

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1-1
2.	Problemstellung & Zielsetzung	2-1
3.	Klima & Umwelt	3-1
3.1	Begriffsbestimmungen	3-1
3.2	Klimasystem	3-1
3.2.1	Natürliche Klimaschwankungen	3-2
3.2.2	Natürlicher und anthropogen verstärkter Treibhauseffekt	3-5
3.2.3	Treibhausgase	3-6
3.2.4	Aerosole	3-7
3.2.5	Rückkopplungen	3-8
3.3	Klimamodelle	3-9
3.3.1	Problematik von Modellvorhersagen	3-10
3.3.2	Klimavorhersagen verschiedener globaler Modelle	3-11
3.3.3	Probleme von Klimamodellen	3-12
3.4	Klimaänderung in Szenarien	3-14
3.4.1	Wie entstehen Klimaszenarien?	3-14
3.4.2	IPCC Emissionsszenarien	3-15
4.	Beschreibung des Einzugsgebiets	4-1
4.1	Wahl des Einzugsgebiets	4-1
4.2	Eigenschaften des Einzugsgebiets	4-1
4.2.1	Allgemeine Bemerkungen	4-1
4.2.2	Topographie	4-2
4.2.3	Geologie und Bodentypen	4-5
4.2.4	Vegetation	4-7
4.2.5	Landnutzung	4-7
4.2.6	Sozio-ökonomische Struktur	4-8
4.3	Klima	4-8
4.3.1	Beobachtungsnetz	4-9
4.3.2	Temperatur	4-9
4.3.3	Niederschlag	4-11
4.3.4	Schnee	4-13

4.3.5	Gewitter.....	4-13
4.3.6	Verdunstung	4-17
4.4	Hydrologie	4-17
4.4.1	Flussnetzwerk und Einzugsgebietsgrenzen	4-17
4.4.2	Abflussdaten	4-17
4.4.3	Monatliche und jährliche Wasserbilanzen.....	4-17
4.4.4	Extremwerte	4-21
4.4.5	Mittlerer Abfluss und Saisonalität	4-23
5.	Methodik	5-1
5.1	Upscaling	5-4
5.2	Downscaling	5-4
5.2.1	Downscaling mit Hilfe von Wetterlagen (CP-Typen).....	5-5
5.2.2	Downscaling mit Hilfe von Luftmassenbewegungen	5-16
5.3	Objektive Qualitätsindikatoren.....	5-18
5.3.1	Niederschlag.....	5-18
5.3.2	Temperatur	5-19
5.4	Niederschlags-Abflussmodell P2R	5-19
5.4.1	Einleitung	5-19
5.4.2	Allgemeines.....	5-19
5.4.3	Modellbeschreibung.....	5-21
5.4.4	Schneesmelzmodell	5-24
5.4.5	Bodenmodell.....	5-36
5.4.6	Modellkalibrierung	5-42
5.5	Verdunstungsmodell.....	5-44
5.5.1	Einleitung	5-44
5.5.2	Allgemeines.....	5-44
5.5.3	Modellbeschreibung.....	5-53
5.6	Multi-Parameter Simulation	5-55
5.6.1	Allgemeines.....	5-55
5.6.2	Beschreibung des Verfahrens	5-56

6.	Kalibrierung und Validierung der Modelle	6-1
6.1	Großräumige Druckverteilungen	6-1
6.1.1	Historische Datenbasis	6-1
6.1.2	Datengrundlage für die Szenarien einer Klimaveränderung.....	6-1
6.1.3	Klassifizierung der großräumigen Druckverteilungen	6-1
6.2	Kalibrierung des auf fuzzy-Regeln basierenden Downscalingverfahrens	6-2
6.2.1	Klassifizierung von Großwetterlagen mit fuzzy-Regeln	6-2
6.2.2	Charakteristiken der Großwetterlagen	6-2
6.2.3	Statistische Analyse der Beobachtungen und der Simulationsergebnisse.....	6-4
6.2.4	Unsicherheiten	6-9
6.3	Kalibrierung und Validierung des Downscalingmodells basierend auf Luftmassenbewegung.....	6-9
6.3.1	Güte des Modells	6-10
6.3.2	Luftmassenbewegung (AMM).....	6-10
6.3.3	Vergleich zwischen beobachteten und simulierten Häufigkeiten von Druckhöhe, regionaler Windgeschwindigkeit und Windrichtung	6-10
6.3.4	Statistischer Vergleich zwischen beobachteten und simulierten Temperatur- und Niederschlagsdaten	6-10
6.3.5	Unsicherheiten	6-11
6.4	Vergleich der verwendeten Downscalingverfahren	6-11
6.5	Kalibrierung des Verdunstungsmodells	6-12
6.6	Kalibrierung des hydrologischen Modells.....	6-14
6.6.1	Kalibrierung und Validierung.....	6-14
6.6.2	Statistische Analyse der Kalibrierung des N/A-Modells.....	6-15
6.6.3	Unsicherheiten	6-20
7.	Auswirkungen einer möglichen Klimaänderung (2*CO ₂ -Szenario)	7-1
7.1	Auswirkungen von Klimaänderung auf die Hydrometeorologie (Niederschlag, Temperatur)	7-1
7.1.1	Downscaling mittels Großwetterlagen	7-1
7.1.2	Downscaling mittels Luftmassenbewegung (AMM)	7-13
7.1.3	Vergleich der Ergebnisse der beiden Downscalingverfahren.....	7-17
7.2	Auswirkungen auf die Hydrologie des Einzugsgebiets.....	7-21
7.2.1	Mittlerer Jahresabfluss	7-22
7.2.2	Saisonalität des Abflusses	7-25
7.2.3	Verdunstung	7-28
7.2.4	Bodenwasserhaushalt	7-30

7.2.5	Saisonale Wasserbilanzen	7-33
7.2.6	Extremwerte	7-38
7.2.7	Unsicherheiten in den Ergebnissen	7-43
7.3	Sozio-Ökonomische Folgeabschätzungen	7-43
7.3.1	Wasserkrafterzeugung	7-44
7.3.2	Fremdenverkehr	7-45
7.3.3	Naturereignisse	7-46
8.	Zusammenfassung & Schlussfolgerungen	8-1
9.	Literatur	9-1