

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Berechnung der Solarstrahlung aus Satellitendaten	10
2.1	Meteosat-Satellitenbilder	10
2.2	Heliosat-Methode	11
2.2.1	Normierung der Satellitencounts	11
2.2.2	Cloud-Index	12
2.2.3	Clearsky-Index	12
2.2.4	Clearsky-Modell und Globalstrahlung	13
3	Vorhersage von Wolkenbildern mit neuronalen Netzen	15
3.1	Grundlagen der zur Vorhersage verwendeten Methoden	16
3.1.1	Theoretische Grundlagen neuronaler Netze	16
3.1.2	Theorie der Hauptkomponenten-Transformation	20
3.2	Anwendung von neuronalen Netzen zur Vorhersage von Bewölkungsbildern	23
3.2.1	Konstruktion von Eingabe-Ausgabe-Paaren für das neuronale Netz	23
3.2.2	Hauptkomponenten-Transformation von Cloud-Index Bildern	24
3.2.3	Klassifizierung der Cloud-Index Bilder	25
3.2.4	Vorhersagealgorithmus unter Verwendung von neuronalen Netzen und Hauptkomponenten-Transformation	25
3.3	Definition der Fehlerfunktion	28
3.4	Test der Vorhersagemethode an einfachen Beispielen	28
3.4.1	Verschiebung einer einfachen, künstlichen Struktur	29
3.4.2	Verschiebung eines Bewölkungsbildes	30
3.5	Datenbasis für die Vorhersage von Cloud-Index Bildern	31

3.6	Bestimmung der optimalen Parameter	32
3.6.1	Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Typen von Cloud-Index Bildern	32
3.6.2	Festlegung der Netzarchitektur und des Lernverfahrens	36
3.7	Ergebnisse und Fehleranalyse	47
4	Vorhersage von Wolkenbildern mit Bewegungsvektoren	53
4.1	Methoden zur Bestimmung von Bewegungsvektoren	54
4.1.1	Statistische Methode	54
4.1.2	Minimierung mittlerer quadratischer Pixeldifferenzen	58
4.2	Anwendung von Bewegungsvektorfeldern zur Vorhersage	59
4.2.1	Extrapolation der Bewegung	59
4.2.2	Berücksichtigung der Veränderung von Wolkenstrukturen	60
4.2.3	Überblick über den Vorhersagealgorithmus	61
4.3	Bestimmung der optimalen Parameter	61
4.3.1	Parameter für Bewegungsvektorfelder auf der Basis minimaler mittlerer quadratischer Pixeldifferenzen	63
4.3.2	Parameter zur nachträglichen Bearbeitung der vorhergesagten Cloud-Index Bilder	65
4.4	Ergebnisse und Fehleranalyse	67
4.5	Kombination von neuronalen Netzen mit Bewegungsinformation	72
5	Genauigkeitsanalyse der Einstrahlungsvorhersage	74
5.1	Datenbasis	75
5.2	Methoden der Fehleranalyse	76
5.2.1	Fehlermaße	76
5.2.2	Grundlagen der zweidimensionalen Fehleranalyse	78
5.3	Fehleranalyse für Einzelstandorte	80
5.3.1	Vergleich des Fehlers der Heliosat-Methode mit dem Fehler der Bewölkungsvorhersage	80
5.3.2	Zweidimensionale Fehleranalyse der Heliosat-Methode	81
5.3.3	Fehleranalyse der Vorhersage	92
5.4	Fehleranalyse für eine Region	101
5.4.1	Regionale Fehleranalyse der Heliosat-Methode	101
5.4.2	Fehleranalyse der Vorhersage	103

6 Zusammenfassung und Ausblick	106
7 Anhang	108
7.1 Korrelation der Vorhersage mit Bodenmeßwerten im Vergleich zur Persistenz für einzelne Standorte	108
7.2 Korrelation der Vorhersage mit Bodenmeßwerten im Vergleich zur Persistenz für regionale Vorhersagen	111