

Kapitel 7

Crossvalidation

Wie im Kapitel 5 erwähnt wurde, ist die Crossvalidation die beste Technik, womit man die Genauigkeit der verschiedenen Interpolationsmethoden überprüft. In diesem Kapitel wurde nach der Crossvalidation die statistischen Kennzahlen wie der mittlere absolute Fehler (MAE) und der mittlere Bias Fehler (MBE) berechnet. Die Kennzahlen (MAE, MBE) jeder Methode werden dann mit einander verglichen. Um einen vollständigen Überblick über die berechneten Kennzahlen haben zu können, wurden für jede Methode die statistischen Kennzahlen pro Tag berechnet. In dieser Arbeit wurde großes Gewicht auf die Interpolationsmethode gelegt, obwohl das Ziel der Arbeit die Verifikation der EZMW-Prognose ist. Grund dafür ist die Wichtigkeit der Genauigkeit der aus den iranischen Messdaten betrachteten Flächenniederschläge, die nach der Interpolation mit den Prognosefelder verglichen werden. Je genauer und fähiger die Interpolationsmethode ist, desto genauer und realistischer sind die Ergebnisse der Verifikation.

Der Niederschlag im Iran zeichnet sich durch eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität aus. Eine einfache Interpolation von Standort der Beobachtungsstation zum Gitterpunkt bringt demzufolge Fehler in sich. Wenn eine große Anzahl der Stationen mit fast dichten Stationen zu Verfügung steht, dann kann mit den Interpolationsmethoden die ausreichenden Informationen über die Flächenniederschläge gegeben werden. Wenn im Untersuchungsgebiet die Verteilung der Stationen homogen ist, muss dort mit der Crossvalidation-Technik zunächst die Genauigkeit der verschiedenen Interpolationsmethoden getestet werden. Die bestgeeignete Interpolationsmethode ist dann die, mit der geringsten Abweichung (MAE und MBE). MAE und MBE werden wie folgt berechnet:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z(x_i) - Z^*(x_i)|$$

$$\text{MBE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z(x_i) - Z^*(x_i))$$

$Z(x_i)$: Beobachtungswert an der Station

$Z^*(x_i)$: Abgeschätzter Wert

n: Anzahl der Daten

7.1 Inverse Distance Method

Die erste verwendete Interpolationsmethode in dieser Arbeit ist ,*Inverse Distance Method*'. In dieser Methode spielt die Anzahl der benachbarten Punkte (Stationen), die während der Interpolation betrachtet werden, eine wichtige Rolle.

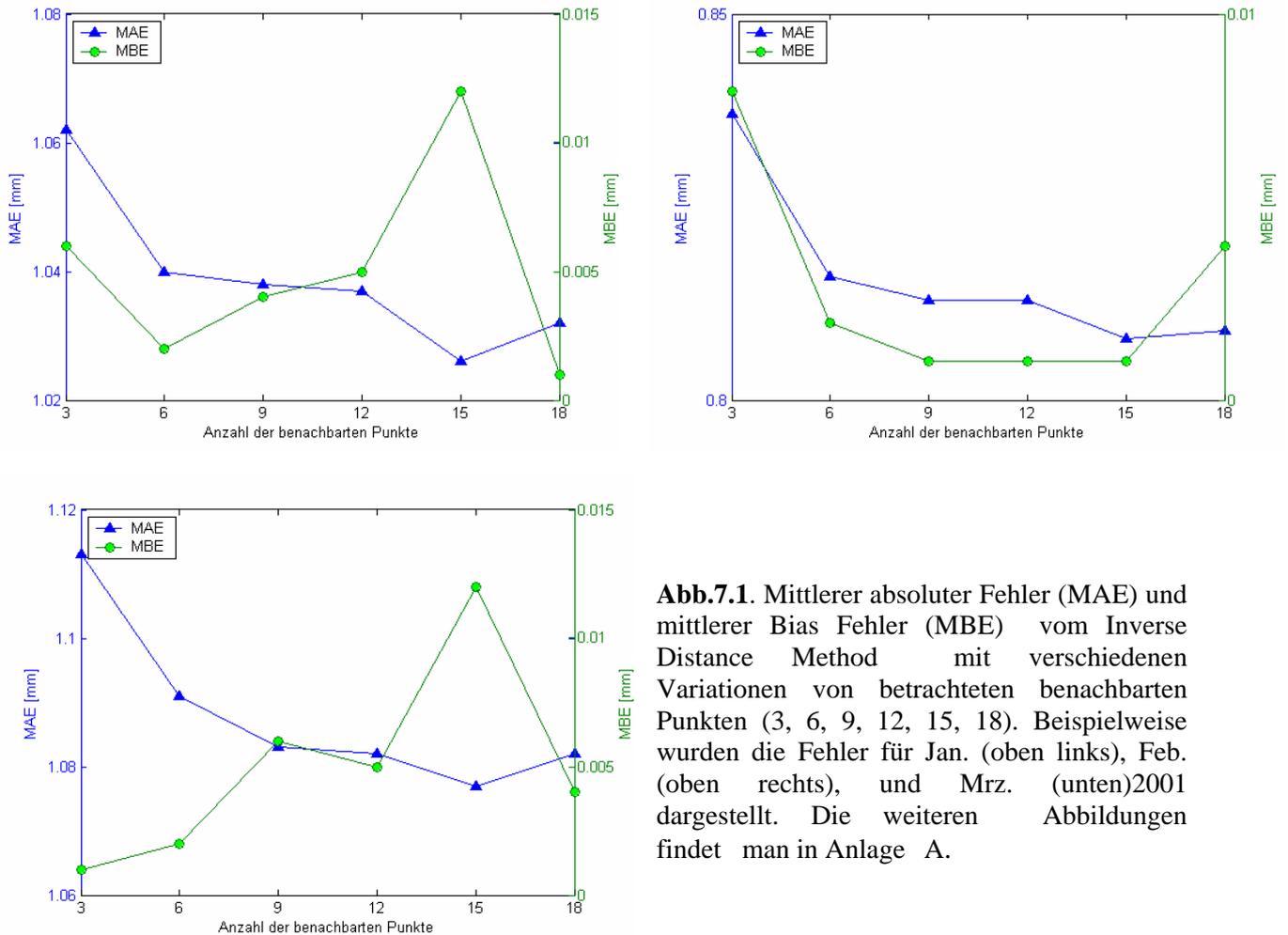


Abb.7.1. Mittlerer absoluter Fehler (MAE) und mittlerer Bias Fehler (MBE) vom Inverse Distance Method mit verschiedenen Variationen von betrachteten benachbarten Punkten (3, 6, 9, 12, 15, 18). Beispielweise wurden die Fehler für Jan. (oben links), Feb. (oben rechts), und Mrz. (unten) 2001 dargestellt. Die weiteren Abbildungen findet man in Anlage A.

Der Niederschlag am Punkt (x, y) wird mit *Inverse Distance Method*, anhand der bestimmten Anzahl der benachbarten Punkte und der betrachteten Potenz abgeschätzt:

$$F(x, y) = \frac{\sum_{k=1}^N w_k(x, y) f_k}{\sum_{k=1}^N w_{k(x,y)}}$$

dabei ist

$$w_k(x, y) = \frac{1}{d_k^m}$$

Man sollte allerdings an dieser Stelle berücksichtigen, dass die optimale Anzahl der betrachteten benachbarten Punkte (N) und die optimale Potenz des Abstandes (m) von Zeit zu Zeit aufgrund der zeitlichen und räumlichen Variabilität des täglichen Niederschlags unterschiedlich ist. Das Ziel ist mit Hilfe von Crossvalidation die optimale Anzahl der benachbarten Punkte und auch die optimale Potenz des Abstands herauszufinden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zunächst mit der Potenz '1' verschiedene Variationen der Anzahl der benachbarten Punkte, die Interpolation durchgeführt und nach der Crossvalidation, die statistischen Kennzahlen berechnet. Die Crossvalidation wurde für den täglichen Niederschlag durchgeführt. Abbildung 7.1 zeigt den mittleren absoluten Fehler (MAE) und den mittleren Bias Fehler (MBE) mit Potenz=1 und N=3, 6, 9,12,15 und 18. Hier wurde nur den mittleren absoluten- und Bias Fehler des täglichen Niederschlags dargestellt. Wie zu sehen ist, sind die MAE und MBE im Januar (Abb. 7.1) bei N=6 am niedrigsten. MAE schwankt eigentlich zwischen 1.025 und 1.06 und MBE schwankt zwischen 1.022 und 1.07 mm/Tag.

Monat	Die beste Anzahl der benachbarten Punkte	Mittlerer absoluter Fehler (MAE)	Mittlerer Bias Fehler (MBE)
Jan.	6	1.04	0.00
Feb.	15	0.80	0.00
Mrz.	18	1.09	0.00
Apr.	18	0.44	0.00
Mai.	12	0.55	0.01
Jun.	3	0.18	0.00
Jul.	18	0.23	0.00
Aug.	18	0.25	0.00
Sep.	3	0.3	0.00
Okt.	18	0.65	0.01
Nov.	3	0.92	0.00
Dez.	12	1.88	0.01

Tabelle.7.1: MAE Und MBE vom *Inverse Distance Method* mit optimalen benachbarten Stationen

Für alle Monate wurden die optimale Anzahl der benachbarten Punkte bestimmt. Mit einem Blick auf die Abbildung 7.1, kann man die optimale 'N' für Januar, Februar und März bestimmen (für die anderen Monate, siehe Anlage A). Tabelle 7.1 zeigt die berechneten MAE und MBE der Interpolation mit der optimalen Anzahl der benachbarten Punkte pro Monat. Im nächsten Schritt wird die beste Potenz bestimmt. Um die optimale Potenz des Abstands herauszufinden, wurde mit Hilfe von Crossvalidation und anhand der optimalen Anzahl der benachbarten Punkte (N) für jeden Monat, die Fehler der 3 verschiedenen Potenzen (1, 2,3) berechnet. Abbildung 7.2 stellt die MAE und MBE resultiert von Crossvalidation der *Inverse Distance Method* mit verschiedenen Potenzen (1, 2,3) dar. Wie man der Abbildung entnimmt, ist im Januar die Potenz '1' die geeignetste Potenz. Im Februar ist auch die

Potenz '1' die optimale Potenz. Im Gegensatz zu Januar und Februar ist die Potenz '2' die optimale Potenz im März (Die MAE und MBE mit Potenz=2 sind am niedrigsten)

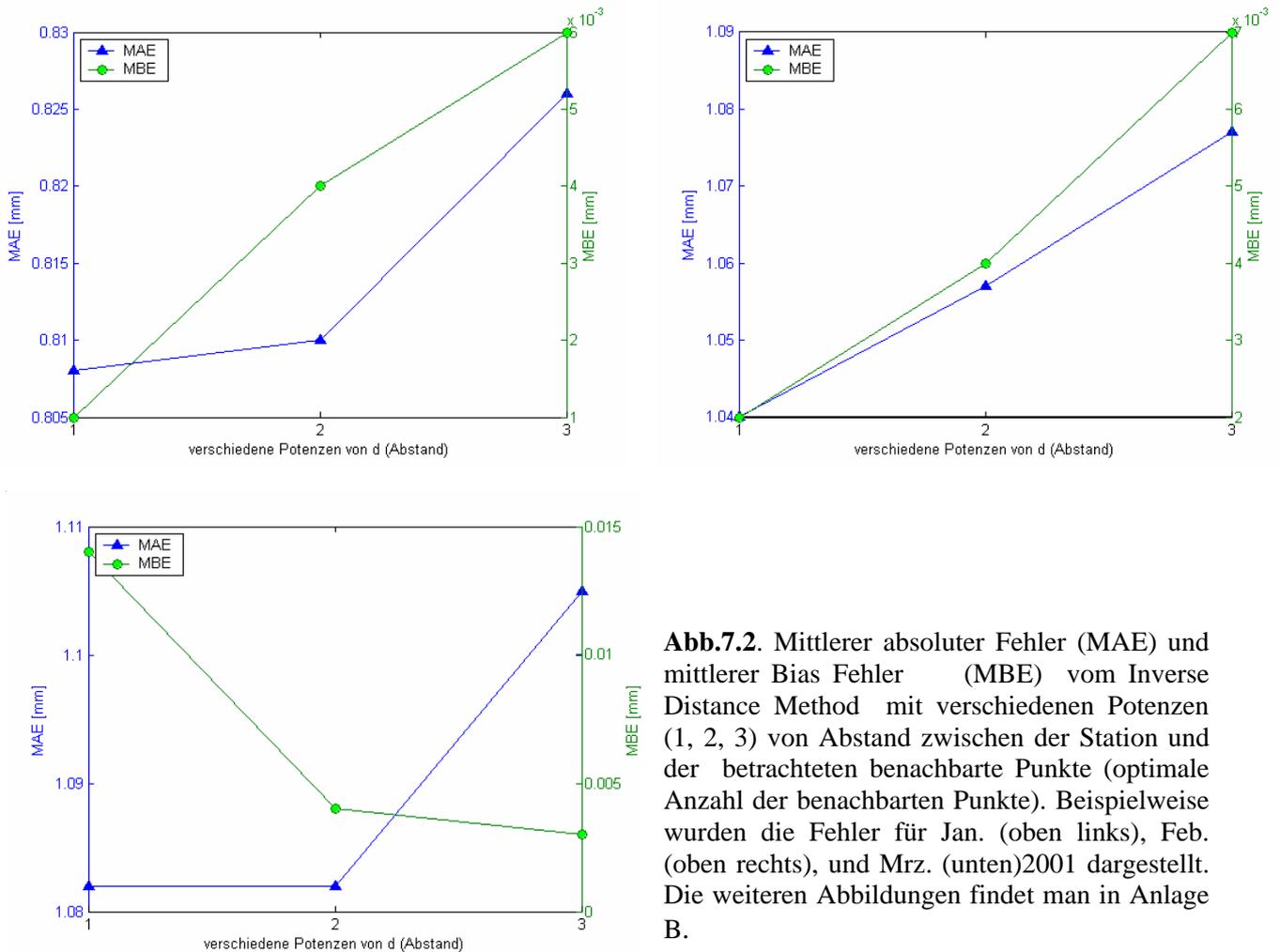


Abb.7.2. Mittlerer absoluter Fehler (MAE) und mittlerer Bias Fehler (MBE) vom Inverse Distance Method mit verschiedenen Potenzen (1, 2, 3) von Abstand zwischen der Station und der betrachteten benachbarte Punkte (optimale Anzahl der benachbarten Punkte). Beispielweise wurden die Fehler für Jan. (oben links), Feb. (oben rechts), und Mrz. (unten)2001 dargestellt. Die weiteren Abbildungen findet man in Anlage B.

Mit Betrachtung der Abbildung 7.2 für die ersten drei Monate im Jahr 2001 und der Abbildung in Anlage B für die weiteren Monate der Jahres 2001 kann man die beste Potenz herausfinden. Tabelle 7.2 gibt ausreichende Informationen über die optimale Anzahl der benachbarten Punkte und optimale Potenz der *Inverse Distance Method* in verschiedenen Monate des Jahres 2001. Diese Tabelle kann als die Genauigkeit und Fähigkeit der *Inverse Distance Method* mit der Ergebnisse der anderen Interpolationsmethoden verglichen werden.

Monat	Die beste Potenz	Die beste Anzahl der benachbarten Punkte	Mittlerer absoluter Fehler (MAE)	Mittlerer Bias Fehler (MBE)
Jan.	1	6	1.04	0.00
Feb.	1	15	0.81	0.00
Mrz.	2	18	1.08	0.00
Apr.	2	18	0.44	0.00
Mai.	2	12	0.54	0.01
Jun.	1	3	0.18	0.00
Jul.	2	18	0.23	0.00
Aug.	3	18	0.23	0.00
Sep.	1	3	0.3	0.00
Okt.	3	18	0.63	0.01
Nov.	1	3	0.92	0.00
Dez.	1	12	1.88	0.01

Tabelle.7.2: MAE Und MBE vom *Inverse Distance Method* mit optimaler Anzahl der benachbarten Stationen und optimaler Potenz

7.2 Nearest Station Method

Mit Hilfe von Crossvalidation wurde pro Tag den mittleren absoluten Fehler (MAE) und mittleren Bias Fehler (MBE) der Nearest Station Methode berechnet. Tabelle 7.3 zeigt die MAE und MBE des täglichen Niederschlags(gemittelt über einen Monat) für das Jahr 2001. Der mittlere absolute Fehler schwankt zwischen 0.21 und 2,23 mm/Tag mit einem Mittel von 0.79 mm/Tag.

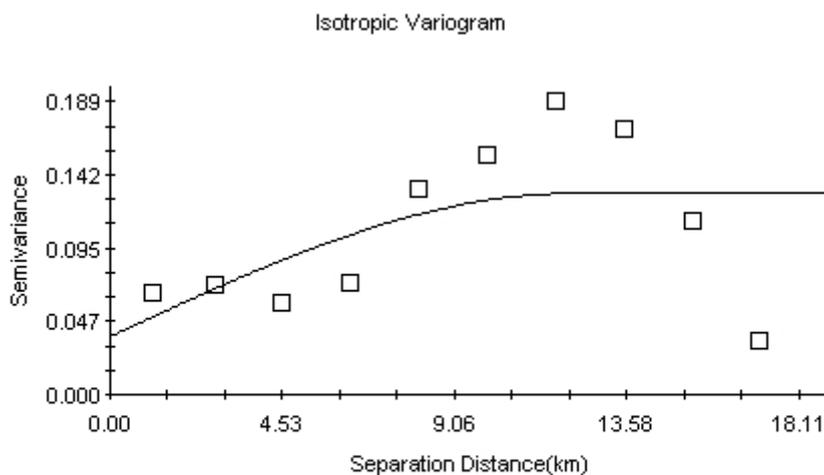
Monat	Mittlerer absoluter Fehler (MAE)	Mittlerer Bias Fehler (MBE)
Jan.	1.19	-0.01
Feb.	0.94	-0.01
Mrz.	1.27	-0.01
Apr.	0.51	0.00
Mai.	0.6	0.00
Jun.	0.21	0.01
Jul.	0.25	0.00
Aug.	0.25	0.00
Sep.	0.35	-0.02
Okt.	0.71	-0.01
Nov.	1.07	-0.01
Dez.	2.23	-0.03

Tabelle.7.3: MAE Und MBE (nearest Station Method)

7.3 Kriging

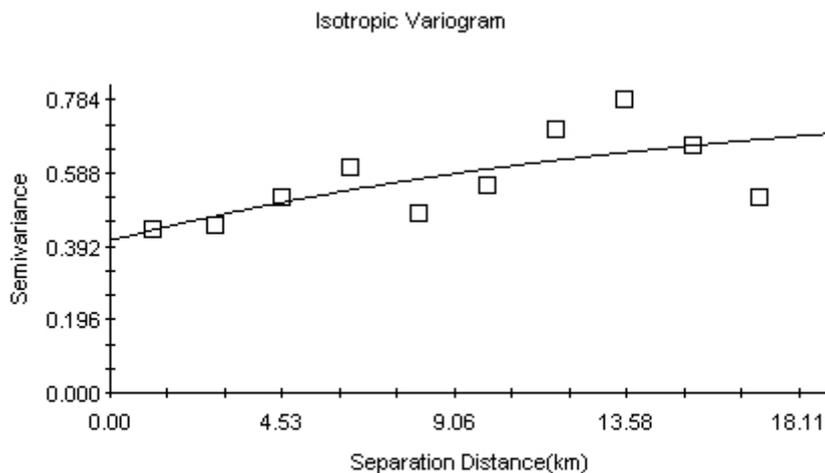
Um die Genauigkeit der Interpolationsmethode 'Kriging' abzuschätzen, wurde viel Zeit verbraucht. Da für das Kriging, muss erstmal das Semivariogramm des täglichen Niederschlags erstellt werden und dann das beste Modell daran angepasst werden. Dieses Modell kann repräsentativ des Niederschlagsregimes pro Tag sein, d. h. das definiert die quantitative Änderung des Niederschlags und zeigt der Grad der räumlichen Abhängigkeit zwischen den Stationen. Das Semivariogramm ist von Tag zu Tag unterschiedlich, deshalb ist das angepasste Modell pro Tag auch unterschiedlich.

Abbildung 7.3 zeigt das angepasste Modell für zwei verschiedene Termine (15. und 18. Januar 2001). Wie zu sehen ist, ist das angepasste Modell am 15. Januar sphärisch, Obwohl das beste Modell am 18. Januar exponential ist. Nachdem Anpassen das beste Modell an das Semivariogramm wurde versucht mit Hilfe von Crossvalidation die Werte mit Kriging-Interpolationsmethode abzuschätzen und die dazugehörigen Fehler zu berechnen. Tabelle 7.4 zeigt der berechneten MAE und MBE resultiert von der Kriging-Interpolationsmethode. Wie zu sehen ist, liegt der MAE zwischen 0.18 und 1.87 mm/Tag mit einem Mittel von 0.61 mm/Tag. Der Fehler ist im Juni am niedrigsten und im Dezember am höchsten.



Spherical model ($C_0 = 0.0375$; $C_0 + C = 0.1300$; $A_0 = 12.13$; $r_2 = 0.308$;
RSS = 0.0176)

Abb.7.3.a: Das Semivariogramm von 15. Januar 2001



Exponential model ($C_0 = 0.4070$; $C_0 + C = 0.8150$; $A_0 = 15.65$; $r^2 = 0.454$; $RSS = 0.0651$)

Abb.7.3.b: Das Semivariogramm von 18. Januar 2001

Monat	Mittlerer absoluter Fehler (MAE)	Mittlerer Bias Fehler (MBE)
Jan.	1.04	-0.01
Feb.	0.82	0.00
Mrz.	1.1	-0.02
Apr.	0.44	0.00
Mai.	0.55	-0.01
Jun.	0.18	-0.01
Jul.	0.24	0.00
Aug.	0.24	-0.01
Sep.	0.33	-0.01
Okt.	0.64	-0.01
Nov.	0.94	-0.01
Dez.	1.87	-0.03

Tabelle.7.4: MAE Und MBE der Kriging-Methode

7.4 Upscaling

Die Upscaling- Interpolationsmethode wird für jede Punkt, den Mittelwert von mit dem Punkt in einer Gitterbox liegenden Punkte berechnet. Die Gitterbox hat eine Größe von 0.35×0.35 Grad (39×39 km). Dies ist die Auflösung des EZMW-Modells. Um die Niederschlagswerte an den Gitterpunkte des EZMW abzuschätzen, werden erstmal die Stationen, die mit der betrachteten Station in einer Gitterzelle liegen (N) gezählt und dann wird ihre Niederschlagssumme durch N dividiert.

Der Mittelwert ist repräsentativ für alle Werte in der Gitterzelle und wird als Gitterpunkt betrachtet. Um die Crossvalidation für die Upscaling-Interpolation durchzuführen, wurde jede Station vorübergehend aus der Liste entfernt und dann wird die Anzahl der Stationen in der Gitterzelle (0.175° nach links, rechts, oben und unten von entfernter Station), dessen Mittelpunkt die entfernte Station ist gezählt und die Niederschlagssumme der in der Gitterzelle liegende Stationen wird durch N dividiert. Dieser abgeschätzte Wert wird dann mit dem beobachteten Niederschlag an der entfernten Station verglichen und MAE und MBE werden berechnet.

Da die Verteilung der Stationen im Iran nicht homogen ist, liegt in manchen Gitterzellen keine Station und deswegen gibt es auch keine Auswertung. Aus diesem Grund, trotz der Anwendung der Upscaling-Interpolation bei der EZMW Zentrale für die Verifikation des Modells, sind für den Iran die anderen Methoden geeigneter als die Upscaling-Interpolation. Tabelle 7.5 zeigt die berechneten MAE und MBE der Upscaling- Interpolation für alle Monate im Jahr 2001. Der mittlere absolute Fehler schwankt zwischen 0.2 und 2.08 mm/Tag mit einem Mittel von 0.76 mm/Tag.

Monat	Mittlerer absoluter Fehler (MAE)	Mittlerer Bias Fehler (MBE)
Jan.	1.13	0.00
Feb.	0.89	-0.01
Mrz.	1.21	-0.01
Apr.	0.49	0.00
Mai.	0.6	0.00
Jun.	0.2	0.00
Jul.	0.26	0.00
Aug.	0.25	0.00
Sep.	0.35	0.01
Okt.	0.7	-0.01
Nov.	1.04	0.00
Dez.	2.08	-0.02

Tabelle.7.5: MAE Und MBE der Upscaling-Methode

7.5 Auswahl der besten Interpolationsmethode

Um die beste Interpolationsmethode für den täglichen Niederschlag im Iran auszuwählen, wurden mittlere tägliche absolute Fehler der verschiedenen Methoden mit einander verglichen. Abbildung 7.4 stellt den mittleren absoluten Fehler der 5 verschiedenen Interpolationsmethoden für jeden Tag im März 2001 dar. Wie zu sehen ist, ist für März die *Inverse Distance Method* mit Potenz=2 und N=18 die geeignetste Interpolationsmethode. Der Verlauf des mittleren absoluten Fehlers resultiert von den *Inverse Distance Method* im

März stimmt mit dem Verlauf des mittleren absoluten Fehlers der anderen Methoden überein. Was interessant ist, ist die Ähnlichkeit des Verlaufs und der Größe des mittleren absoluten Fehlers von Kriging und *Inverse Distance Method*.

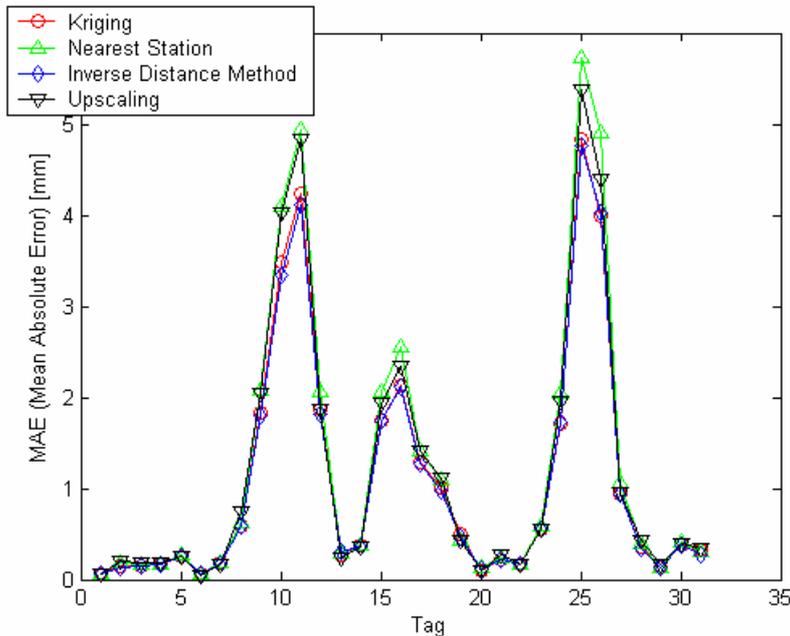


Abb.7. 4. Vergleich des mittleren absoluten Fehler der allen verwendeten Interpolationsmethoden für die täglichen Niederschlagswerte (März. 2001

Das zeigt die beiden Methoden (Kriging und *Inverse Distance Method*) sind geeignet für die Interpolation des täglichen Niederschlags im Iran. Im Vergleich zur Upscaling und Nearest Station Methodesind Kriging und *Inverse Distance Method* viel besser und genauer. Für Die Interpolation des täglichen Niederschlags vom März im Iran ist *Inverse Distance Method* die beste Methode(siehe Abb. 7.4). Abbildung 7.5 stellt den mittleren absoluten Fehler der verschiedenen Interpolationsmethoden im Jahr 2001 dar. Was hier dargestellt wurde, ist der mittlere absolute Fehler der Interpolation des täglichen Niederschlags, der über Monat gemittelt wurde.

Für Januar, April, Juni und Dezember sind die beiden Methoden Kriging und *Inverse Distance Method* fast identisch. Für Februar, März, Mai, Juli, August, September, Oktober und November ist die *Inverse Distance Method* die geeignetste. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit die *Inverse Distance Method* als die beste Interpolationsmethode für die Interpolation des Täglichen Niederschlags im Iran verwendet. Man muss berücksichtigen, dass die *Inverse Distance Method* mit optimaler Anzahl der benachbarten Punkte und optimaler Potenz des Abstands pro Monat (von Monat zu Monat unterschiedlich) in dieser Arbeit verwendet wurde.

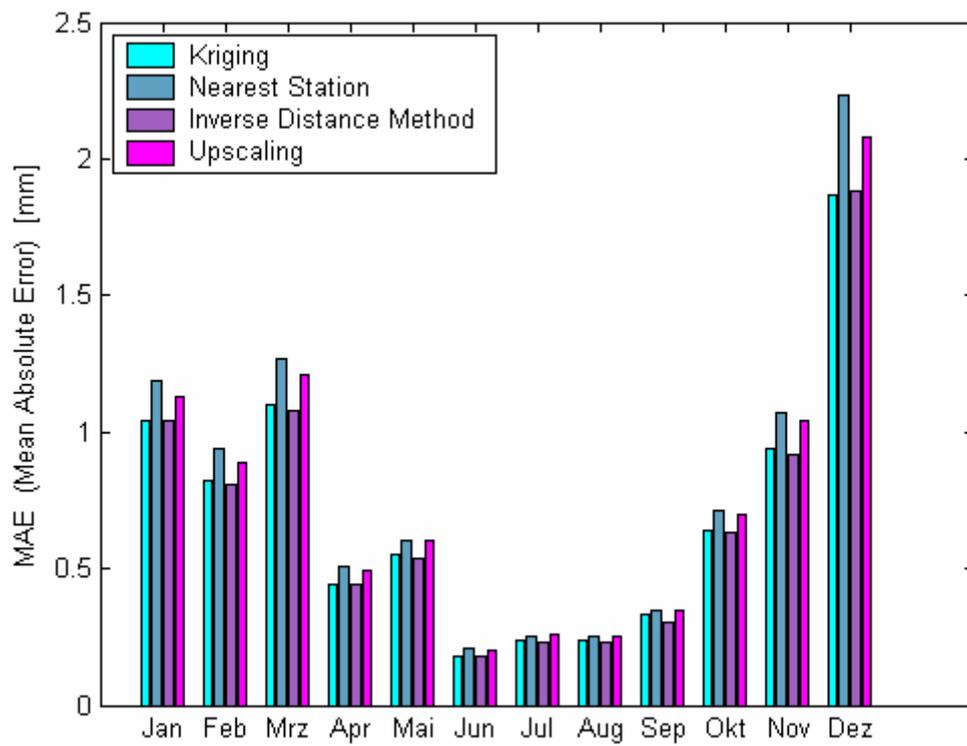


Abb.7.5. Vergleich des mittleren absoluten Fehler der allen verwendeten Interpolationsmethoden für alle Monate im Jahr 2001.