

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung und Ziele 18

2 Grundeigenschaften des Wassers und deren Bedeutung für die Dynamik des Wasserkreislaufs 22

2.1 Molekulare Struktur des Wassers 22

2.2 Dichte und Wärmespeicherkapazität 23

2.3 Energieumsatz bei Änderungen des Aggregatzustandes 24

2.4 Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft 25

2.5 Lösungsfähigkeit von Gasen 26

2.6 Folgerungen 27

3 Quantitative Abschätzung der Komponenten des globalen Wasserkreislaufs 29

3.1 Komponenten des Wasserkreislaufs in der Alltagserfahrung 29

3.2 Quantitative Abschätzung der Komponenten des globalen Wasserkreislaufs 29

3.3 Vereinfachte Wasserhaushaltsgleichung 31

4 Raum-zeitliche Analyse der globalen Niederschlagshöhen 33

4.1 Abschätzungen der globalen Niederschlagssummen 33

4.2 Abschätzung des Flächenniederschlags aus Punktmessungen 35

4.3 Niederschlagsschätzung für Ozeangebiete mittels satellitengestützter Sensoren 36 .

4.4 Verknüpfung von Gaugen- und satellitengestützten Mikrowellen-Sondenmessungen 39 .

4.5 Zeitreihen der globalen, hemisphärischen und zonal gemittelten jährlichen Niederschlagssummen 41

4.6 Zusammenhang zwischen den globalen Temperaturen und den globalen Niederschlagssummen im Zeitraum 1900-1992 44

4.7 Zeitliche Änderung der Flächengröße extrem feuchter und trockener Regionen im Zeitraum 1900-1990 46

4.8 Flutkatastrophen im Einflußbereich des indischen Monsuns 47

4.9 Die globale Verteilung des Niederschlags 50

5 Raum-zeitliche Analyse der globalen Verdunstungsprozesse.. 54

5.1 Verdunstung und atmosphärischer Wasserdampf 54

5.2 Probleme bei der Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evapotranspiration. 55

5.3 Evapotranspirationsabschätzung anhand eines einfachen Energiebilanzmodells 57

5.4 Bestimmung der monatlichen Evapotranspiration auf der Grundlage der atmosphärisch-terrestrischen Wasserbilanz 58

5.5 Jahresgang der Verdunstung für die Ozean- und Landflächen 62

5.6 Die globale Verteilung der Verdunstung und der Wasserdampftransporte 64

5.7 Die globale Verteilung der Umlaufzeiten sowie des aus lokaler Verdunstung gespeisten Niederschlags. 68

5.8 Reduktion der lokalen Verdunstung bei Entwaldung 71

5.9 Niederschlagsänderung im Sahel als Folge der Entwaldung der Guineaküstenregion 73

5.10 Einfluß der Desertifikation auf die Niederschlagsänderungen im Sahel 76

5.11 Zusammenhang zwischen den Niederschlagsanomalien im Sahel und den nord- und südhemisphärischen Ozeantemperaturanomalien 78

5.12 Dehnt sich die Sahara infolge der Desertifikation in den Sahel aus ? 79

5.13 Unterschiede zwischen dem Klima eines Wald- und Wüstenplaneten nach Modellrechnungen 87

5.14 Klimaänderungen beim Übergang von einem Wasser- in einen Wüstenplaneten...88

5.15 Folgerungen aus den Modellrechnungen 93

5.16 Die globale Verdunstung und die globale Nettoprimärproduktion 94

6 Abfluß und Grundwasser 96

6.1 Zur Bestimmung des globalen Abflusses 96

6.2 Ungleichmäßige Verteilung der globalen Wasserressourcen 99

6.3 Berechnung des vom Menschen nachhaltig nutzbaren Anteils am globalen Abfluß 102

6.4 Oberflächenabfluß und Grundwasserbildung 104

- 6.5 Fließgleichgewichtszustand zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluß ...105
- 6.6 Grundwasserabsenkung 107
- 6.7 Abfluß und Bodenversiegelung 108
- 6.8 Grenzen und Möglichkeiten der Meerwasserentsalzung 111
- 6.9 Grundwasser der Tiefenschichten 113
- 6.10 Gebirgsgletscher, Wasserlieferanten der Zukunft ? 114
- 6.11 Wasserverbrauch und Einsparpotentiale 116
- 6.12 Prognostizierter Wasserverbrauch in Beziehung zum Wasserangebot 121
- 6.13 Probleme der grenzüberschreitenden Wasserzufuhr, Lösungsansätze und Konflikte 124
- 6.14 Räumliche Verteilung des Quotienten aus dem regionalen nachhaltigen Wasserangebot und dem regionalen Wasserbedarf in Gegenwart und Zukunft 126

7 Beziehungen zwischen dem Wasserkreislauf und dem Energiehaushalt des Klimasystems 132

- 7.1 Die mittlere jährliche Strahlungsbilanz des Systems Erde-Atmosphäre 132
- 7.2 Der natürliche Treibhauseffekt ...134
- 7.3 Zusammenhang zwischen den globalen Wasserdampf- und Temperaturanomalien 136
- 7.4 Ist der anthropogene Treibhauseffekt real ? 137
- 7.5 Bedeutung der latenten Wärme für die globalen Energietransporte 141
- 7.6 Einfluß des Wolkenwassers und der Tröpfchengröße auf den Energiehaushalt der Atmosphäre 144
- 7.7 Auswirkungen anthropogener Aerosole auf den Wasserkreislauf 146
- 7.8 Intensivierung: von Niederschlagsprozessen durch langwellige Ausstrahlung 150
- 7.9 Beziehungen zwischen dem Wasserkreislauf und den bodennahen Temperaturen 153
- 7.10 Zeitliche Fluktuationen der Umlaufzeiten des globalen Wasserkreislaufs 156
- 7.11 Zusammenhänge zwischen dem globalen Wasserkreislauf und Änderungen des Kohlendioxidgehaltes der Atmosphäre 158

8 Schluß 162

9 Literaturverzeichnis zum Wasserkreislauf 168