

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Die Sonne	5
1.1 Historisches	5
1.2 Entstehung, Lage und Aufbau der Sonne	6
1.2.1 Das Sonneninnere	8
1.2.2 Die Sonnenatmosphäre	11
1.3 Das Magnetfeld der Sonne	14
1.3.1 Aktivitätserscheinungen	15
1.3.2 Indizes der Sonnenaktivität	22
1.4 Die elektromagnetische Strahlung der Sonne	24
1.4.1 Spektrale Energieverteilung	25
1.4.2 Totale solare Einstrahlung - Solarkonstante	30
1.5 Variationen der Solarstrahlung	32
1.5.1 27-tägige Rotationsperiode	32
1.5.2 11-jähriger Zyklus	34
1.5.3 Maunder Minimum	41
1.6 Globale Strahlungsbilanz des Klimasystems	42
2 Der Einfluss der Sonnenvariabilität auf das Klima	45
2.1 Verfügbarkeit von Beobachtungsdaten	46
2.2 Einsatz von Modellen	47
2.3 Hinweise für einen Einfluss der Sonnenvariabilität auf das Klima	48
2.4 Der 11-jährige Sonnenfleckenzyklus in der Stratosphäre	50
2.4.1 Beobachtungen	51
2.4.2 Modellstudien	65
2.5 Mechanismen für den Einfluss des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus	72
2.5.1 Der Einfluss von QBO und SAO	76
2.5.2 Der Transfer in die Troposphäre	78
2.5.3 Der Einfluss des Sonnensignales auf die Jahr-zu-Jahr Variabilität der winterlichen Stratosphäre	80
3 Das Berliner Modell	83
3.1 Die primitiven Gleichungen	83
3.2 Modellbeschreibung	87
3.2.1 Strahlungstheorie	88
3.2.2 Strahlungsmodul	96

3.2.3	Weiterentwicklung des Strahlungsmoduls	101
3.3	Experimentbeschreibung	103
3.3.1	Strahlungsflussänderungen	104
3.3.2	Ozonänderungen	105
3.3.3	Anpassung der äquatorialen Winde	105
3.4	Stärken und Schwächen des Modelles	111
3.4.1	Veränderung der Windklimatologie	114
4	Der GRIPS-Vergleich	117
4.1	Das Temperatursignal	119
4.2	Das Wintersignal	120
4.2.1	Wind	120
4.2.2	Geopotentielle Höhe	120
4.3	Die Klimatologie der Modelle	123
4.4	Ergebnisse des GRIPS-Modellvergleiches	124
4.5	Resultierende Veränderungen im Berliner Modell	124
4.6	Das Sonnensignal im Jahresmittel	124
5	Der Einfluss des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus im Modell	127
5.1	Der direkte Effekt in der oberen Stratosphäre	128
5.2	Jahreszeitliche Abhängigkeit des Signales	129
5.2.1	Der direkte Strahlungseffekt	129
5.2.2	Das Wintersignal	133
5.2.3	Indirekte Effekte - ein möglicher Mechanismus	140
5.2.4	Das Sommersignal	148
5.3	Diskussion der Ergebnisse	149
5.3.1	Verbesserungen im Vergleich zu anderen Modellstudien	149
6	Der Einfluss von Sonnenfleckenzyklus und QBO im Modell	151
6.1	Das Wintersignal	151
6.1.1	Der „Holton und Tan Mechanismus“ im Modell	152
6.1.2	Nordhemisphäre	154
6.1.3	Südhemisphäre	160
6.1.4	Die Verbindung zur tropischen unteren Stratosphäre	162
6.2	Das Sommersignal	165
6.3	Diskussion der Ergebnisse	166
6.3.1	Erzielte Verbesserungen	166
6.3.2	Vergleich zu anderen FUB-CMAM Experimenten	166
6.3.3	Die Verbesserung der Windklimatologie	169
6.3.4	Die SAO-Ausprägung, das Westwind-Initialsignal und der subtropische Strahlstrom	171
6.4	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	178
7	Das Signal in der Troposphäre	181
7.1	Ein Sonnensignal in der Troposphäre?	181
7.1.1	Änderungen des troposphärischen Strahlstromes	182
7.1.2	Änderungen der Temperatur und tropischer Vertikalbewegungen	184
7.1.3	Änderungen des Niederschlages und der Bewölkung	187

7.1.4	Änderungen am Erdboden	190
7.2	Diskussion der Ergebnisse	192
8	Zusammenfassung	193
8.1	Ausblick	198
	Literaturverzeichnis	198
	Abkürzungsverzeichnis	219
A		221
A.1	Elektromagnetische Strahlung	221
A.2	Schwarzer Körper	223
A.3	Strahlungsgesetze	224
	Lebenslauf	227
	Danksagung	229