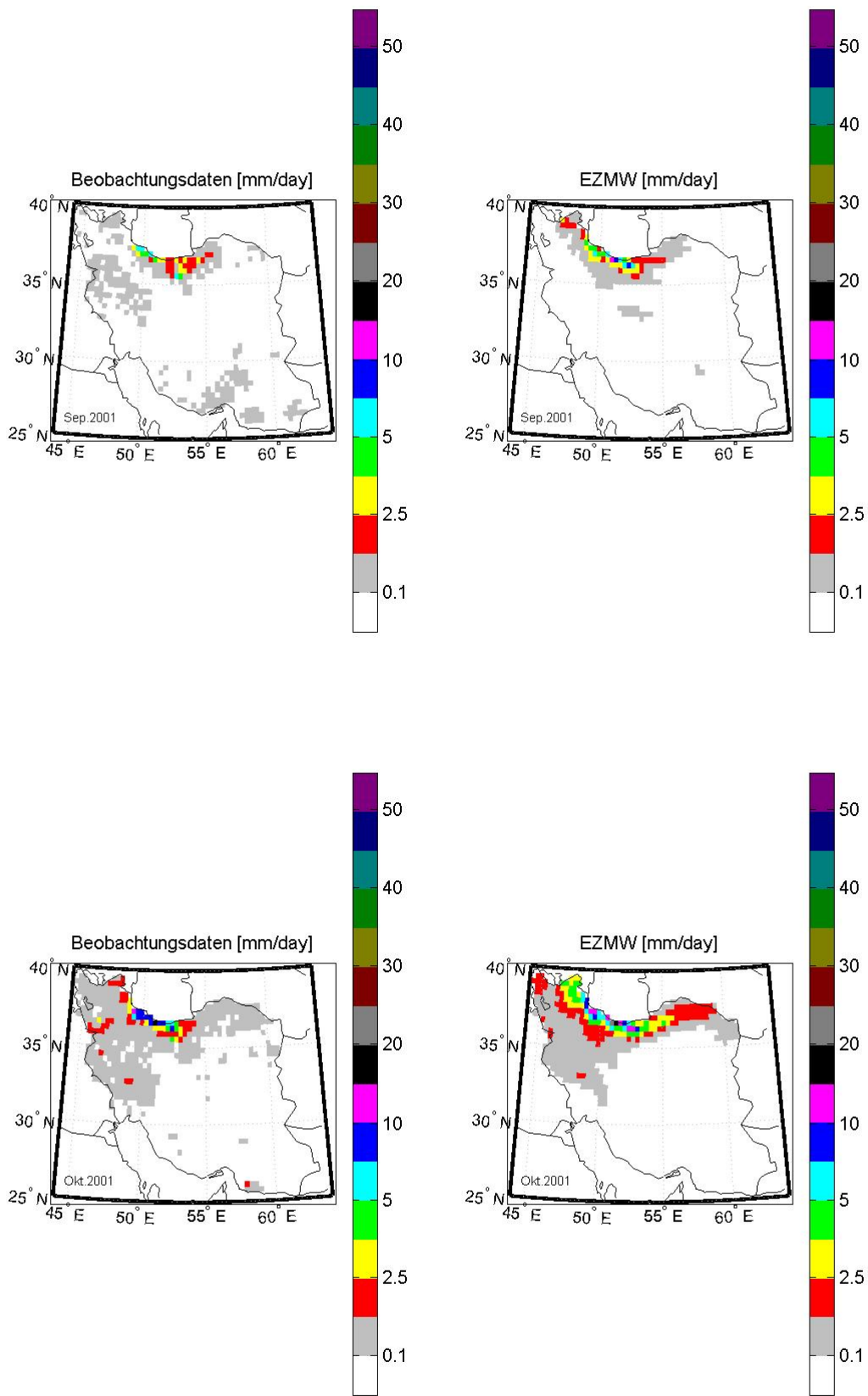


Abb.8.5.5: Die räumliche Verteilung des täglichen über September und Oktober gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

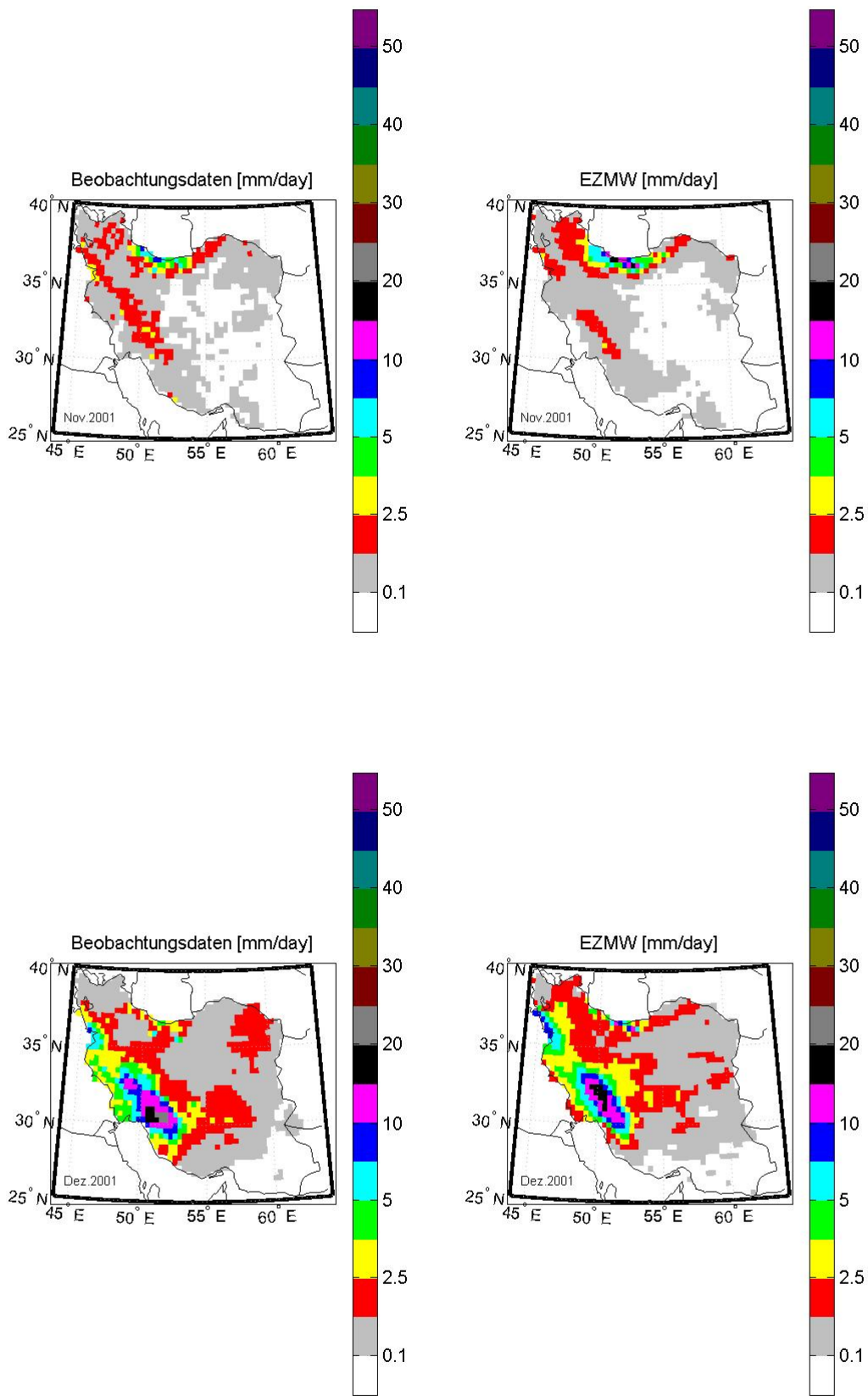


Abb.8.5.6: Die räumliche Verteilung des täglichen über November und Dezember gemittelten Niederschlags des EZMW-Modells (rechts) und der Beobachtungsdaten (links).

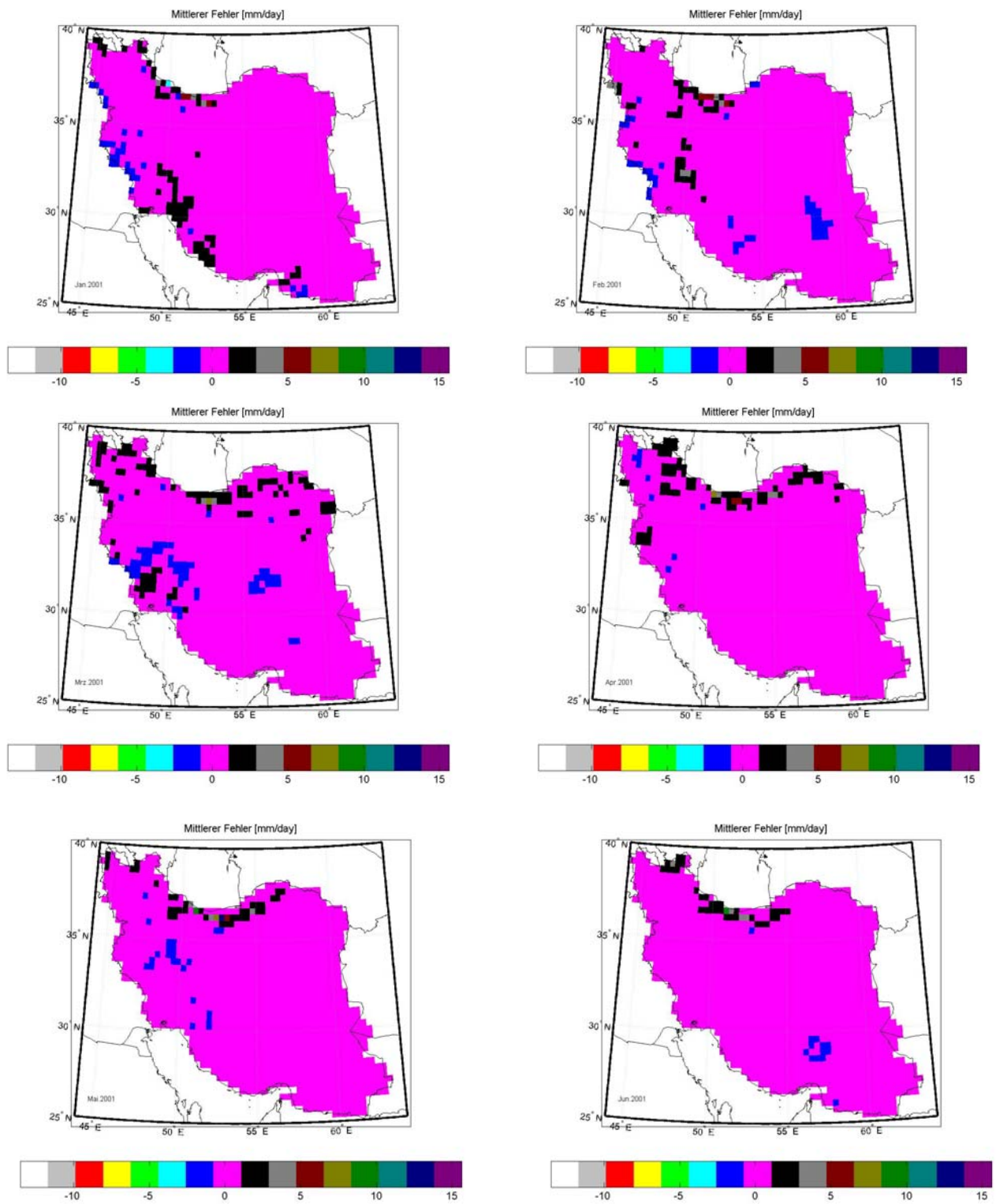


Abb.8.5.7: Die räumliche Verteilung des mittleren absoluten Fehlers des EZMW-Niederschlagsmodells über dem Iran in verschiedenen Monaten des Jahres 2001(Januar bis Juni).

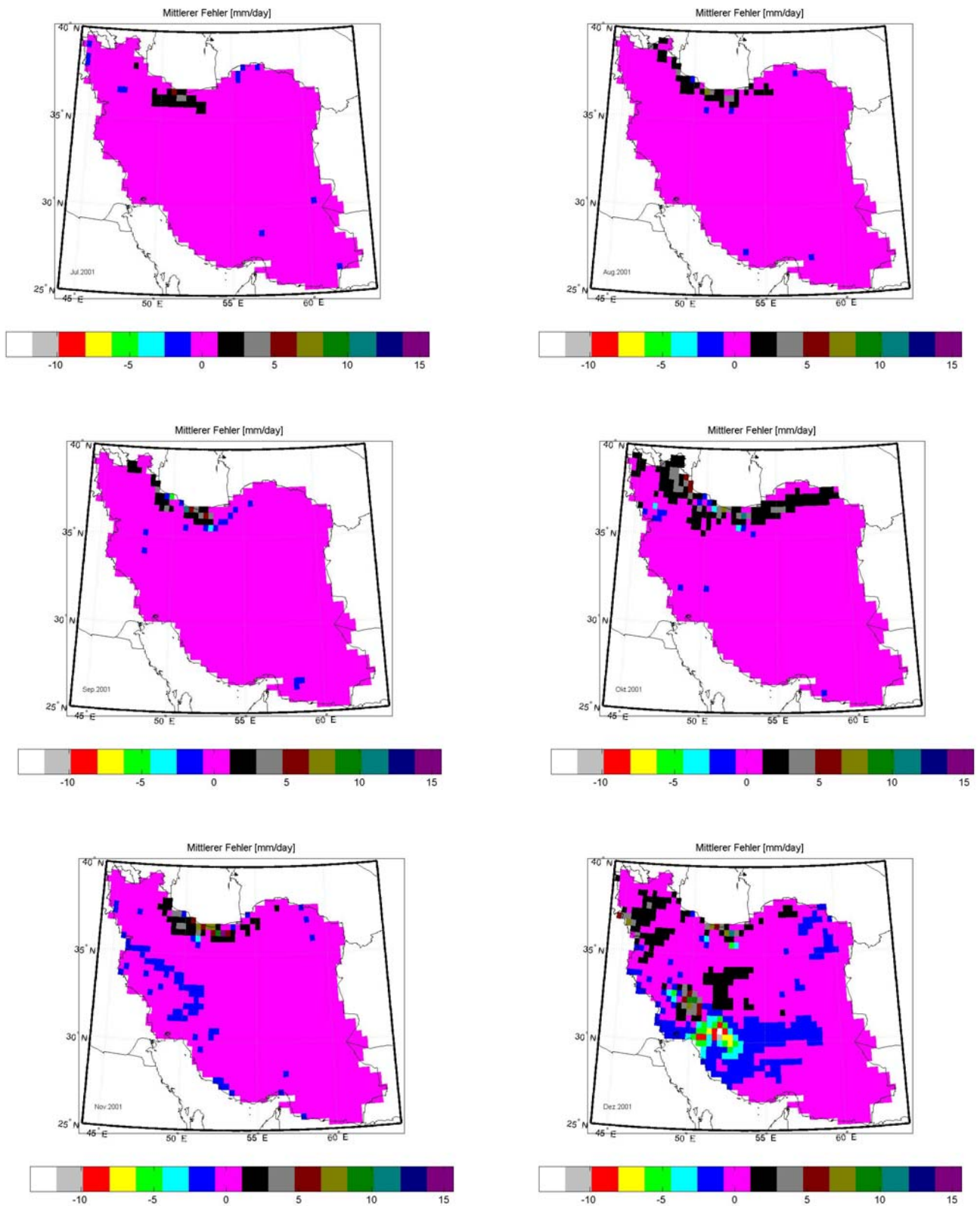


Abb.8.5.8: Die räumliche Verteilung des mittleren Fehlers des EZMW-Niederschlagsmodells über dem Iran in verschiedenen Monaten des Jahres 2001(Juli bis Dezember).

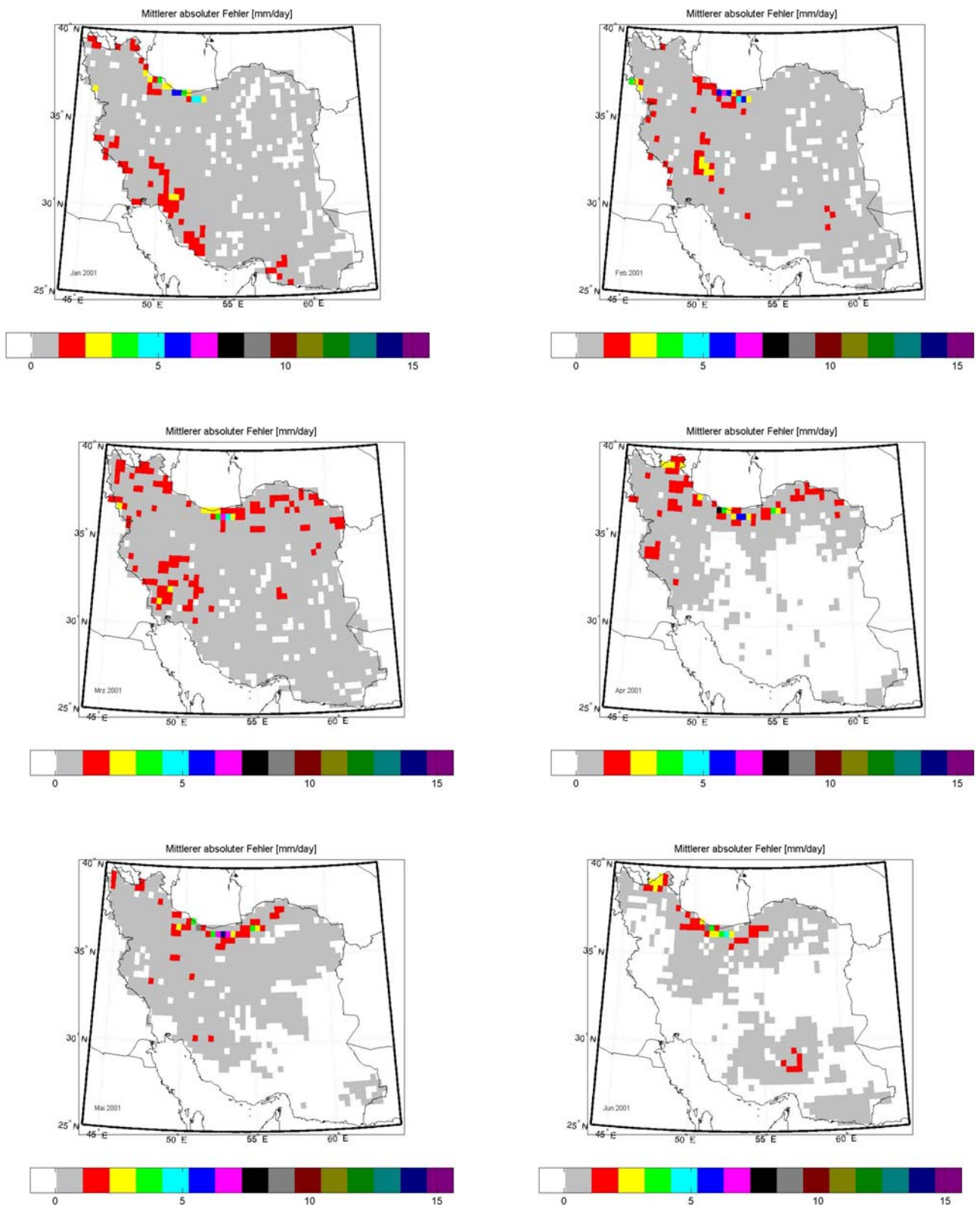


Abb.8.5.9: Die räumliche Verteilung des mittleren absoluten Fehlers des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Januar bis Juni)

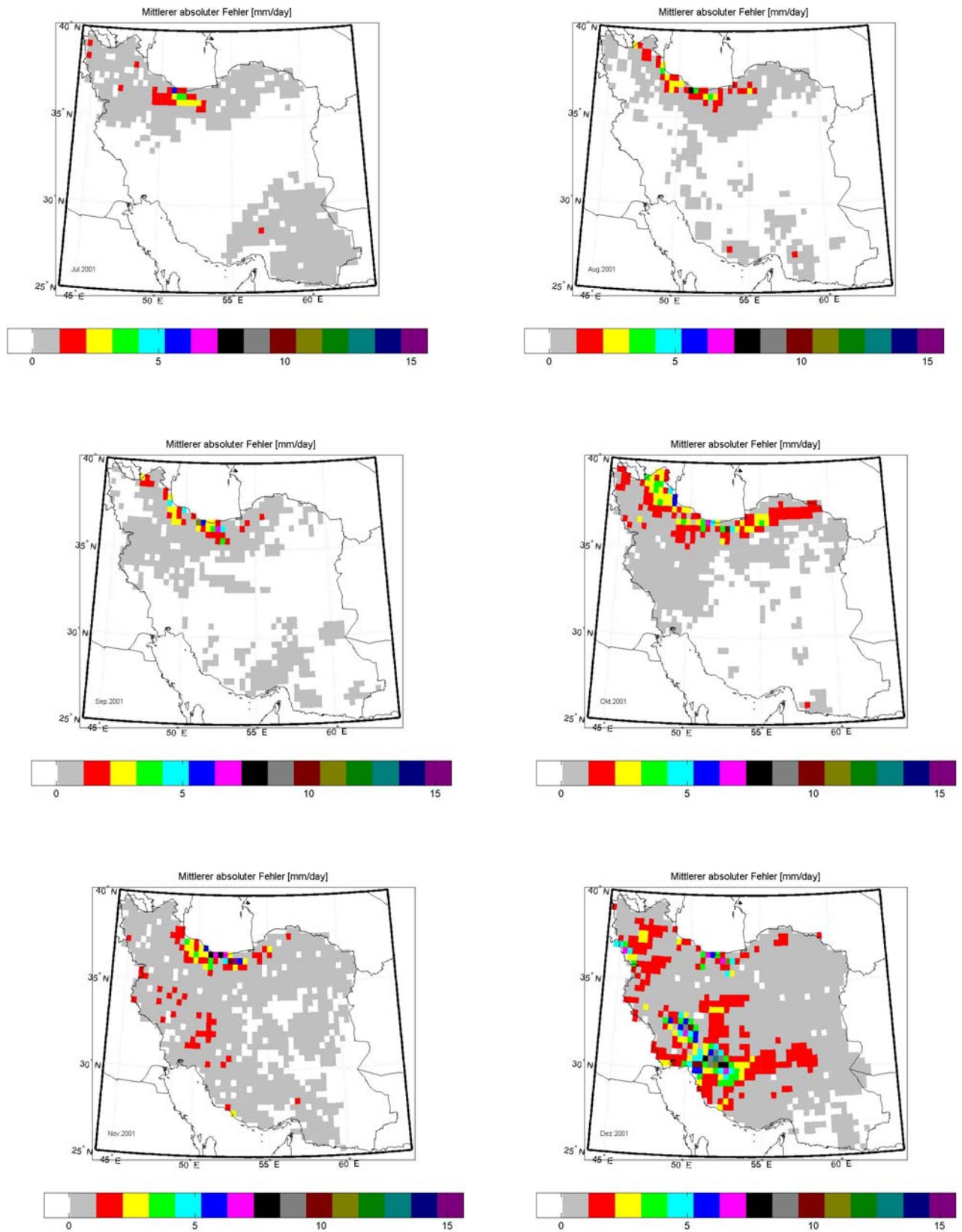


Abb.8.5.10: Die räumliche Verteilung des mittleren absoluten Fehlers des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Juli bis Dezember)

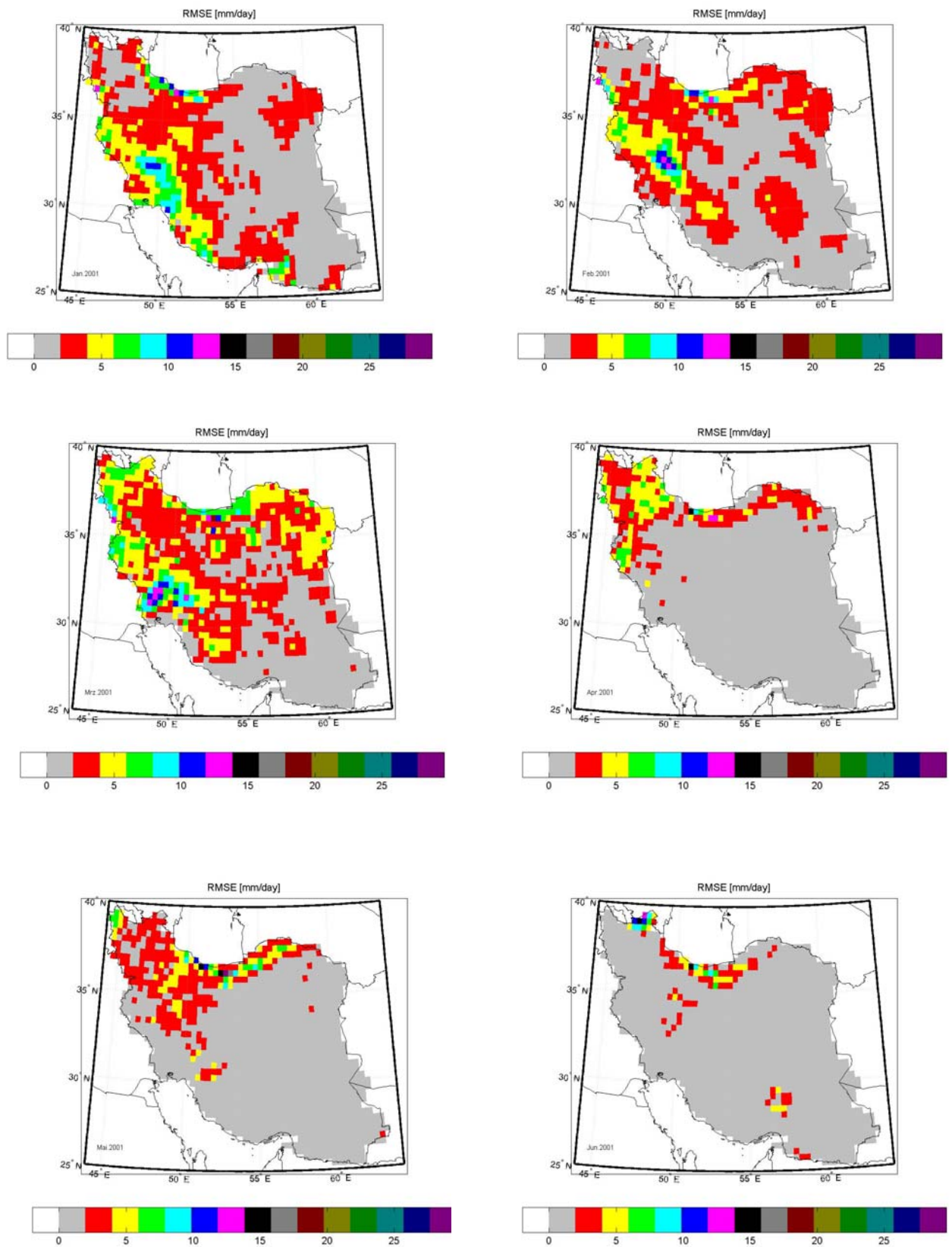


Abb.8.5.11: Die räumliche Verteilung des RMSE-Fehlers des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Januar bis Juni)

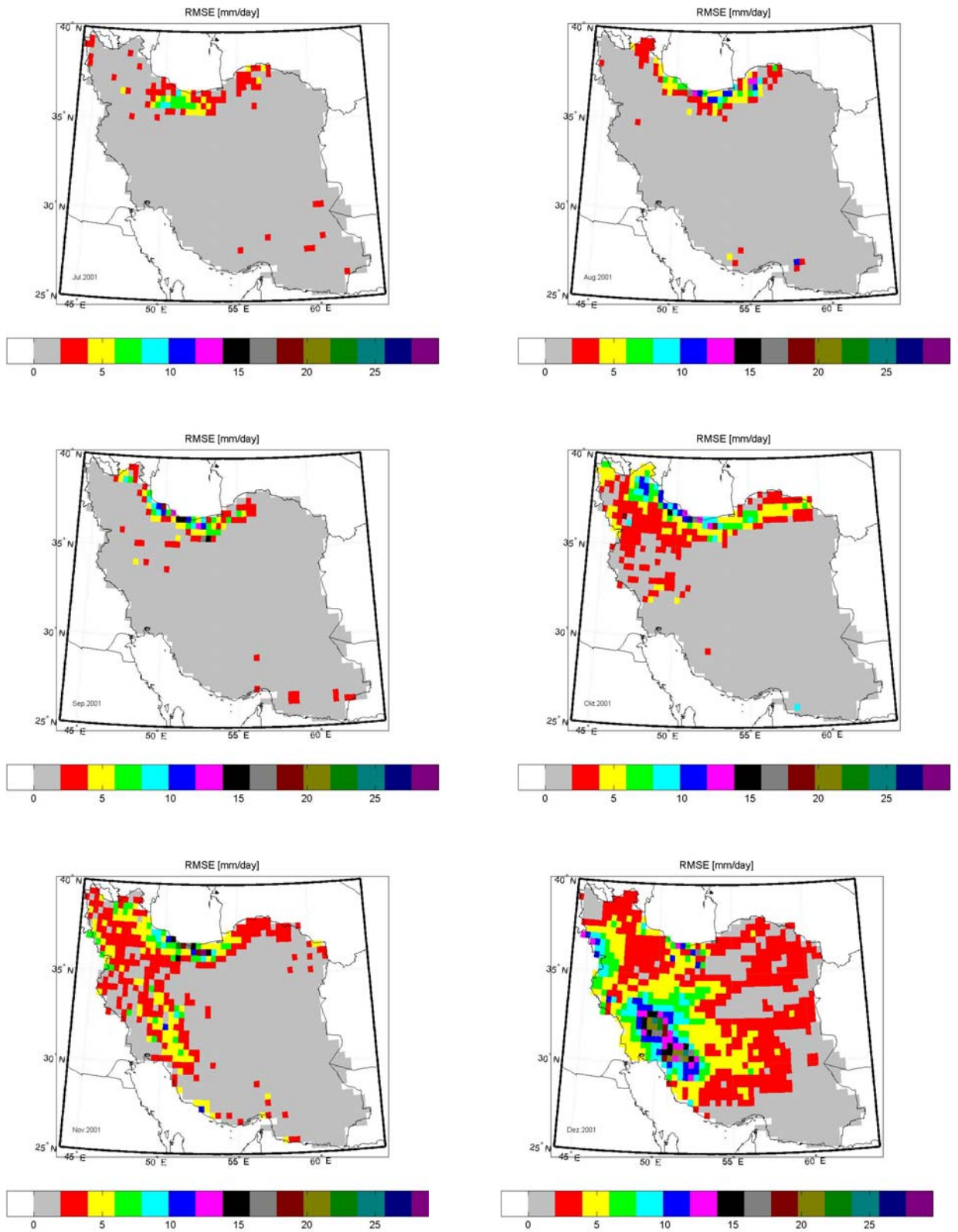


Abb.8.5.12: Die räumliche Verteilung des RMSE-Fehlers des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Juli bis Dezember)

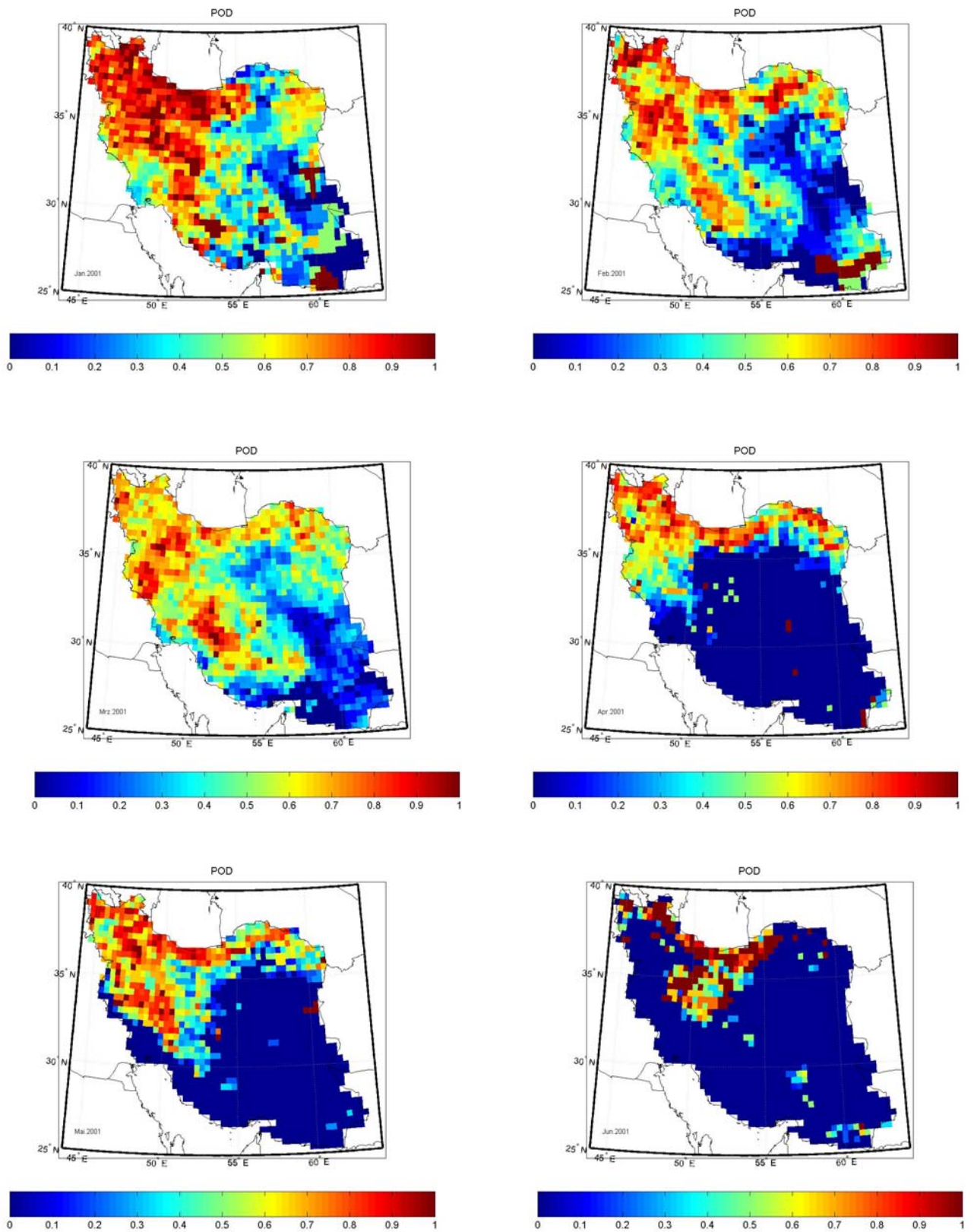


Abb.8.5.13: Die räumliche Verteilung von *Probability of Detection* (POD) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Januar bis Juni)

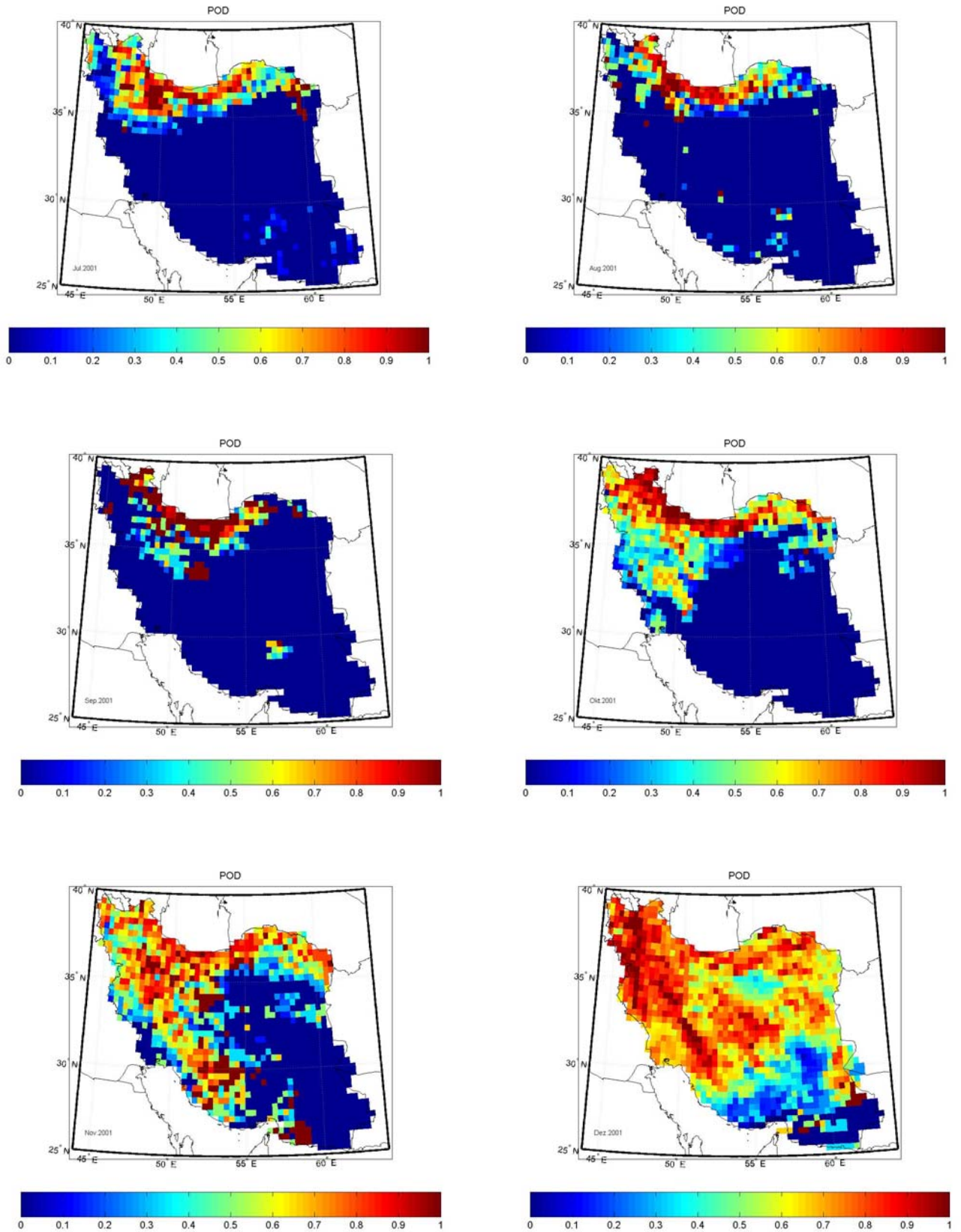


Abb.8.5.14: Die räumliche Verteilung von *Probability of Detection* (POD) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Juli bis Dezember)

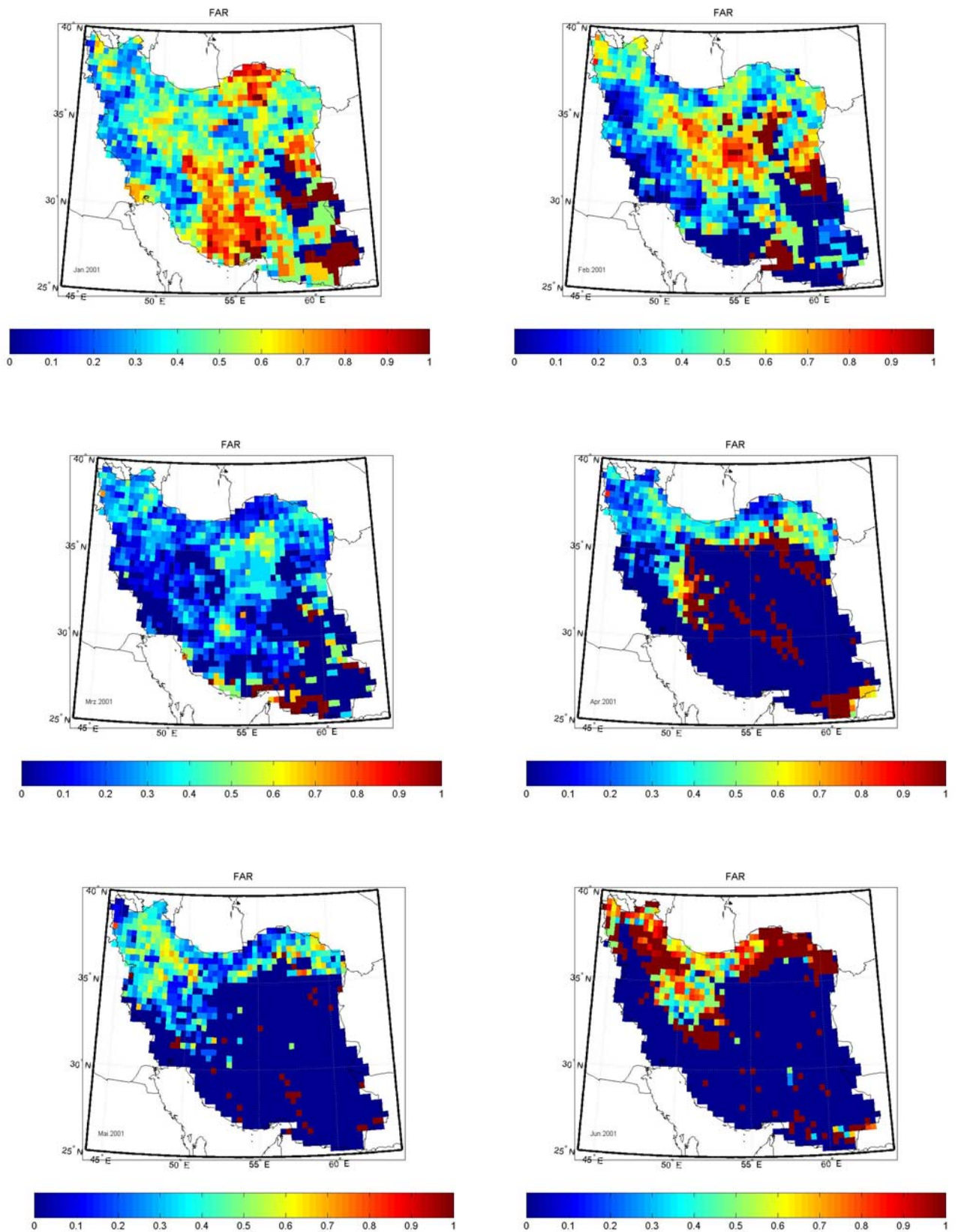


Abb.8.5.15: Die räumliche Verteilung von *False Alarm* (FAR) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Januar bis Juni)

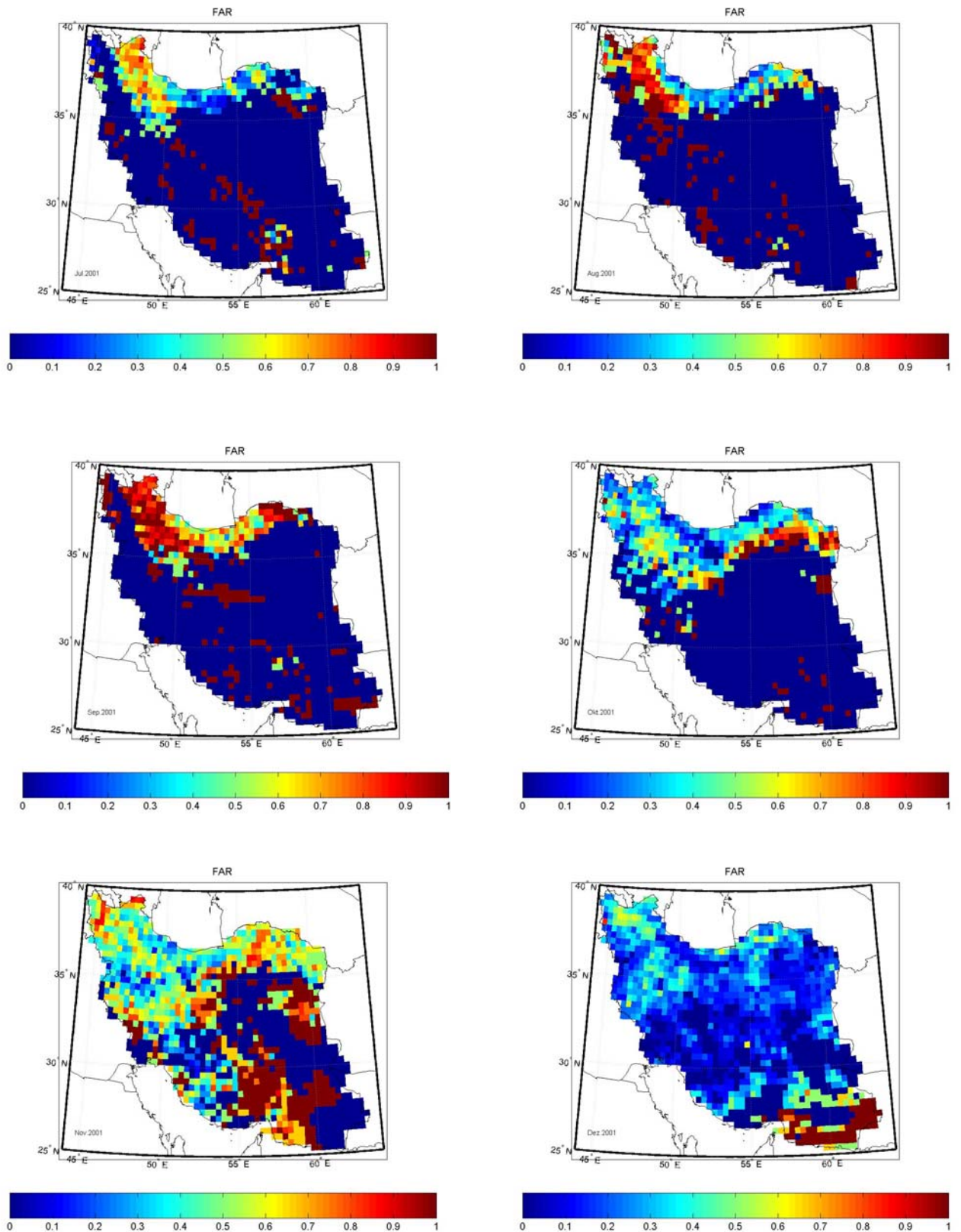


Abb.8.5.16: Die räumliche Verteilung von *False Alarm* (FAR) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001.(Juli bis Dezember)

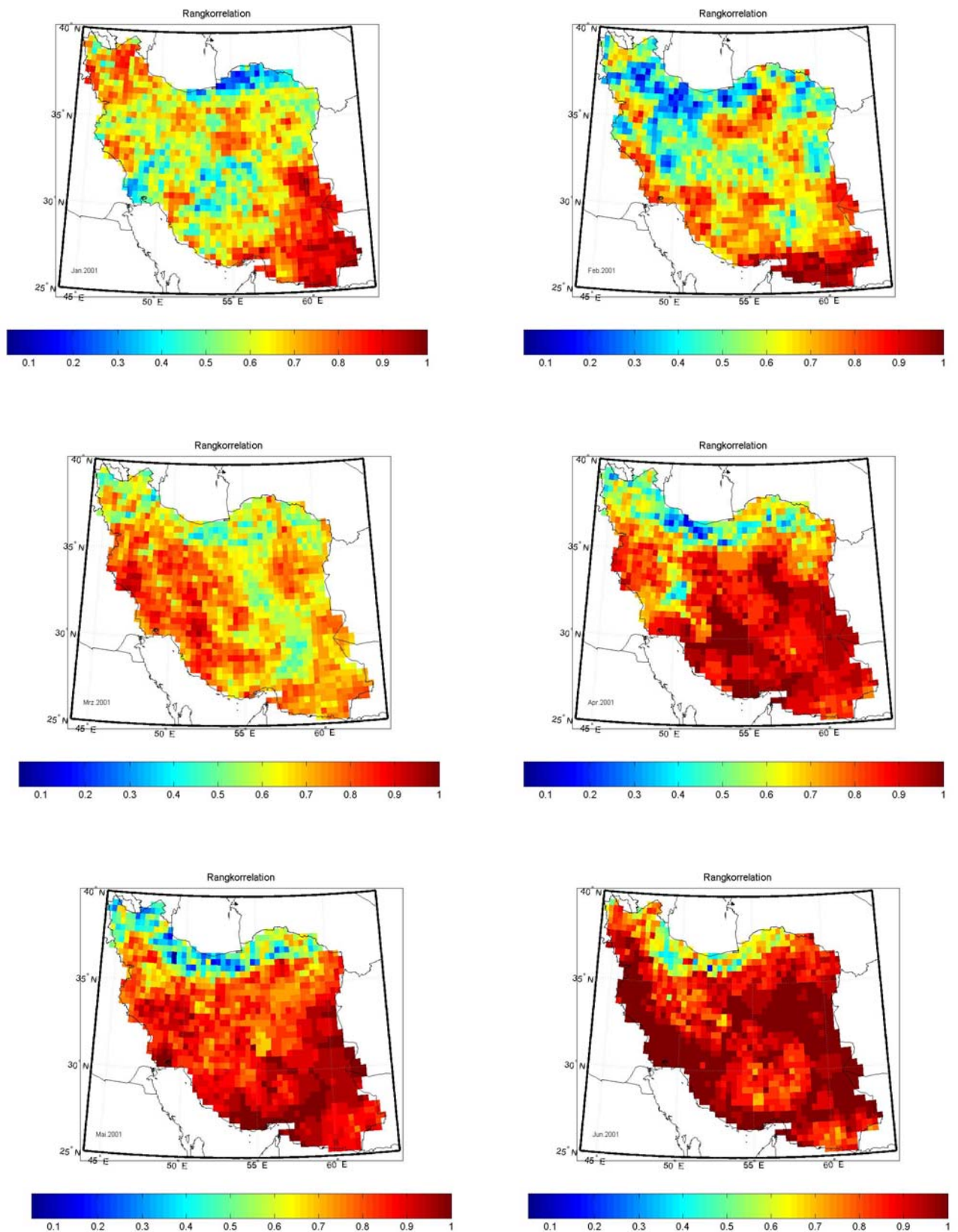


Abb.8.5.17: Die räumliche Verteilung des Rangkorrelationskoeffizients zwischen den prognostizierten Niederschlägen des EZMW-Modells und den Beobachtungsdaten (signifikant auf $\alpha = 0.05$) über dem Iran im Jahr 2001. (Januar bis Juni)

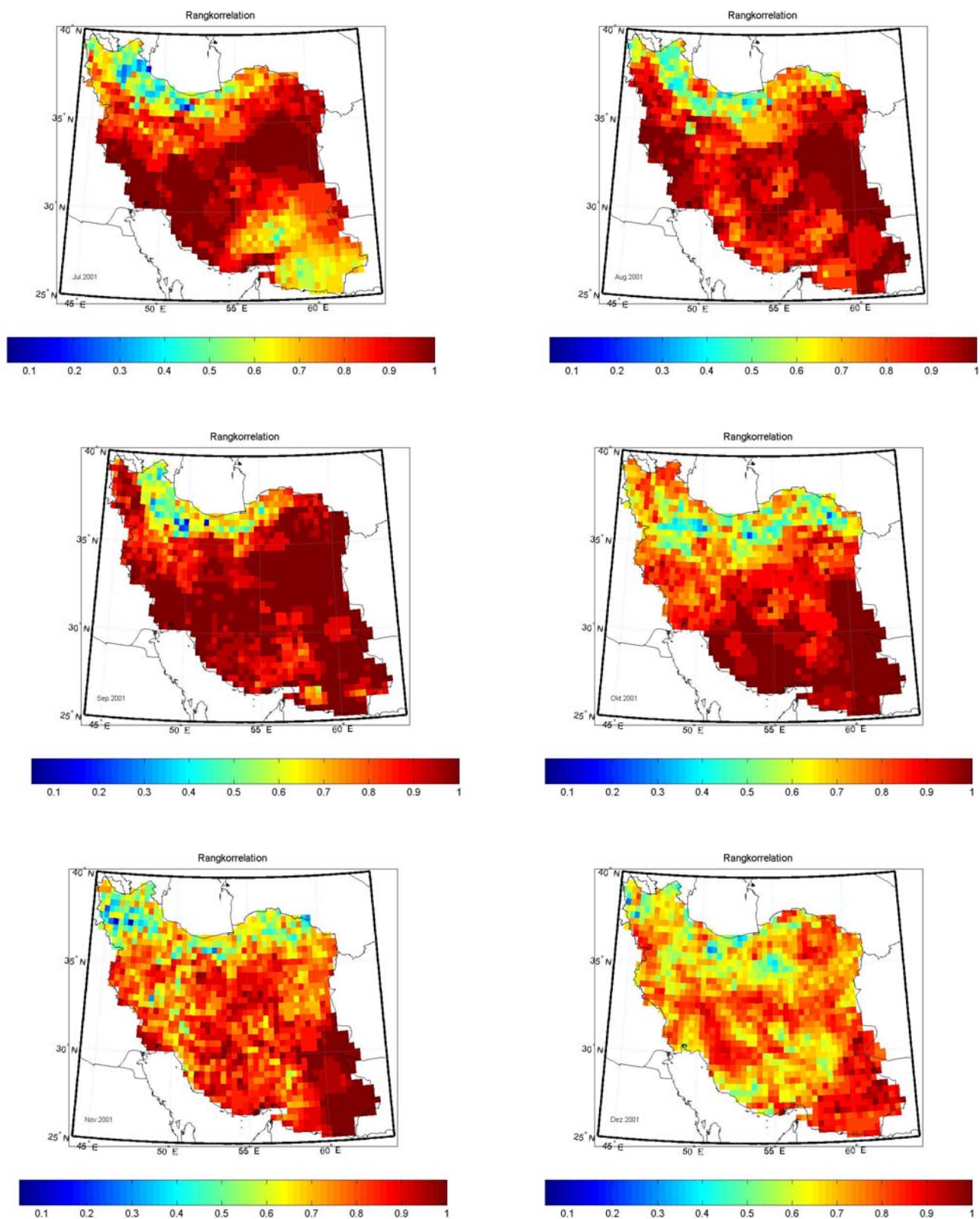


Abb.8.5.18: Die räumliche Verteilung des Rangkorrelationskoeffizienten zwischen den prognostizierten Niederschlägen des EZMW-Modells und den Beobachtungsdaten (signifikant auf $\alpha = 0.05$) über dem Iran im Jahr 2001.(Juli bis Dezember)

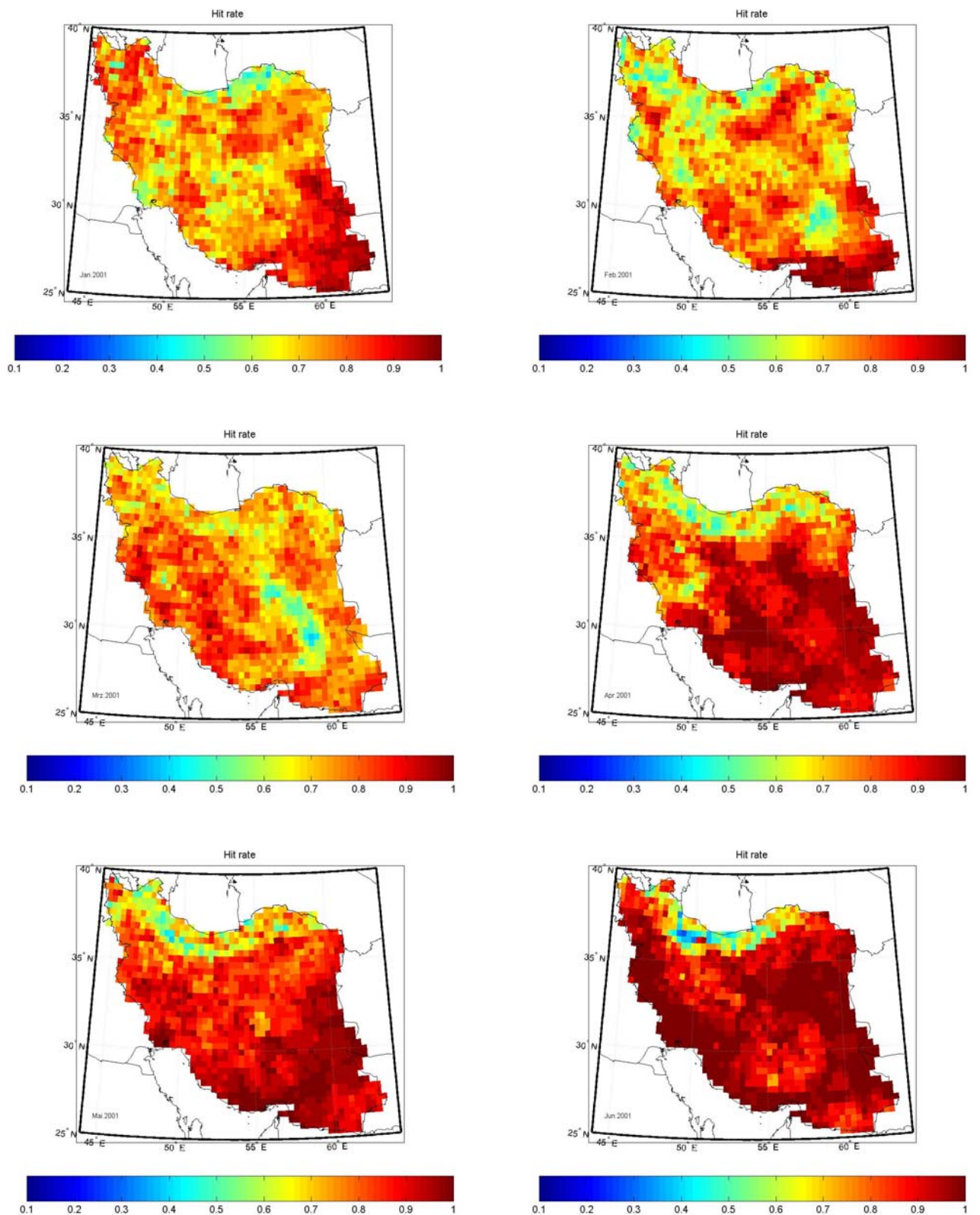


Abb.8.5.19: Die räumliche Verteilung der Trefferrate (Hit rate) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001. (Januar bis Juni)

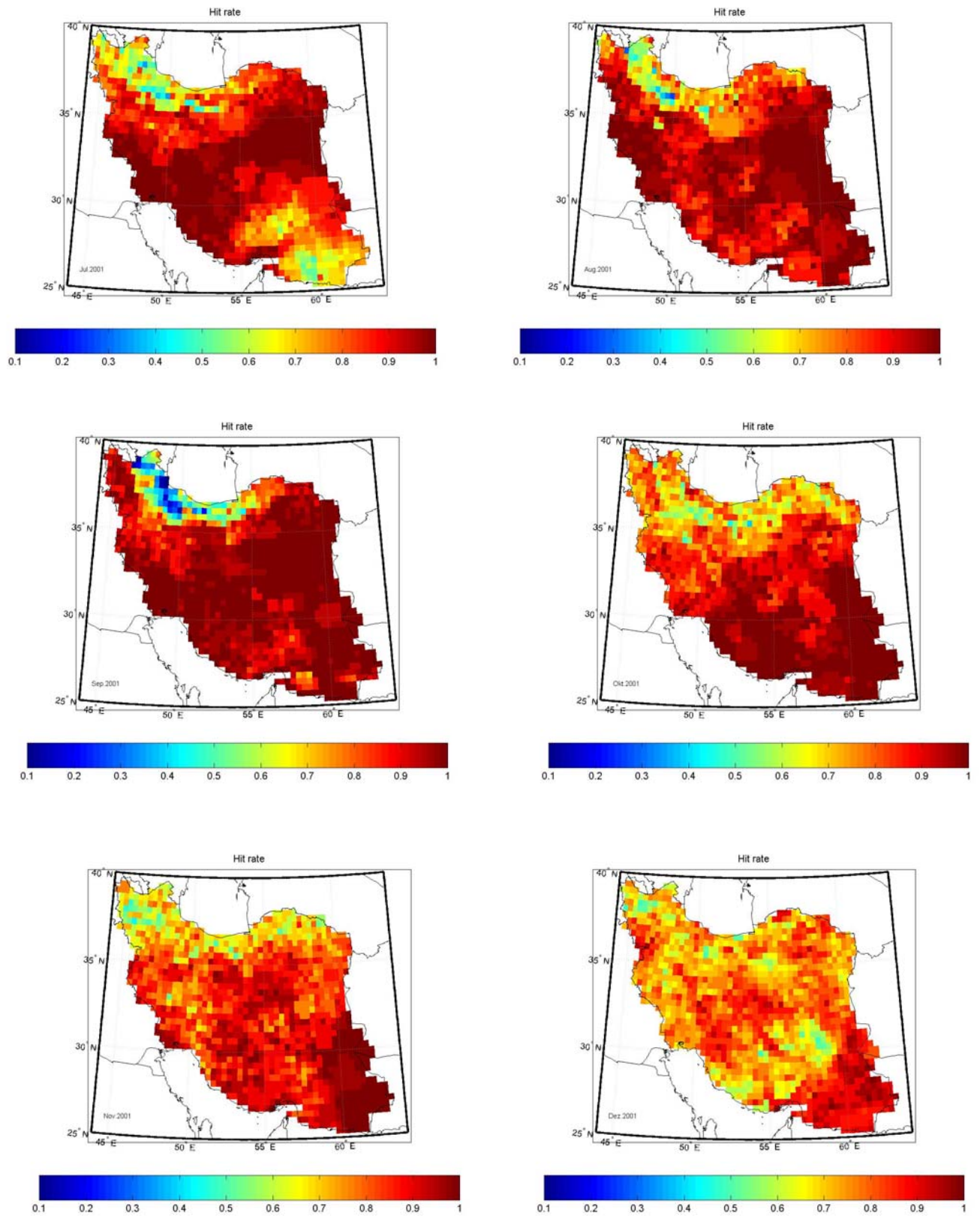


Abb.8.5.20: Die räumliche Verteilung der Trefferrate (Hit rate) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001. (Juli bis Dezember)

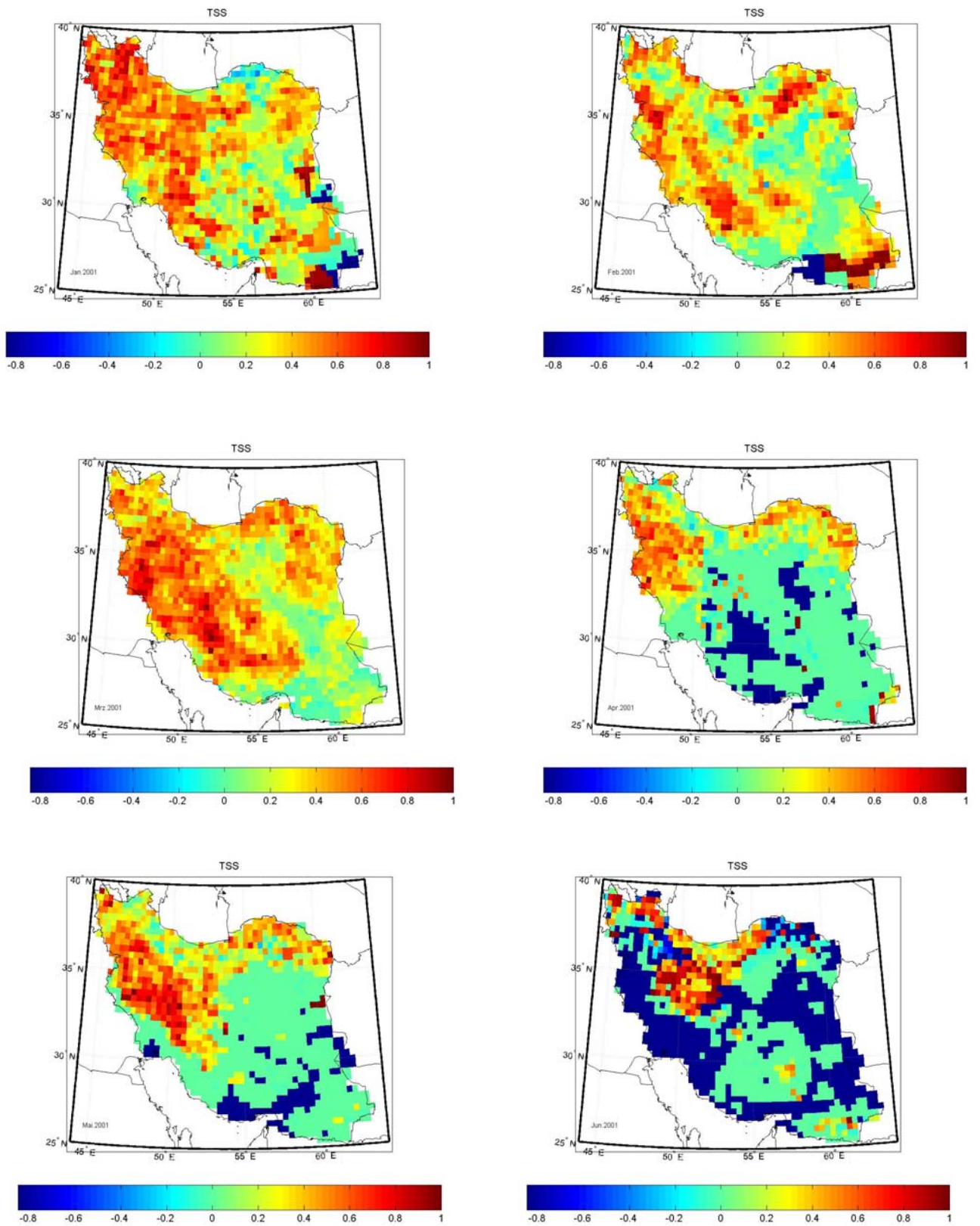


Abb.8.5.21: Die räumliche Verteilung von *True Skill Statistics* (TSS) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001. (Januar bis Juni)

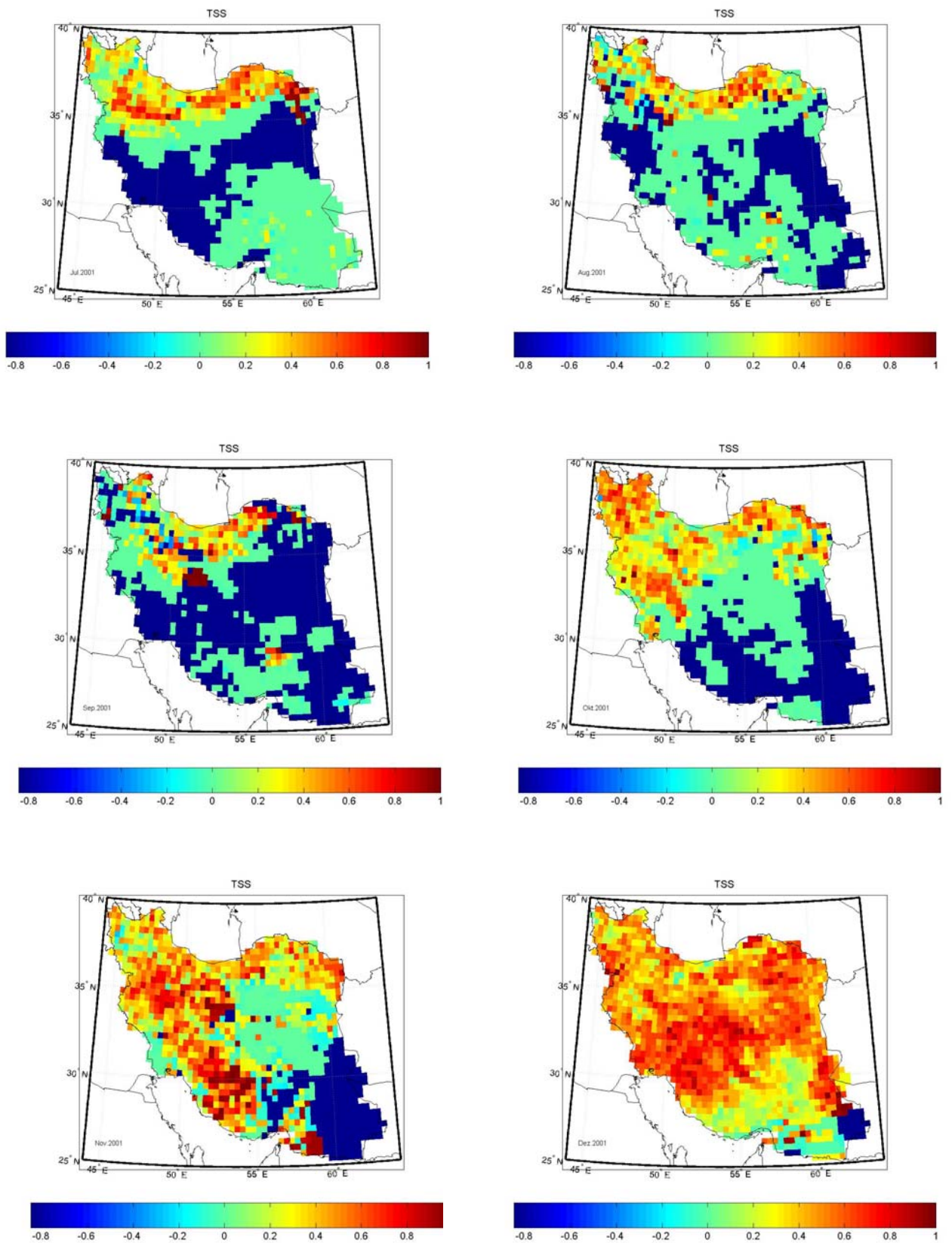


Abb.8.5.22: Die räumliche Verteilung von *True Skill Statistics* (TSS) des EZMW-Modells über dem Iran im Jahr 2001. (Juli bis Dezember)

8.6 Multi- kategorische Verifikation

In diesem Teil der Arbeit wurde versucht mit Hilfe einer multi-kategorischen Verifikation den optimalen Bereich der EZMW-Niederschlagsprognose für den Iran im Jahr 2001 herauszufinden. Es wurde 5 verschiedene Schwellenwerte betrachtet. Die betrachteten Schwellenwerte sind $0 < r_r \leq 0.1$, $0.1 < r_r \leq 1$, $1 < r_r \leq 3$, $3 < r_r \leq 10$ und $r_r > 10$ mm. Tabellen 8.6.1-8.6.12 zeigen die berechneten Maßzahlen pro Schwellenwert für jeden Monat. Jede Spalte der Tabelle wird einem Schwellenwert in den beobachteten Daten gewidmet. Jede Zeile wurde einem Schwellenwert in den prognostizierten Daten gewidmet. Z. B Zeile 1.1 gibt die Anzahl der Prognosen, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 sind. Die Zahl in der Zelle 1.1 gibt die Anzahl der Prognosen $0 < p_p \leq 0.1$ mm, wenn die Beobachtung auch $0 < r_r \leq 0.1$ mm ist. Zelle 1.2 gibt die Anzahl der Daten, wo der beobachtete Niederschlag $0 < r_r \leq 0.1$ mm ist aber das Modell hat die Werte $0.1 < p_p \leq 1$ mm vorhergesagt. Mit Hilfe der Multi Kontingenztabelle kann für jeden Monat und für jeden Schwellenwert eine kleine und normale Kontingenztabelle erstellt werden. Nach dem Erstellen der 5 normalen Kontingenztabelle pro Monat, wurden die Ergebnisse im Teil 8.7 zusammengefasst. Die roten Zahlen (die Diagonale der Matrix) zeigen die Trefferrate für jeden Schwellenwert.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	53	473	453	382	116	1477
0.1-1	52	534	531	504	87	1708
1-3	35	412	394	336	70	1247
3-10	55	486	451	447	122	1561
>10	15	97	136	194	108	550
Spalten- summe	210	2002	1965	1863	503	6543

Tab.8.6.1: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Januar. 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	187	590	354	362	46	1539
0.1-1	224	757	408	374	58	1821
1-3	133	521	258	189	77	1178
3-10	123	557	340	301	61	1382
>10	34	181	137	140	42	534
Spalten- summe	701	2606	1497	1366	284	6454

Tab.8.6.2: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Februar. 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	187	426	308	295	70	1286
0.1-1	352	714	456	461	108	2091
1-3	153	456	348	375	95	1427
3-10	245	481	371	548	264	1909
>10	71	225	205	378	366	1245
Spalten- summe	1008	2302	1688	2057	903	7958

Tab.8.6.3: Multi-kategorische Kontingenztabelle im März. 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	220	288	58	33	3	602
0.1-1	331	563	185	134	11	1224
1-3	143	321	182	163	18	827
3-10	99	199	177	224	54	753
>10	20	47	52	163	106	388
Spalten- summe	813	1418	654	717	192	3794

Tab.8.6.4: Multi-kategorische Kontingenztabelle im April. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	161	270	89	61	5	586
0.1-1	270	527	272	230	45	1344
1-3	156	359	175	212	59	961
3-10	82	205	150	173	102	712
>10	25	67	49	67	57	265
Spalten- summe	694	1428	735	743	268	3868

Tab.8.6.5: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Mai. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	5	50	41	9	0	105
0.1-1	7	98	77	34	2	218
1-3	9	75	53	37	4	178
3-10	4	59	64	53	8	188
>10	3	27	27	26	5	88
Spalten- summe	28	309	262	159	19	777

Tab.8.6.6: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Juni. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	131	154	80	40	3	408
0.1-1	144	257	112	79	11	603
1-3	71	164	77	63	15	390
3-10	42	98	68	73	11	292
>10	8	24	23	37	3	95
Spalten- summe	396	697	360	292	43	1788

Tab.8.6.7: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Juli. 0-1: . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	119	96	28	16	3	262
0.1-1	212	175	44	19	10	460
1-3	90	100	51	32	6	279
3-10	57	104	60	45	12	278
>10	15	34	33	49	26	157
Spalten- summe	493	509	216	161	57	1436

Tab.8.6.8: Multi-kategorische Kontingenztabelle im August. 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	1	44	21	14	3	83
0.1-1	7	87	68	29	10	201
1-3	7	46	37	26	24	140
3-10	6	44	48	43	15	156
>10	4	12	18	45	54	133
Spalten- summe	25	233	192	157	106	713

Tab.8.6.9: Multi-kategorische Kontingenztabelle im September. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	184	164	31	21	1	401
0.1-1	393	386	143	67	17	1006
1-3	203	269	143	97	17	729
3-10	155	294	210	190	35	884
>10	53	115	141	210	174	693
Spalten- summe	988	1228	668	585	244	3713

Tab.8.6.10: Multi-kategorische Kontingenztafel im Oktober. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	15	116	92	58	4	285
0.1-1	38	299	271	192	43	843
1-3	13	176	207	226	47	669
3-10	11	155	243	347	144	900
>10	2	26	71	213	277	589
Spalten- summe	79	772	884	1036	515	3286

Tab.8.6.11: Multi-kategorische Kontingenztafel im November. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	216	1068	427	186	36	1933
0.1-1	321	1334	887	631	155	3328
1-3	121	580	594	712	240	2247
3-10	73	487	744	1205	550	3059
>10	26	188	313	640	1088	2255
Spalten- summe	757	3657	2965	3374	2069	12822

Tab.8.6.12: Multi-kategorische Kontingenztafel im Dezember. . 0-0.1: Die Niederschläge, die größer als 0 und kleiner oder gleich 0.1 mm sind.

8.7 Ergebnisse in Abhängigkeit der beobachteten Niederschlagsmenge

Abbildungen 8.7.1 bis 8.7.4 stellen den Verlauf der POD, FAR und TSS für jeden betrachteten Schwellenwert und für jeden Monat dar. Wie bei Betrachten der Abb. 8.7.1 zu sehen ist, zeigen die blauen Linien die POD, FAR und TSS Werte im Januar. Die POD, FAR und TSS Werte im Februar wurde mit roten Linien angezeichnet. die Verifikationsmaßzahlen im März sind mit grün angezeichnet worden.

Die POD schwankt zwischen 0.2-0.4 mit einem Maximum bei 0.4 im März. Es ist zu beachten, dass die POD für den Bereich 0-0.1 mm einem Wert zwischen 0.2-0.25 hat, danach steigt es auf und ab Schwellenwert=1 nochmal sinkt es ab. Im Bereich $r > 10$ mm erreicht POD einem Wert von 0.4 im März. Die FAR-Werte schwanken zwischen 0.6 und 1 mit einem Minimum bei 0.6 im Februar. Mit dem Anstieg des Schwellenwerts steigt auch die *False Alarm Ratio* ab Schwellenwert=0.1-1 mm. Die TSS schwankt zwischen 0 und 0.23 mit einem Maximum bei 0.23. Für die ersten drei Monate im 2001 (Jan, Feb, Mrz) ist die TSS pro verschiedene Schwellenwerte sehr klein. Der optimale Bereich der Niederschlagsvorhersage in den ersten drei Monate ist der Bereich $r > 10$ mm. D. h. die Niederschläge größer als 10 mm können genauer vorhergesagt werden als Niederschläge, die in den anderen Bereichen beobachtet worden sind.

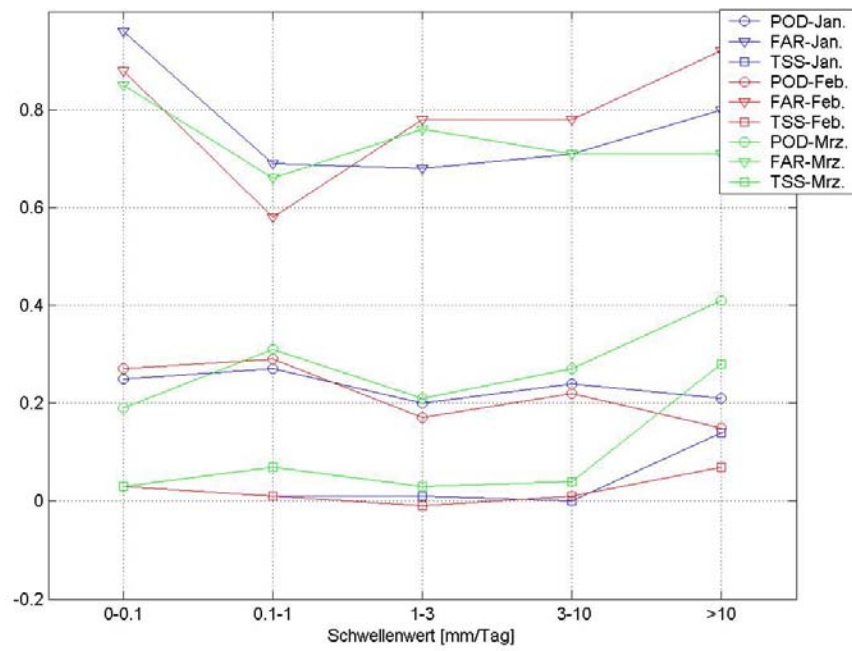


Abb.8.7.1: POD, FAR and TSS für verschiedene Schwellenwerte im Jan-März

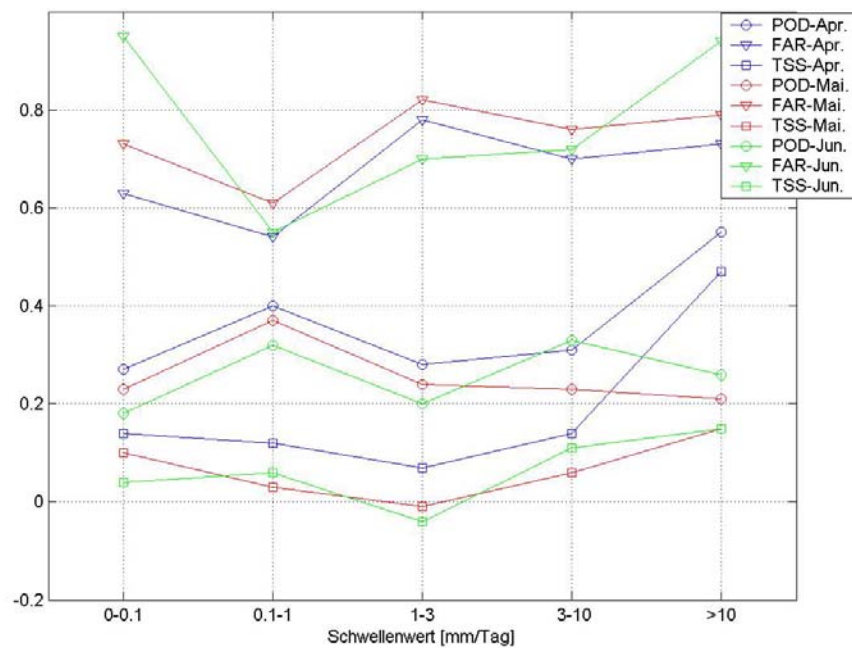


Abb.8.7.2: POD, FAR and TSS für verschiedene Schwellenwerte im Apr-Jun

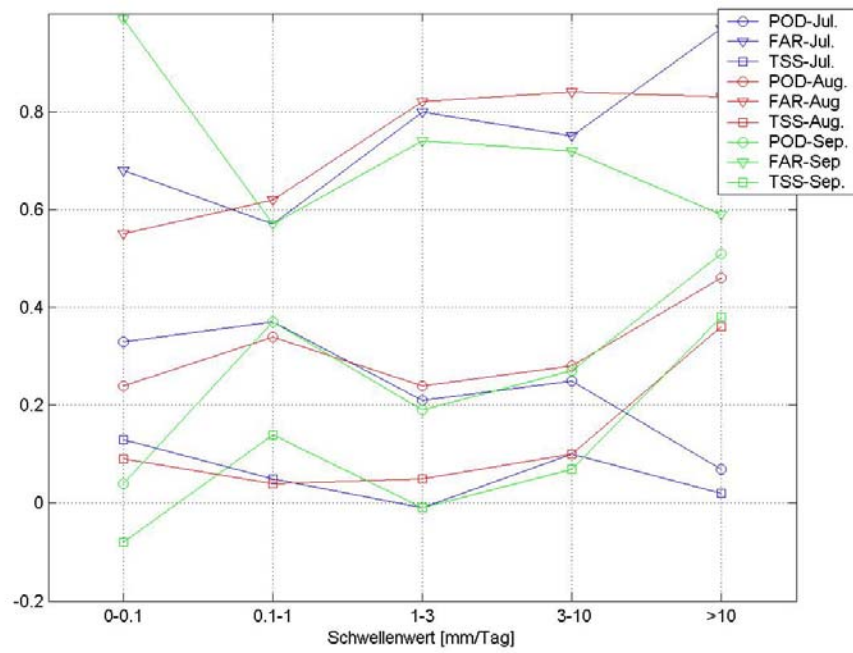


Abb. 8.7.3: POD, FAR and TSS für verschiedene Schwellenwerte im Jul-Sep

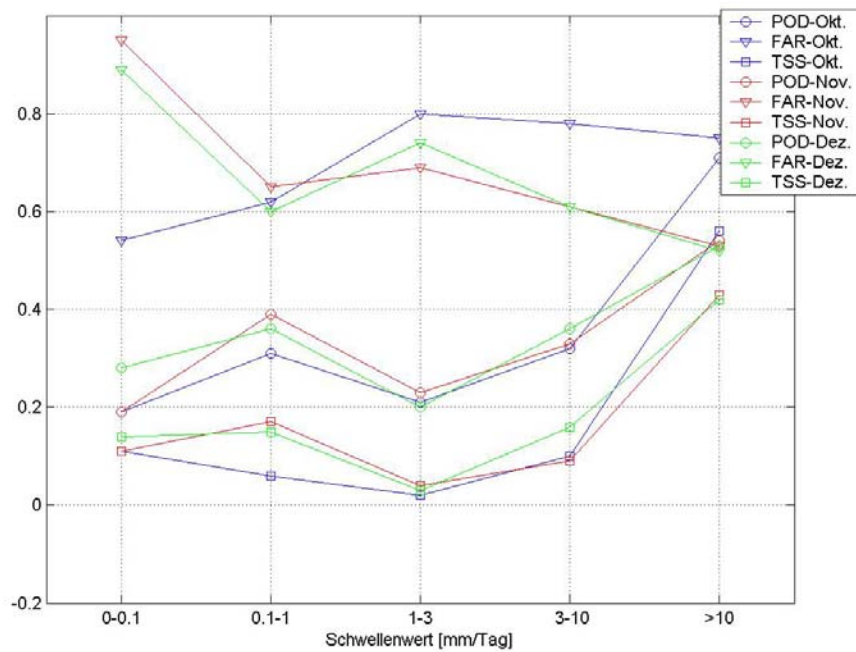


Abb.8.7.4: POD, FAR and TSS für verschiedene Schwellenwerte im Okt-Dez

Abb. 8.7.2 stellt die Verifikationsmaßzahlen für April, Mai und Juni 2001. Wie man sieht, ist der optimale Bereich wiederum der mit $rr > 10$ mm mit einem TSS von 0.16-0.49 (0.49 im April). Bis Schwellenwert $rr = 1-3$ mm sinkt die TSS ab und dann steigt sie wieder an.

Die Abbildung 8.7.3 stellt die Verifikationsmaßzahlen für die Monate Juli, August und September 2001 dar. Wie zu sehen ist, fluktuiert die Kurve erneut. Dabei liegt der optimale Bereich der Prognose für die Schwellenwerte größer als 10 mm in August und September und kleiner/gleich 0.1 mm im Juli. Abbildung 8.7.4 zeigt die Verifikationsmaßzahlen für Oktober, November und Dezember 2001. Wie man sieht, ist der optimale Bereich der Prognose der für die Werte größer als 10 mm. Zusammenfassend kann man sagen, dass bei Niederschlägen größer als 10 mm schafft das EZMW-Modell die klarste Verbesserung in der Prognose des Niederschlags im Vergleich zur Referenzprognose (Trefferate; siehe S.63). D. h. im Jahr 2001 war die Vorhersagegüte für die Prognose der Niederschlagswerte in der Klasse größer als 10 mm besser als für die anderen Werte, in den Klassen kleiner als 10 mm.

8.8 Summenstatistik

In Abb. 8.8.1 ist das Verifikationsergebnis über die gesamte Periode (Jahr 2001) dargestellt. In diesen Zeitraum wurde im Mittel (Yes+No) ein Niederschlag von 0.53 mm/Tag gemessen. Das EZMW-Modell sagte einen mittleren Niederschlag von 0.60 mm/Tag voraus, überschätzt daher um 0.07 mm/Tag. Die Kontingenztabelle zeigt, daß in 77% (Gesamtdaten 469025) der Fälle gar kein Niederschlag größer als 0.1 mm beobachtet und auch nicht vorhergesagt wurde.

		Beobachtung		
		yes	no	
EZMW	yes	8%	9%	17%
	no	6%	77%	83%
		14%	86%	100%

Abb.8.8.1: Verifikationsmaßzahlen für das ganze Jahr 2001 pro Station und Tag

Beobachtet	0.53
Vorhergesagt	0.60
Mittlerer Fehler	0.09
Mittlerer absoluter Fehler	0.46
RMSE	2.08
Rangkorrelation	0.70
Hit rate	0.76
Critical success Index, CSI	0.37
Prob of detection, POD	0.60
False alarm, FAR	0.50
Bias score, BIAS	1.20
True skill statistics, TSS	0.45

Tab. 8.8.1: die kontinuierlichen und kategorischen Verifikationsmaßzahlen für das ganze Jahr 2001. Die täglichen Niederschläge wurden verifiziert.

Die Wahrscheinlichkeit, dass im Iran die Gitterzellen mit Niederschlag prognostiziert werden (POD) ist für EZMW 0.60. Die *False Alarm Ratio* (FAR) ist 0.50 und *True Skill Statistics* (TSS) verdeutlicht eine nicht so gute Genauigkeit der Modellniederschläge (TSS=0.45). Die Abbildung 8.8.2 stellt das Streudiagramm der täglichen Niederschlagswerte und der prognostizierten EZMW-Niederschläge für das ganze Jahr 2001 dar. Wie man der Abbildung entnimmt, ist der Korrelationskoeffizient 0.54. Abgesehen von einigen Ausreißern korrelieren die Beobachtungsdaten mit den EZMW-Niederschlagsprognosen. (Rangkorrelationskoeffizient=0.70).

Um einen Überblick über die Vorhersagegüte über die ganze Untersuchungsperiode zu haben, wurden in der Abbildung 8.8.3 die räumliche Verteilung des Niederschlags von EZMW (rechts) und Beobachtungsdaten(links) dargestellt. Das EZMW-Modell kann die räumliche Verteilung des Niederschlags am Zagros-Gebirge und an der kaspischen Küste wiedergeben. Die Niederschläge am Kaspischen Meer wurden mit dem Modell überschätzt. Die Überschätzung beträgt 1.3 mm/Tag an der westlichen und südöstlichen Küste des Meeres. Die Position der Niederschläge im Westen des Irans (Dehloran) und am Zagros-Gebirge wurde mit dem Modell fast richtig wiedergegeben. Die Niederschlagsmenge an der kaspischen Küste und am Zagros-Gebirge wurde um 0.5-1.5 mm/Tag überschätzt(Abb.8.8.4). Die Niederschläge an der Leeseite des Zagros-Gebirges und im Nordosten und Osten des Irans wurden um weniger als 0.5 mm überschätzt. Der größte mittlere absolute Fehler befindet sich am Zagros-Gebirge und an der kaspischen Küste (0.5-1.5 mm/Tag).

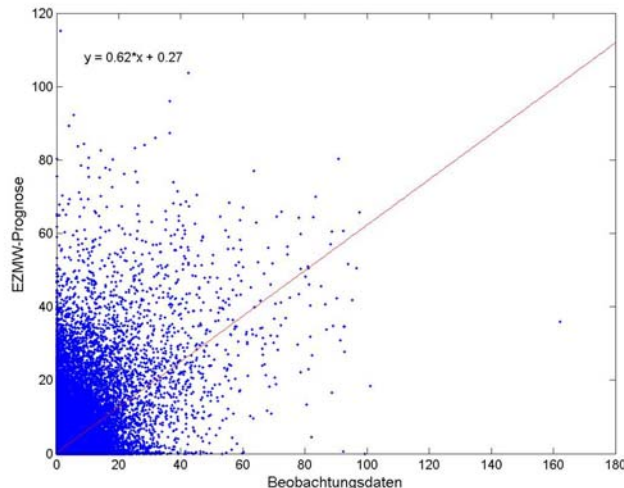


Abb.8.8.2: Das Streudiagramm von täglichen Niederschlagswerten in mm EZMW/Beobachtungsdaten in mm für alle Gitterpunkte im ganzen Jahr (2001). Der Korrelationskoeffizient beträgt 0.54.

Die Rangkorrelation liefert eine gute Korrelation für den ganzen Iran abgesehen von der kaspischen Küste und Dashte Gorgan. 70-100% der mit Niederschlag bedeckten Gitterboxen können an der kaspischen Küste (Gebiet 3) mit dem EZMW-Modell vorhergesagt werden. POD-Werte sind in den 2 Wüsten und im Fachland in Westen des Zagros-Gebirges naturbedingt sehr klein und am Zagros-Gebirge zeigt POD einem Wert von $0.4 < \text{POD} < 0.6$. Die FAR-Werte sind für den ganzen Iran abgesehen von Gebiet 11 (die Küste des Golfes von Oman) kleiner als 0.6, d. h. in weniger als 60% der Fälle prognostiziert das Modell Niederschlag, der nicht beobachtet wurde (Abb.8.8.4). Die Trefferrate ist größer als 0.7 für den ganzen Iran abgesehen von der kaspischen Küste und Dashte Gorgan (Gebiete 3 und 7), d. h. 70% der Prognosen (Ja oder Nein) von EZMW stimmen mit den Beobachtungsdaten (Ja oder Nein) überein (Abb. 8.8.5). Die Tabelle 8.8.2. zeigt die multi-kategorische Kontingenztafel für verschiedene Schwellenwerte im ganzen Jahr 2001. Insgesamt wurden 5723 Fälle mit einem Niederschlag kleiner oder gleich 0.1 mm beobachtet. Das EZMW-Modell hat aber nur 1253 Fälle zutreffend prognostiziert (Hit rate=22%). Für den Bereich 0.1-1 mm ist die Trefferrate 15%. Für die anderen Bereiche beträgt die Trefferrate 13% (für die Niederschläge größer als 1 mm und kleiner/gleich 3 mm), 23% für den Bereich 3-10 mm und 41% für die Niederschläge größer als 10 mm. Wie zu sehen ist, sinkt die Trefferrate bis zur Klasse 1-3 mm und danach steigt sie wieder an.

Die Abbildung 8.8.6 stellt den Verlauf der POD (*Probability of Detection*) pro Monat (tägliche Werte gemittelt über einen Monat) dar. Für 5 verschiedene Schwellenwerte ist die POD mit verschiedenen Farben und Symbolen dargestellt. Wie zu sehen ist, zeigen die Schwellenwerte 0.1-1 und >10 mm größere POD-Werte im Vergleich zu anderen Schwellenwerten. Das Modell kann 30-40% der mit einem Niederschlag größer als 0.1 und kleiner/gleich 1 mm bedeckten Gitterzellen richtig und genau vorhersagen. Das Modell kann besonders im Herbst 30-70% der mit einem Niederschlag größer als 10 mm bedeckten Gitterpunkte vorhersagen. Der POD-Wert ist im Juli am kleinsten, weil gar kein Niederschlag beobachtet wurde. Der *False Alarm Ratio* (FAR) ist für die Niederschläge größer als 0.1 mm und kleiner/gleich 1mm am niedrigsten (0.55-0.7). Im September bis Dezember ist der *False Alarm Ratio* des EZMW-Modells für die prognostizierten Werte größer als 10 mm zwischen 0.53 und 0.75 (kleiner als in den anderen Monaten). Abbildung 8.8.7 zeigt *Bias* und *True Skill Statistics* für jeden Schwellenwert. Wie zu sehen ist, überschätzt das Modell die Niederschlagswerte im Bereich 0.1-1 (dunkelblaue Linien, besonders in den

Sommermonaten). Die Werte zwischen 1-10mm werden in einigen Monaten leicht überschätzt. Die Werte zwischen 0-0.1 mm und >10 mm werden in allen Monaten heftig überschätzt.

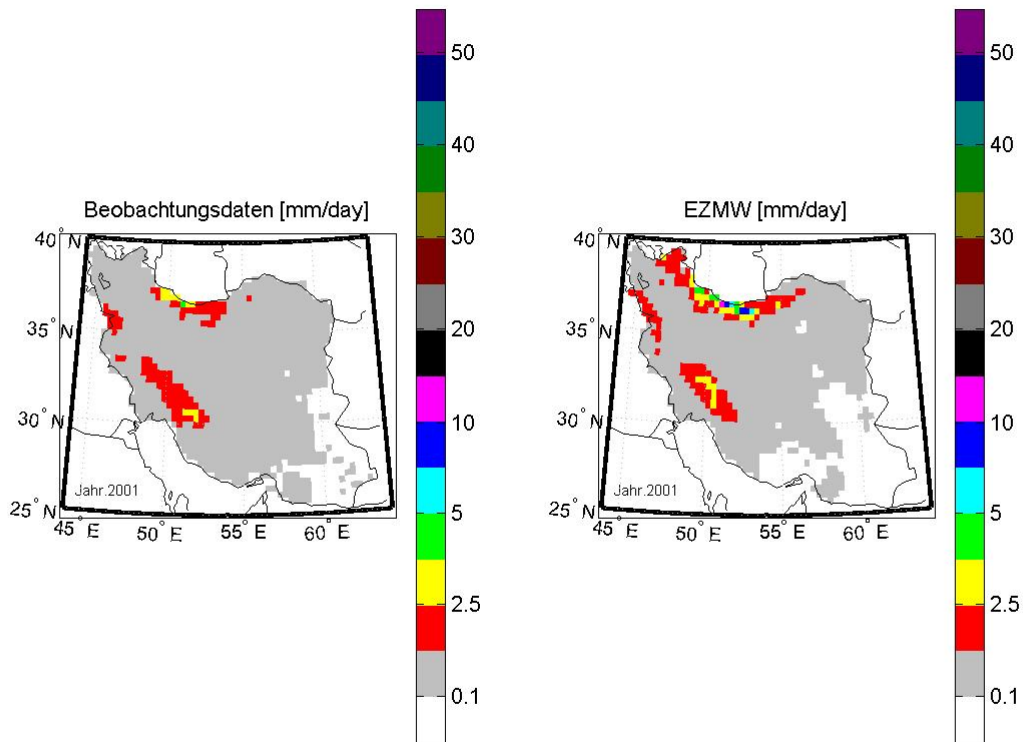


Abb.8.8.3: Beobachtungsdaten und EZMW-Niederschlagsprognose im Jahr 2001. Die Abbildung zeigt der über das Jahr gemittelter Niederschlag pro Gitterzelle.

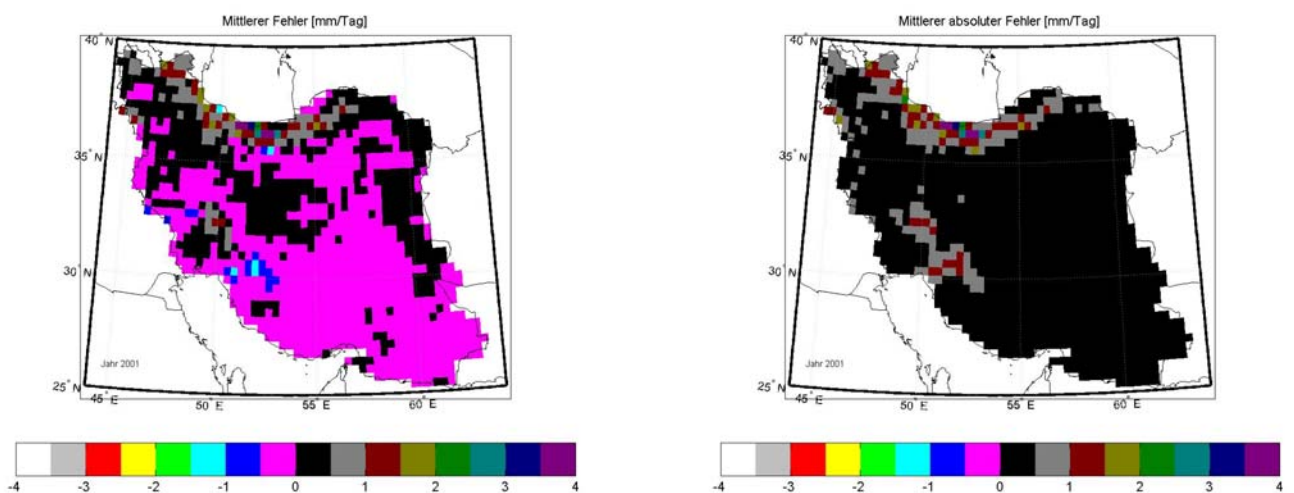


Abb.8.8.4: die räumliche Verteilung des mittleren Fehlers (links) und mittleren absoluten Fehlers (rechts) der EZMW-Niederschlagsprognose im Jahr 2001.

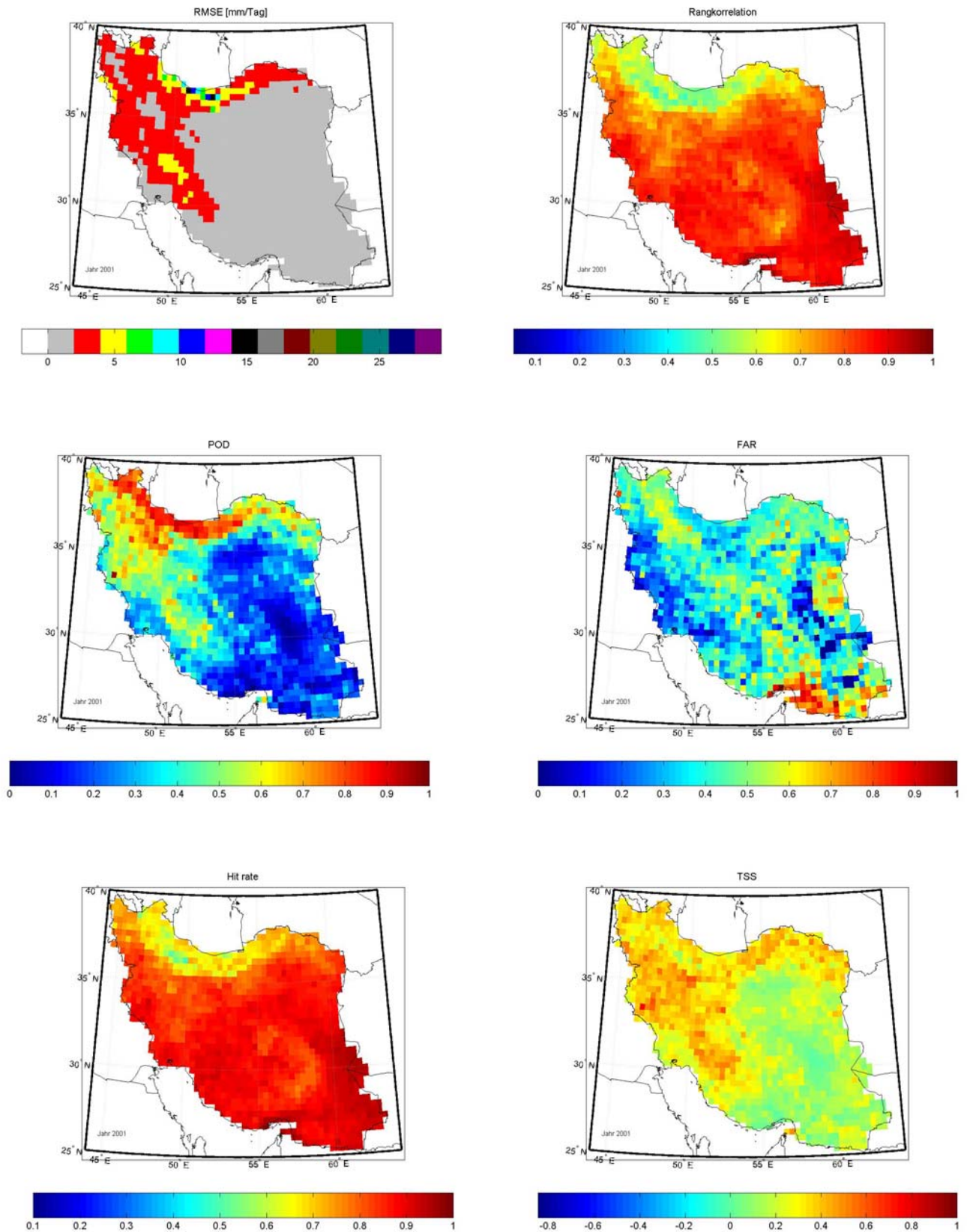


Abb.8.8.5: Die räumliche Verteilung des mittleren quadratischen Fehlers des EZMW-Niederschlagsmodell sowie Rangkorrelationskoeffizient, *Probability of Detection* (POD), *False Alarm* (FAR), *Trefferrate* (*Hit rate*) und *True Skill Statistics* (TSS) über das Jahr 2001 im Iran.

Beobachtung[mm]

EZMW [mm]	0-0.1	0.1-1	1-3	3-10	>10	Zeilen- summe
0-0.1	1479	3739	1982	1477	290	8967
0.1-1	2351	5731	3454	2754	557	14847
1-3	1134	3479	2519	2468	672	10272
3-10	952	3169	2926	3649	1378	12074
>10	276	1043	1205	2162	2306	6992
Spalten- summe	6192	17161	12086	12510	5203	53152

Tab.8.8.2: Multi-kategorische Kontingenztabelle im Jahr 2001

Wie man der Abbildung 8.8.7 (rechts) entnimmt, ist die Vorhersagegüte(TSS) nur für einen Schwellenwert (und zwar für Niederschläge größer als 10 mm) größer als 0.2. Für alle anderen Schwellenwerte, die zwischen 0 mm und 10 mm liegen ist das Modell nicht in der Lage die Werte richtig vorherzusagen ($TSS < 0.12$). Im März bis April und im August bis Dezember können die Niederschlagswerte größer als 10 mm mit einem TSS von $0.3 < TSS < 0.6$ mit dem Modell prognostiziert werden.

Die Abbildung 8.8.8 zeigt die TSS-Werte für das ganze Jahr 2001 entsprechend des Gebiet-Klassifikations des Irans. Wie die Abbildung zeigt ist das EZMW-Niederschlagsmodell nicht geeignet für die 2 großen Wüsten und die Küsten des persischen Golfes und Golfes von Oman ($TSS < 0.2$ für das Gebiet 9,10,11). Das EZMW-Modell ist nicht in der Lage die Niederschläge in den zwei Wüsten des Irans zu prognostizieren. Die Niederschläge im östlichen Teil des Gebietes 2 (Luvseite des Zagrosgebirges), Gebiet 4 (Sefidrud-Einzugsgebiet), Gebiet 7(Dashte Gorgan) und teilweise im Gebiet 6(Ost-Zagros) können mit einer Vorhersagegüte von $TSS > 0.5$ prognostiziert werden. In den anderen Gebieten beträgt die TSS einem Wert zwischen 0.2 und 0.4.

Tab. 8.8.3 zeigt die kontinuierlichen sowie kategorischen Verifikationsmaßzahlen für die 11 Gebiete im Iran für das ganze Jahr 2001. Die kontinuierlichen Maßzahlen geben Auskünfte über die Qualität der Prognose. Wie zu sehen ist, überschätzt das Modell die Niederschlagsmenge in fast allen Gebieten. In Gebieten 2, 6, 9, 10 und 11 ist eine leichte Unterschätzung zu beobachten. Wie zu sehen ist, zeigt Abb.8.8.9 den mittleren Fehler, den mittleren absoluten und RMSE Fehler für die 11 Gebiet im Iran im Jahr 2001. Die Differenz zwischen den beobachteten und den prognostizierten Niederschläge (Mittlerer absoluter Fehler in der Abhängigkeit von mittlerem täglichem Niederschlag) ist im Gebiet 3, Gebiet 4 und Gebiet 1 am größten. In allen Gebieten beträgt der Fehler einen Wert weniger als 45% des mittleren beobachteten Niederschlags.

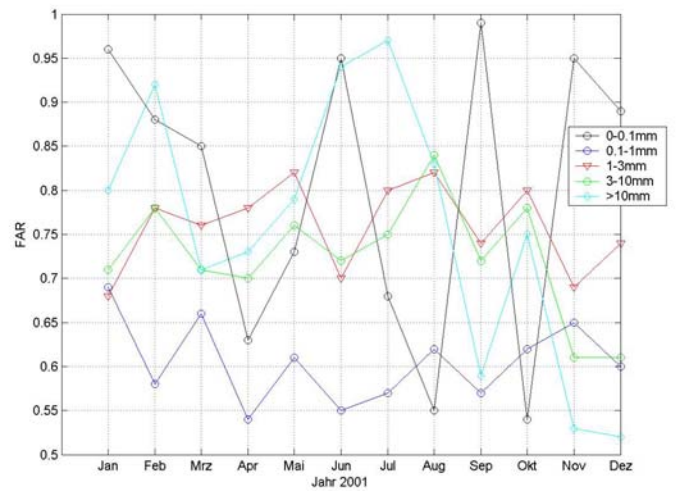
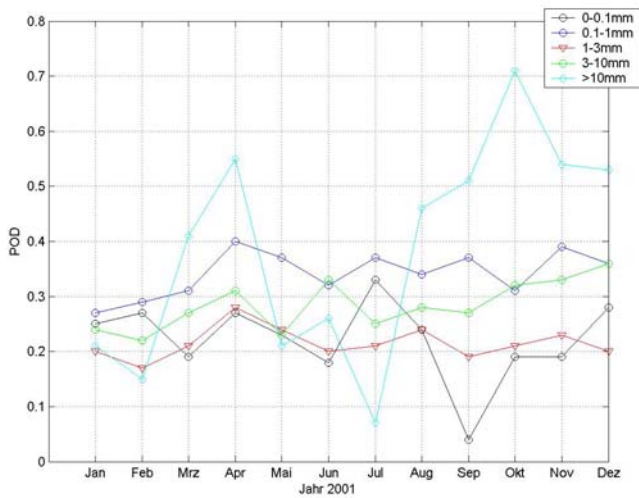


Abb.8.8.6: Der über das gesamte Untersuchungsgebiet gemittelte monatliche Verlauf von *Probability of Detection* (POD) und *False Alarm* (FAR) im Jahr 2001. Jede Linie zeigt den Verlauf für einen bestimmten Schwellenwert.

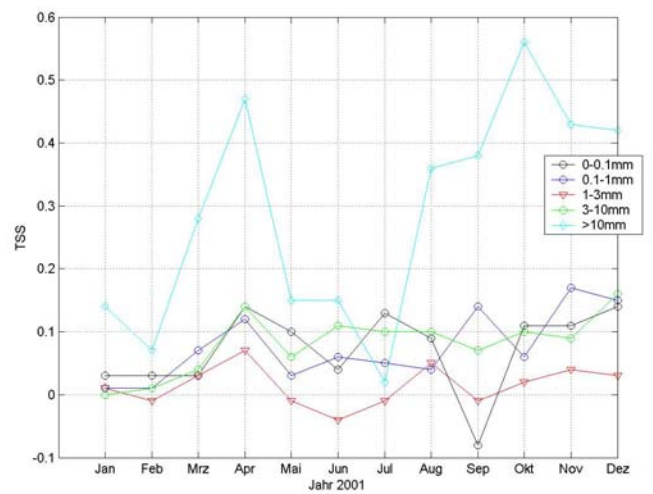
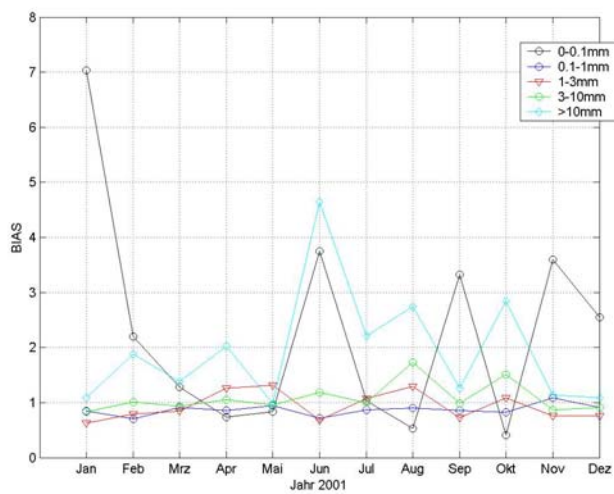


Abb.8.8.7: Der über das gesamte Untersuchungsgebiet gemittelte monatliche Verlauf von *Bias* und *True Skill Statistics* (TSS) im Jahr 2001. Jede Linie zeigt den Verlauf für einen bestimmten Schwellenwert.

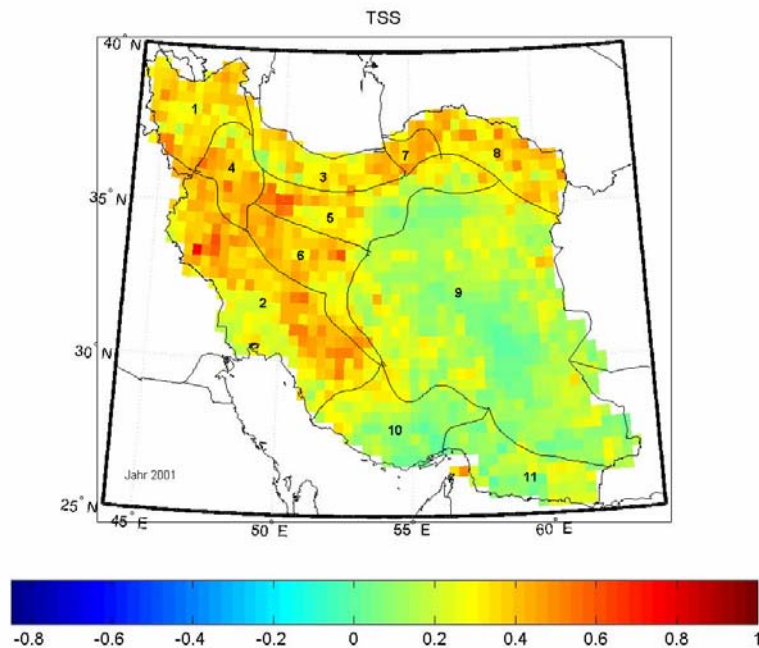


Abb.8.8.8: Die räumliche Verteilung der Vorhersagegüte (TSS) des EZMW-Niederschlagsmodells entsprechend der Gebiet-Klassifikation des Irans im Jahr 2001.

Gebiet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mittlerer Niederschlag	0.70	1.17	1.35	0.68	0.42	0.54	0.71	0.50	0.21	0.25	0.12
ME	0.44	-0.09	1.02	0.19	0.05	-0.01	0.54	0.15	-0.06	-0.11	-0.05
ME (%)	62.9	7.7	75.5	27.9	11.9	1.85	76.06	30	28.57	44	41.67
MAE	0.45	0.28	1.14	0.22	0.15	0.17	0.60	0.20	0.09	0.12	0.06
MAE (%)	64.29	23.93	84.44	32.35	35.71	31.48	84.51	40.00	42.86	48.00	50.00
RMSE	2.69	2.48	4.34	2.12	1.57	1.71	3.07	1.88	0.71	0.96	0.55
Rang-Kor.	0.64	0.76	0.63	0.66	0.66	0.73	0.67	0.74	0.75	0.69	0.83
Hit rate	0.70	0.77	0.72	0.72	0.75	0.78	0.72	0.77	0.78	0.72	0.88
POD	0.85	0.77	0.87	0.86	0.69	0.73	0.72	0.70	0.32	0.29	0.20
FAR	0.35	0.13	0.21	0.30	0.21	0.13	0.31	0.20	0.18	0.13	0.58
TSS	0.42	0.57	0.43	0.43	0.51	0.59	0.45	0.55	0.25	0.25	0.16

Tab.8.8.3. Die kontinuierlichen und kategorischen Verifikationsmaßzahlen für die 11 Gebiete (nach Gebiet-Klassifikation, siehe Seite 20) im Iran im ganzen Jahr 2001.

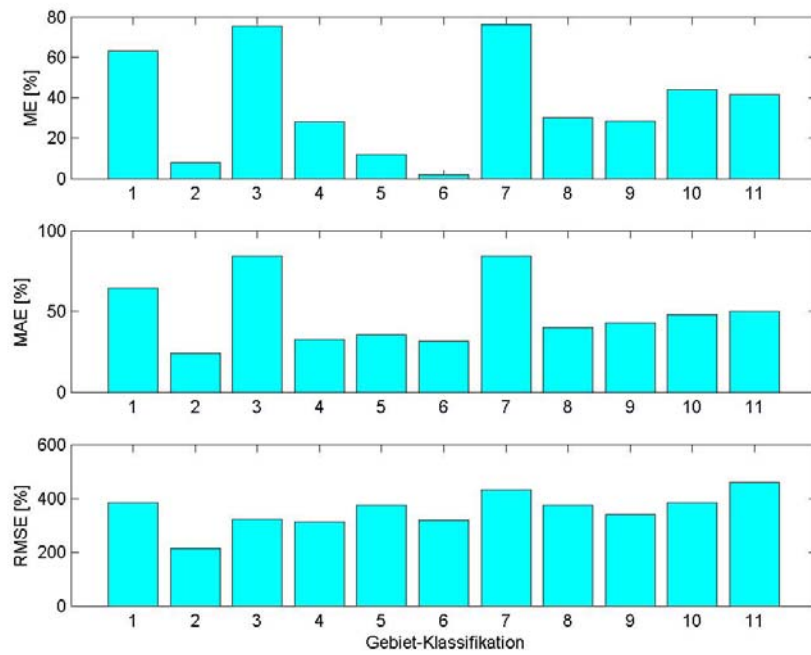


Abb.8.8.9. Die über ein Jahr (2001) berechneten kontinuierlichen Maßzahlen (ME, MAE und RMSE) in Abhängigkeit von mittleren täglichen Niederschlagsmenegn (%) für die 11 Gebiete im Iran.

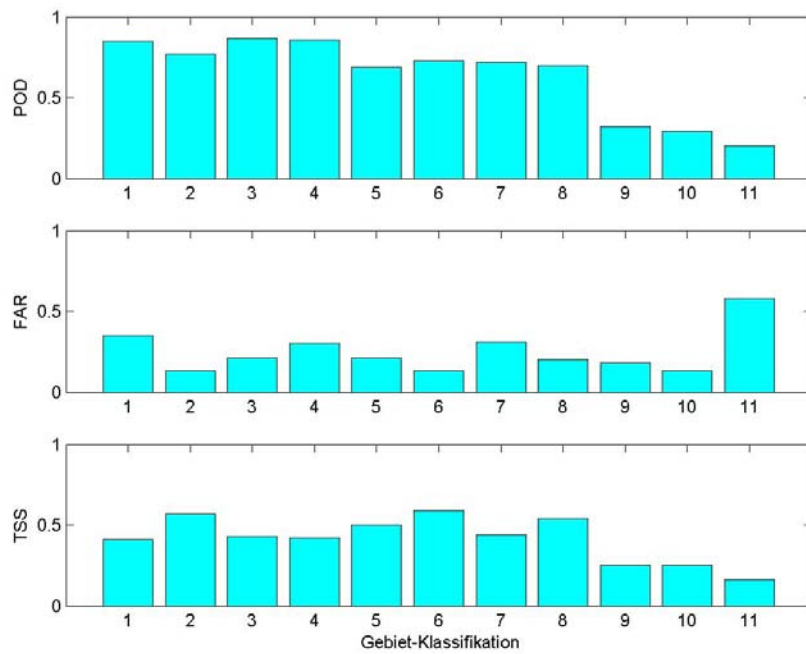


Abb.8.8.10. Die über ein Jahr (2001) berechneten kategorischen Maßzahlen (POD, FAR und TSS) für die 11 Gebiete im Iran.

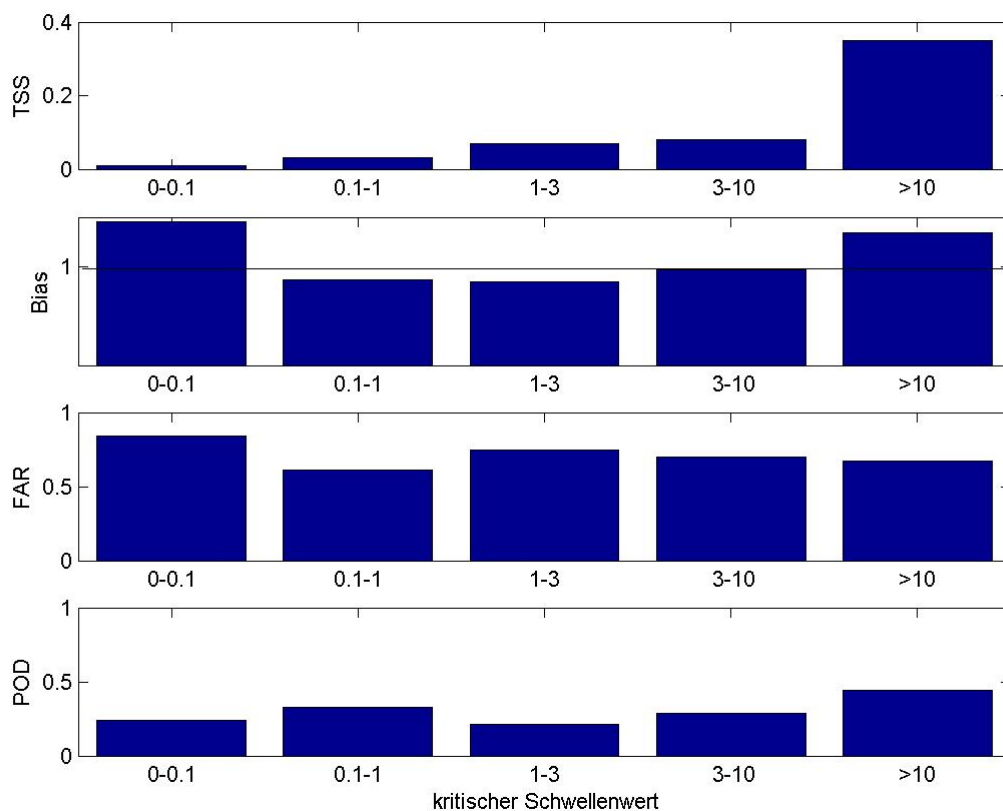


Abb.8.8.11. Die Verifikationsmaßzahlen für 5 verschiedene Schwellenwerte im Jahr 2001 für den ganzen Iran.

Es gibt gute Korrelationen zwischen beobachteten und vorhergesagten Niederschlägen in fast allen Gebieten. Die Trefferrate zeigt auch gute Übereinstimmung zwischen der Ja/Ja oder Nein/Nein Beobachtung und der Prognose. Die beste Trefferrate ist in den niederschlagsarmen Gebieten zu sehen, weil die Anzahl der Zero (Nein/Nein Prognosen) hoch ist (Gebiete 6, 9 und 11). Die *Probability of Detection* (Abb.8.8.10) ist in den Gebieten mit hohem täglichen Niederschlag (Gebiete 1, 2, 4, 6, 7,8) größer als in den niederschlagsarmen Gebiete (Gebiete 9, 10, 11). Das zeigt, dass das EZMW-Modell hat über 70% der mit Niederschlag bedeckten Gitterzellen in den Gebieten (1, 2, 3, 4, 6, 7,8) prognostiziert. Die *False Alarm Ratio* zeigt in fast allen Gebieten Werte kleiner als 50%, d. h. Im Jahr 2001 wurde weniger als 50% Niederschlagsereignisse ($rr > 0.1$ mm/Tag) prognostiziert, die nicht beobachtet wurden. Die *True Skill Statistics* zeigt größere Werte für das Hochland im Vergleich zum Flachland. Das wurde in der Abbildung 8.8.8 dargestellt.

Mit der Betrachtung Abb.8.8.11 ist zu sehen, daß die *Probability of Detection* für den Schwellenwert >10 mm am größten ist, d. h. das EZMW-Modell kann die 50% der mit einem Niederschlag größer als 10 mm/Tag bedeckten Gitterzellen vorhersagen. Die *False Alarm Ratio* zeigt den größten Wert für die Niederschläge kleiner/gleich 0.1 mm/Tag.

Die *False Alarm Ratio* für alle anderen Schwellenwerte ($r_r > 0.1$) ist fast 50%. Der Bias zeigt die Überschätzung bzw. Unterschätzung der Niederschlagswerte. Das EZMW-Modell hat die Niederschläge kleiner/gleich 0.1 mm im Jahr 2001 stark überschätzt. Die Werte größer als 10 mm werden über das ganze Jahr auch überschätzt. Die anderen Werte zwischen 0.1-10 mm wurden unterschätzt (Bias < 1).