

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

	Mögliche direkte Auswirkungen des Klimawandels	Potentielle Folgen für Wassermenge und Wassergüte	Handlungsfelder	Maßnahmen des LAWA-Katalogs zur Anpassung an den Klimawandel
1		<b>Oberirdischer Abfluss</b>		
1.1	Höhere sommerliche Lufttemperaturen, Abnahme Sommerniederschläge	Zunahme von Dauer und Intensität von Niedrigwasser: Durch häufig länger andauernde Trockenperioden können niedrigere mittlere monatliche Abflüsse bzw. niedrigere Niedrigwasserabflüsse auftreten. Das kann zu Trockenfallen von Uferbereichen, Bildung von Sandbänken, Austrocknen der Gewässer und stärkerer Erosion von Ufern sowie zu Sauerstoffmangel im Gewässer führen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abschätzung der Veränderungen Vorsorgemaßnahmen</li> <li>• Maßnahmen zum Management, i.W. Verbesserung der Durchgängigkeit und der Gewässermorphologie</li> <li>• Erhöhung des Wasserrückhaltes in der Fläche</li> <li>• Reduzierung der Wärmebelastung</li> <li>• Adaptives Talsperrenmanagement</li> </ul>	17 Wärmeeinleitungen 45-53 Reduzierung der Wasserentnahmen 61-65 z.B. Maßnahmen zur Verbesserung des Mindestabflusses, zur Wiederherstellung des gewässertypischen Abflussverhaltens und zur Förderung des natürlichen Rückhalts.
1.2	Größere Variabilität der N-Ereignisse, häufigere und intensivere Extremereignisse	Zunahme der Häufigkeit von Hochwasser: Höhere, länger andauernde Abflüsse können nicht nur zu großen Katastrophen sondern vermehrt zu kleineren und mittleren Überschwemmungen führen. Diese treten häufig nur regional auf.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regionale Untersuchungen</li> <li>• Überprüfung der Planungen und Konzeptionen</li> <li>• Mögliche Maßnahmen sind natürlicher Rückhalt, Hochwasservorsorge, technischer Hochwasserschutz, Adaptives Talsperrenmanagement</li> </ul>	65 Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Rückhalts 67-70 Durchgängigkeit 71-79 Verbesserung der Gewässerstruktur

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

2		<b>Grundwasser (Menge)</b>		
2.1	Zunahme Winter-Niederschläge	Erhöhung der GW-Neubildung in den Wintermonaten und Zunahme der Vernässungsgefahr in Bereichen mit geringen Flurabständen: Abhängig von den regionalspezifisch unterschiedlich starken Niederschlägen, den Bodenverhältnissen und den weiteren Einflüssen wie der Flächenversiegelung können regionale Unterschiede auftreten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainage landwirtschaftlicher Flächen</li> <li>• Schutz von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen vor grundwasserbedingten Vernässungen</li> <li>• Waldumbau</li> </ul>	
2.2	Abnahme Sommer-Niederschläge	Abnahme der GW-Neubildung in den Sommermonaten und fallende Grundwasserstände: Dadurch können sinkende GW-Stände resultieren, die weiterhin durch die Verlängerung der Vegetationsperiode mit Mehrbedarf an Bewässerungs- und Tränkwasser für die Landwirtschaft und einer potentiell erhöhten Speisung der Oberflächengewässer aus dem Grundwasser in Trockenzeiten verstärkt werden können.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung (z.B. Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung bei der Erteilung von lange geltenden Wasserrechten &gt; 10 Jahre)</li> <li>• Festlegung von Entnahmoptionen</li> <li>• spezifische Anpassungsmaßnahmen bei Betreibern von Wasserversorgungsanlagen (Wasserverbundsysteme, gesteuerte Infiltrationen, Grundwasseranreicherung, Maßnahmen der rationellen Wasserverwendung in allen Verbrauchssektoren (Haushalt, Dienstleistung, Industrie etc.)</li> <li>• Auswahl und Monitoring von geeigneten Indikatorparametern im Roh- und Trinkwasser</li> <li>• Optimierung der landwirtschaftlichen Bewässerung (z.B. Einführung der</li> </ul>	<p>43 Trinkwasserversorgung</p> <p>54-60 Wasserentnahmen</p> <p>57 Reduzierung der Wasserentnahme für die Landwirtschaft</p> <p>59 Grundwasseranreicherung</p>

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

			<p>Tröpfchenbewässerung oder Bewässerung mit gereinigtem Abwasser)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung aller landwirtschaftlichen Wasserentnahmen in den Grundwasserkörpern</li> </ul>	
3		<b>Beschaffenheit der Oberflächengewässer</b>		
3.1	Häufigere und intensivere Starkniederschläge	<p>Steigender Eintrag von Nähr- und Schadstoffen: Diese können aus landwirtschaftlichen Flächen, durch Überlastung der Mischwasserkanalisation oder durch häufigere Hochwasser hervorgerufen werden. Eine potentielle Verlängerung der Vegetationsperiode begünstigt diese Vorgänge.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassungsstrategien der landwirtschaftlichen Flächennutzung</li> <li>entwässerungstechnische Strategien in der Abwasserwirtschaft (ausreichende Überflutungssicherheiten schaffen...)</li> </ul>	<p>16-22 Reduzierung punktueller Stoffeinträge</p> <p>24-37, 100 Reduzierung diffuser Einträge, Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung</p> <p>88-90 Fischerei</p>
3.2	Höhere Lufttemperaturen, mehr Sonneneinstrahlung	<p>Höhere Wassertemperaturen und weniger gelöster Sauerstoff im Gewässer: Dies beeinflusst die Umsetzungsprozesse. Durch geringeren Wasserstand kann sich auch die Fließgeschwindigkeit verringern. Insgesamt kann dadurch die aquatische Lebensgemeinschaft belastet werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variierende hydromorphologische Strukturen als Rückzugsmöglichkeiten</li> <li>Durchgängigkeit von Fließgewässern</li> <li>Erhaltung und Wiederherstellung naturnaher Infrastrukturen</li> <li>Erreichen eines guten ökologischen Zustands</li> </ul>	<p>92-96 Reduzierung weiterer Belastungen</p>
3.3	Höhere Lufttemperaturen, mehr Sonneneinstrahlung	<p>Veränderung der thermischen Schichtung in Seen: Das Nährstoffangebot und die Wasserqualität können beeinflusst werden, ggf. können daraus Tendenzen zur Verlandung resultieren. Die Probleme mit Blaualgen könnten sich verstärken. An Badeseen könnten erhöhte (Fäkal-)Keimbelastung auftreten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhalt der aquatischen Lebensgemeinschaft</li> </ul>	<p>66 Verbesserung des Wasserhaushaltes</p> <p>80 Morphologie</p> <p>86 Hydromorphologie</p>

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

4		<b>Grundwasserbeschaffenheit</b>		
4.1	Höhere Lufttemperaturen, Veränderung der Niederschläge	<p>Erhöhte Nährstoffverlagerung aus der Bodenzone: Entscheidende Faktoren dafür sind die verstärkte Auswaschung im Winter oder verringerte Aufnahme durch die Pflanzen aufgrund des verminderten Wachstums in Trockenzeiten. Das kann auch zu einer erhöhten Auswaschung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlichen Flächen im Winter oder der Auswaschung aus Bauwerken führen.</p> <p>Erhöhter Eintrag von wassergetragenen Krankheitserregern in Trinkwasserressourcen nach Hochwasser- und Starkregenereignissen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungsstrategien der landwirtschaftlichen Flächennutzung</li> <li>• angepasste Bauausführung</li> <li>• erhöhter FE-Bedarf zur Modellierung von Auswirkungen des Klimawandels auf Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (Änderung der N-Mineralisation und Sickerwassermenge)</li> </ul>	<p>38-42, 44 Reduzierung diffuser Belastungen</p> <p>99 Reduzierung sonstiger Belastungen</p>
4.2	Höhere Lufttemperaturen	<p>Änderung der Grundwasserströmung im Bereich der Küsten:</p> <p>Der Meeresspiegelanstieg kann zu einem veränderten Gradienten zwischen Küstengewässern und Grundwasser führen. Dadurch kann es zu einer fortschreitenden Versalzung des Grundwassers in Küstenbereichen kommen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungsstrategien der landwirtschaftlichen Flächennutzung</li> <li>• spezifische Anpassungsmaßnahmen beim Betreiber von Wasserversorgungsanlagen (Wasserverbundsysteme, Vertiefung von Brunnen...)</li> </ul>	<p>97 Maßnahmen zur Reduzierung von Salzwasserintrusionen</p>

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

5		<b>Küstengewässer/ Meeresökologie</b>		
5.1	Höhere Lufttemperaturen, zunehmende Verdunstung	Beschleunigter Anstieg des Meeresspiegels: Ursachen sind das verstärkte Abschmelzen der Landeismassen und die thermische Ausdehnung der oberen Wasserschichten. Dadurch kann es zu höheren Sturmflutwasserständen und Belastungen der Küsten und Küstenschutzanlagen kommen. Eine Verschiebung der Brackwassergrenzen mit Versalzung der Bewässerungs- und Tränkewasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandbreiten der Auswirkungen ermitteln</li> <li>• Klimazuschlag für die Deichbemessung sowie konstruktives Vorsorgemaß für technische Bauwerke vorsehen</li> <li>• Überprüfung und ggf. Anpassung der vorhandenen Strategien und Planungen</li> </ul>	81-85, 87 Reduzierung von Belastungen 91 Fischerei
		können die Folgen sein.		
5.2	höherer CO2-Eintrag	Versauerung der Meere: Die Kalkbildung kann behindert werden mit potentiellen Auswirkungen auf marine Ökosysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung der internationalen Meeresschutzvorschriften</li> </ul>	
5.3	Höhere Lufttemperaturen	Erwärmung der Meere: Dadurch kann es zu einer Veränderung der Zusammensetzung derzeitiger Lebensgemeinschaften kommen.		

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

6		<b>Wasserwirtschaftliche Anlagen</b>		
6.1	Zunahme der Starkniederschlagsereignisse	Siedlungswasserwirtschaft: Überlastung von Entwässerungsanlagen, Beanspruchung der Entwässerungseinrichtungen, Gebäuden, Verkehrsinfrastruktur (z.B. Straßen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Nutzung der Stauräume</li> <li>• Maßnahmen zur schadlosen Abführung des Abwassers</li> <li>• Notfallstrategien</li> <li>• Nachhaltige dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser</li> </ul>	1-15 Kläranlagen 10-12 Misch- und Niederschlagswasser
6.2	Höhere Lufttemperaturen, Abnahme Sommerniederschläge	Kühlwasser: Kühlwasser für Anlagen steht nicht mehr ausreichend zur Verfügung, Kühlwassereinleitungen in Gewässer sind nicht mehr in gewünschtem Umfang möglich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternative, abflussunabhängige Kühleinrichtungen</li> <li>• Kompensation phasenweise verringerter Kühlleistungen</li> <li>• Anpassungen der Wärmelastpläne</li> </ul>	17 Wärmeeinleitungen
6.3	Änderungen in Niederschlag und Lufttemperatur	Schifffahrt: Verändertes Abflussregime kann die Binnenschifffahrt beeinflussen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungsmaßnahmen (Mehr Unterhaltung, Investitionen in die Infrastruktur, Verbesserung der Wasserbewirtschaftung)</li> </ul>	

## Anhang A5.1: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer

Ziel	Maßnahme	Auswirkungen auf die Gewässer	
Klimaschutz durch Förderung erneuerbarer Energien	Erneuerbare-Energien-Gesetz führt zu mehr Biogasanlagen auf der Basis von Energiepflanzen, Wirtschaftsdüngern und Bioabfällen. Die Quotenregelung steuert den Markt zur Produktion von Biokraftstoffen aus Biomasse (z.B. erhöhter Rapsanbau für Biodiesel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderung der Landnutzung: Durch gezielten Anbau nachwachsender Rohstoffe, insbes. Mais, werden höhere Nitratgehalte im Grundwasser erwartet</li> <li>• Flächenkonkurrenz</li> <li>• unbeabsichtigte Gewässerunreinigungen (mit zum Teil extremen Sauerstoffdefiziten)</li> </ul>	<p>27-32 Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge aus der Landwirtschaft</p> <p>Ermittlung der Auswirkungen des Anbaus von Nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) auf die regionalen N-Bilanzen und N-Bilanzüberschüsse</p>
	Mehr Wasserkraftnutzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beeinträchtigung der aquatischen Lebensräume im Gewässer</li> <li>• in Rückstaubereichen der WKA ist keine Entwicklung des guten ökologischen Zustands möglich und somit immer Zielverfehlung WRRL</li> </ul>	
	Geothermische Anlagen	Gefahr der Beeinträchtigung des Grundwassers durch unsachgemäß ausgeführte Geothermie-Anlagen (z.B. durch unerwünschte hydraulische Verbindung von Grundwasserstockwerken)	