2 Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen

Unter der Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen wird die Verletzbarkeit der Region Westsachsen gegenüber einer Zunahme der Jahresmitteltemperatur und einer zunehmenden Anzahl an Hitzetagen (mit > 30 °C) verstanden. Die Vulnerabilität ergibt sich zum einen aus dem Grad der Temperaturerhöhung und der Zunahme von Hitzeperioden (Exposition), zum anderen aus der Sensitivität der Region unter Berücksichtigung ihrer Anpassungskapazität. Schwerpunktmäßig stehen im Folgenden die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf die menschliche Gesundheit im Vordergrund und damit die sozioökonomische Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen.

2.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

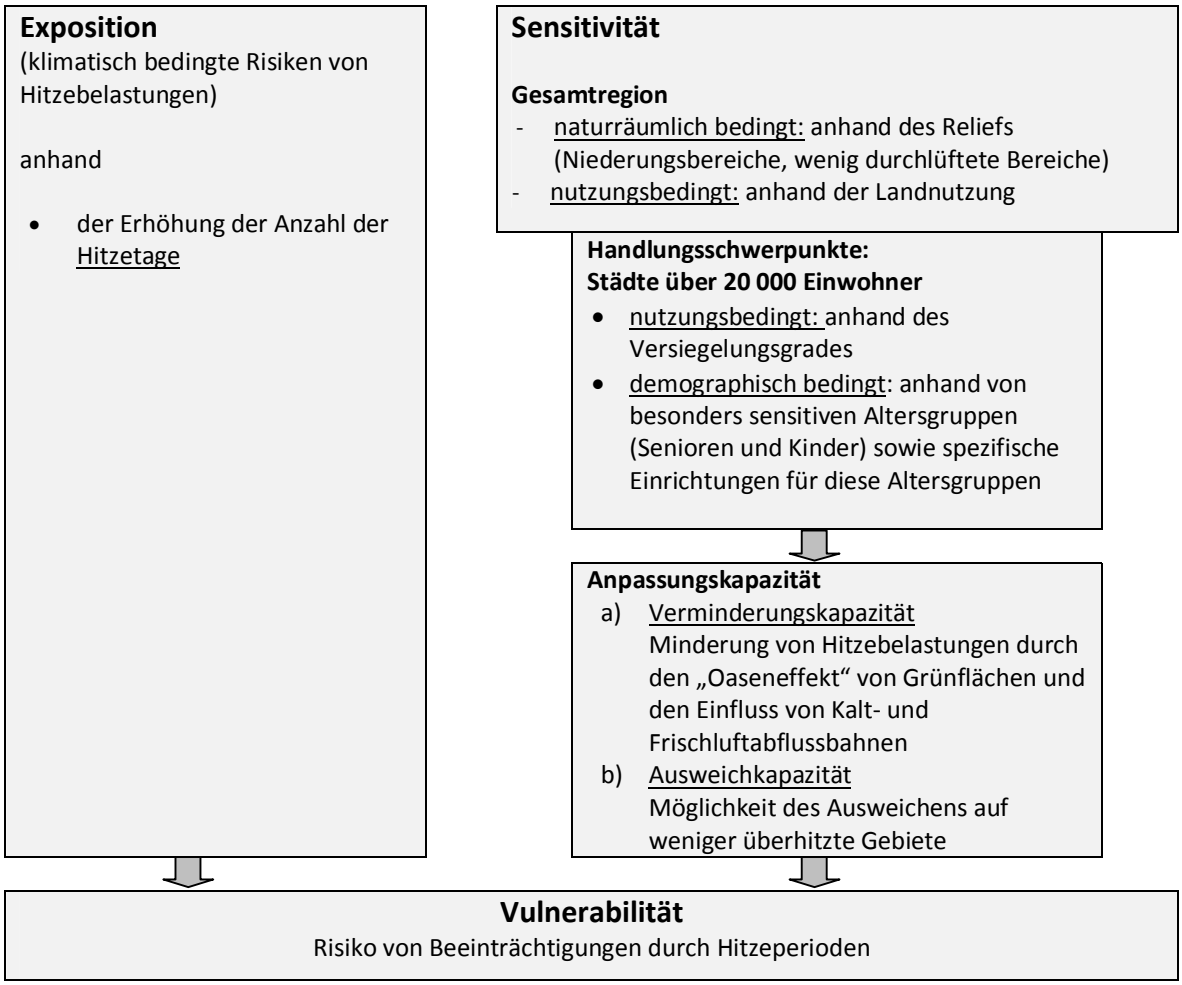

Abbildung 2-1: Überblick über den methodischen Ansatz

2.2 Exposition

Um die klimatisch bedingten Risiken von Hitzebelastungen in der Region einzubeziehen, wurde die Anzahl der **Hitzetage** (Tage mit über 30 °C) als Indikator verwendet. Die Hitzetage wurden auf Basis der Daten des PIK (2010) ermittelt. Ihre Anzahl schwankt im Prognosezeitraum 2051 bis 2060 von 9 Hitzetagen im Süden der Region bis zu 21 Hitzetagen z. B. in der Elbaue. Die Anzahl der Hitzetage wird sich demzufolge voraussichtlich gegenüber der Klimanormalperiode 1961-90 mehr als verdoppeln. Erläuterungen zur methodischen Herangehensweise der Ermittlung der Hitzetage und eine Übersichtsdarstellung der Anzahl der Hitzetage in der Region finden sich im Kapitel 1.4.2 und Karte 2_1. Der mögliche Indikator „Tropennächte“ ließ sich für die gesamte Region nicht in einem praktikablen Zeitumfang auswerten. Stichprobenhafte Überprüfungen brachten jedoch das Ergebnis, dass der Indikator „Hitzetage“ stark hitzebelastete Gebiete verlässlich abbildet.

2.3 Sensitivität, Anpassungskapazität und Vulnerabilität in der Gesamtregion

In der Bearbeitung wurde zunächst flächendeckend die Gesamtregion betrachtet.

2.3.1 Sensitivität

Die beschriebene voraussichtliche Zunahme an Hitzetagen muss nicht zwangsläufig zu gesundheitlichen Belastungen und Beeinträchtigungen der Bevölkerung der Region führen. Ob Hitze als Belastung empfunden wird und negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit hat, ist vielmehr von weiteren Faktoren abhängig. So kann dieselbe Lufttemperatur in gut durchlüfteten Gebieten weniger belastend als in Niederungen oder topographischen Senken empfunden werden, in denen ein verminderter Luftaustausch stattfindet (**naturräumlich bedingte Sensitivität**). Wälder sind für ihr ausgeglichenes Bioklima bekannt und können Hitzebelastungen vermindern, während Versiegelungen zu einer weiteren Aufheizung führen, so dass Städte je nach Bebauungsdichten nach KUTTLER (1998) bis zu 10 Kelvin höhere Lufttemperaturen aufweisen können als ihr Umland (**nutzungsbedingte Sensitivität**).
Beide Aspekte – die **naturräumliche** und die **nutzungsbedingte** Sensitivität – wurden deshalb für die Region analysiert.

Für die Abgrenzung der Niederungen wurde auf den Fachbeitrag zum Landschaftsrahmenplan Region Westsachsen (RPV 2007) zurückgegriffen. Zur Einstufung des Versiegelungsgrades und der damit zusammenhängenden bioklimatischen Bedeutung wurde nutzungsbedingt eine Differenzierung wie in Tabelle 2-1 vorgenommen.

Tabelle 2-1: Versiegelungsgrad nach MOSIMANN (1999) auf Basis der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005)

hoher Versiegelungsgrad (> 70 % Versiegelung)	mittlerer Versiegelungsgrad (70 bis 50 % Versiegelung)
bebaute Flächen und Straßen: • Gewerbegebiet/technische Infrastruktur • Verkehrsflächen (außer linienförmige Bahnanlagen) anthropogen genutzte Sonderflächen: • Lagerflächen • Ablassstelle, Güllebecken, Spülbecken Wohngebiet: • Blockrand • Hochhäuser in Blockrandform Mischgebiet: • historische Altstadt • städtisches Mischgebiet und sonstige städtische Mischgebiete Grün- und Freiflächen: • Fußballstadion	Wohngebiet: • Punktbebauung (Hochhäuser) • lockere und zeilenartige Hochhausbebauung • Zeilenbebauung • städtisch geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • dörfliches Mischgebiet
	geringer Versiegelungsgrad (< 50 bis ca. 25 % Versiegelung)
	• Bauwerke an Gewässern • linienförmige, unverbaute Bahnanlagen Grün- und Freiflächen: • Feriensiedlung • Freizeitparks (intensiv genutzte Flächen) Wohngebiet: • Burg, Schloss, Kloster, Gut • Einzel- und Reihenhaussiedlung • Einzelanwesen, Landgasthof • bäuerliche Hofstandort, Einzelgehöft, Aussiedlerhof, Landgasthof • Villenbebauung (mit parkartigen Gärten) • ländlich geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • Ruine

2.3.2 Anpassungskapazität

Regional bedeutsame Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete wurden aus dem Fachbeitrag zum Landschaftsrahmenplan Region Westsachsen (RPV 2007) übernommen und gemeinsam mit den zugehörigen **Kalt- und Frischluftabflussbahnen** berücksichtigt – sie können eine entlastende Wirkung für hitzebelastete Gebiete entfalten. Der Erhalt und der Ausbau der Funktionsfähigkeit der regional bedeutsamen Kalt- und Frischluftabflussbahnen stellt insofern eine sinnvolle Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel dar.

Darüber hinaus wurden aufgrund ihrer tagsüber kühlenden Wirkung sämtliche, nach Auswertung der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005) identifizierte Wasser- und Gehölzflächen ab einer Größe von einem Hektar als **„Oasen“** berücksichtigt – unabhängig von Kalt- und Frischluftabflussbahnen. Angenommen wird, dass der von diesen Elementen ausstrahlende „Oaseneffekt“ bis zu 100 m in die umgebenden Flächen reicht. Die angenommene Reichweite der Oasenwirkung von 100 m stellt dabei eine maßstabsbedingte Abstraktion auf regionaler Ebene dar, im konkreten Einzelfall kann die Oasenwirkung auch weiter reichen. In Städten ist eine klimatische Ausgleichswirkung von Grünflächen in Abhängigkeit von der Größe und Lage der Grünfläche, den Windverhältnissen und der umgebenden Nutzung in einer Reichweite von 50 bis zu 400 m, maximal 1300 m nachgewiesen (STÜLPNAGEL 1987 in KUTTLER 1998). Im unbebauten Raum ist die reelle Reichweite wiederum vom Relief, der Größe und Lage der „Oasen“ und der Windverhältnisse abhängig.

2.3.3 Vulnerabilität (Vorstufe)

Mit der folgenden Verschneidungsmatrix wurden die Daten der Klimaveränderung mit der naturräumlichen und nutzungsbedingten Aufheizung bzw. Abkühlungswirkung verknüpft. Deutlich wird, dass besonders hoch versiegelte Siedlungsflächen einem sehr hohen Risiko von Hitzebelastungen ausgesetzt sind und als besonders vulnerabel gelten können. Bei den restlichen Flächen nimmt nach dem gestuften Matrixsystem das Risiko entsprechend ab.

Tabelle 2-2: Verschneidungsmatrix zur Ermittlung des Überhitzungsrisikos bzw. des Risikos von Hitzebelastungen

nutzungsbedingte Aufheizung / Anzahl Hitzetage	hoch	mittel	gering	vorhanden		ausgleichende Wirkung
	Siedlungen in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad (vgl. Tabelle 2-1)			restliche Bebauung (< 25 % Versiegelung)	Acker-, Grün- & Restflächen	Wasser- und Gehölzflächen (> 1 ha) & deren Wirkraum
17	sehr hoch	sehr hoch	hoch	hoch	vorhanden	Oaseneffekt
16	sehr hoch	hoch	hoch	vorhanden	vorhanden	Oaseneffekt
15	hoch	hoch	vorhanden	vorhanden	nicht erheblich	Oaseneffekt
14	hoch	vorhanden	vorhanden	nicht erheblich	nicht erheblich	Oaseneffekt
13	vorhanden	vorhanden	nicht erheblich	nicht erheblich	nicht erheblich	Oaseneffekt

Darüber hinaus wurden Autobahnen sowie Bundes- und Staatsstraßen mit ihrem klima- und immissionsökologischen Belastungsbereich (Straßeneinfluss) berücksichtigt, der von 400 m (Autobahnen) bis zu 100 m (Bundes- und Staatsstraßen) reicht. Vergleichbare Distanzen werden bei Beeinträchtigungen von Arten, Biotopen und Biotopkomplexen durch Lärm, Schadstoffeintrag und Veränderung der Standortbedingungen angegeben (BORKENHAGEN, MÜLLER-PFANNENSTIEL, LÜCHTEMEIER 2000).

Die ermittelte Vulnerabilität stellt eine Vorstufe im regionalen Maßstab dar, die im Folgenden für ausgewählte Städte u. a. anhand demographischer Werte weiter differenziert wird.

Ergebnis

Die Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen fällt am gravierendsten in den urbanen Räumen Westsachsens, allen voran im Verdichtungsraum Leipzig aus (vgl. Abbildung 2-2). Neben Leipzig finden sich vulnerable Bereiche in den Städten im Nordteil der Region, welche durch stärkere Temperaturzunahmen und die Zunahme an Hitzetagen besonders betroffen sind und zugleich nur über wenige „Oasen“ verfügen. Für eine vertiefende Betrachtung wurden alle Zentralen Orte ausgewählt, die eine sehr hohe Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen aufweisen. Hierzu zählen im Verdichtungsraum die Städte Leipzig, Markkleeberg, Schkeuditz und Taucha sowie des Weiteren die Städte Delitzsch, Eilenburg, Bad Düben, Dommitzsch und Torgau. Es handelt sich um Räume mit einem besonderen Handlungsbedarf.

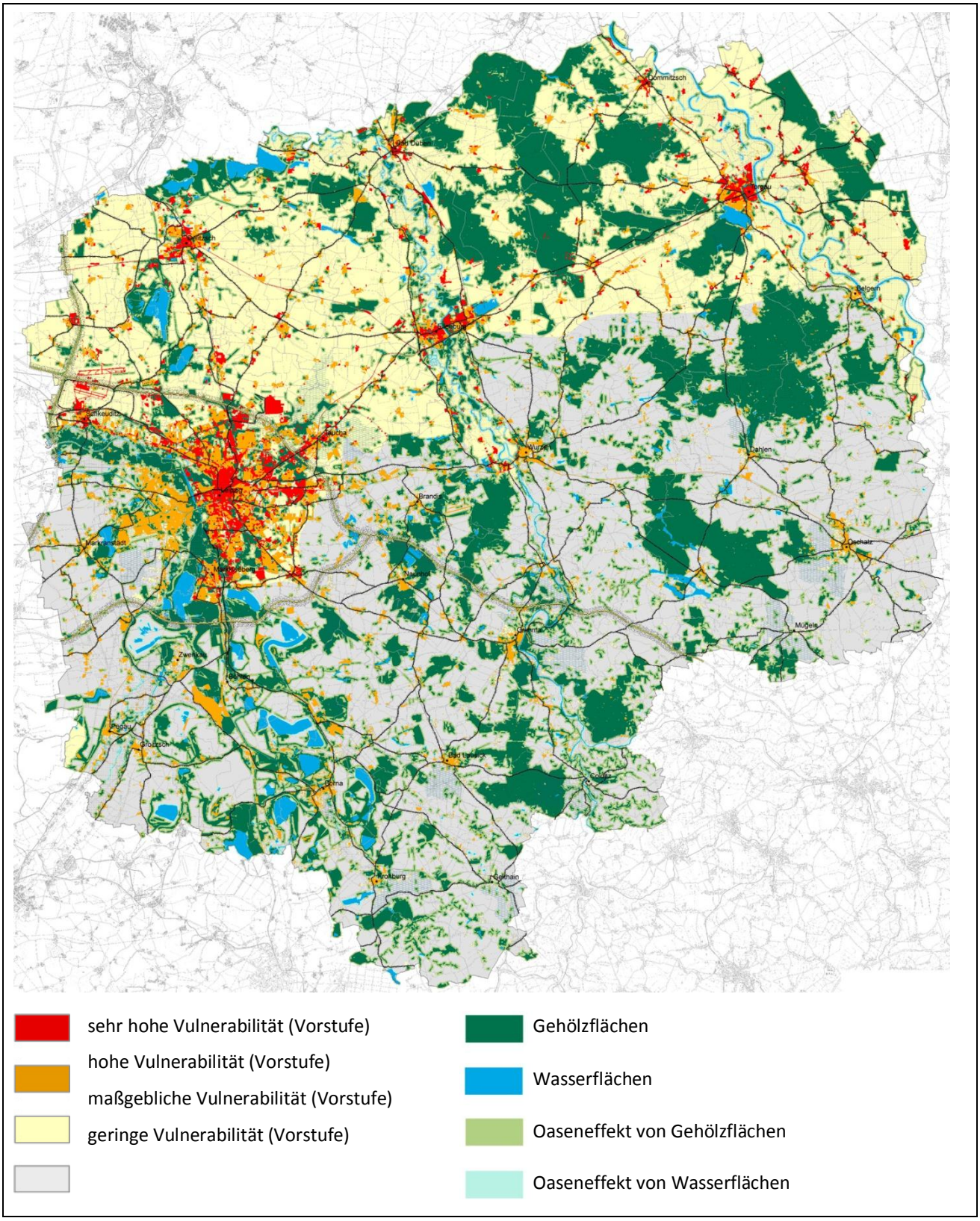

Abbildung 2-2: Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in der Region Westsachsen (vgl. Karte 2_1)

2.4 Sensitivität, Anpassungskapazität und Vulnerabilität in ausgewählten potentiellen Belastungsräumen

Für eine vertiefende Analyse wurden urbane Räume, die in der Gesamtbetrachtung der Region eine sehr hohe Vulnerabilität zeigen und die Kategorie eines „zentralen Ortes“ (RPV 2008) erfüllen, als potentielle Belastungsräume differenzierter betrachtet. Für diese Räume wird eine deutliche Veränderung des Stadtklimas gegenüber dem Umland und dementsprechende Auswirkungen auf sensible Bevölkerungsgruppen angenommen. Tabelle 2-3 fasst Merkmale des Stadtklimas zusammen. Neben **Leipzig** als Oberzentrum und Bevölkerungsschwerpunkt in der Region (mehr als die Hälfte der Einwohner Westsachsens leben in Leipzig) fallen in diese Kategorie die Städte **Markkleeberg, Schkeuditz, Taucha, Delitzsch, Eilenburg, Bad Düben, Dommitzsch** und **Torgau** (vgl. Abbildung 2-2 sowie Karte 2_1).

Tabelle 2-3: Charakteristika des Großstadtklimas in den mittleren Breiten gegenüber dem nicht bebauten Umland (Auszüge aus KUTTLER 1998)

Faktoren	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland	Faktoren	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland
Globalstrahlung auf horizontaler Fläche	20 %	Anzahl Nebeltage	-10 bis -20 %
Sonnenscheindauer im Winter/Sommer	8 %/- 10 %	Relative Luftfeuchtigkeit im Jahresmittel	-6 %
Jahresmittel der Luft-temperatur	0,5-1 Kelvin höher	Windgeschwindigkeit im Jahresmittel	-25 %
Maximale Temperatur-unterschiede	bis 10 Kelvin	Windstillen	+ 13 %

2.4.1 Sensitivität

Die Belastung durch Hitze mit der Folge gesundheitlicher Beeinträchtigungen der Bevölkerung wird durch Aufheizungseffekte infolge der Bebauungsdichte und Versiegelung beeinflusst (**nutzungsbedingte Sensitivität**). Zudem sind Menschen in Abhängigkeit von Alter und Gesundheitszustand unterschiedlich empfindlich gegenüber Hitzebelastungen (**demographisch bedingte Sensitivität**). Beide Aspekte sind demnach zu berücksichtigen.

2.4.1.1 Demographische Sensitivität

Im heißen Sommer 2003 kam es in weiten Teilen West- und Südeuropas zu beträchtlich erhöhter Sterblichkeit. Europaweit wird von mindestens 25 000 Hitzetoten ausgegangen. Hitze wirkt sich in verschiedener Weise auf den Menschen aus. Sie kann über Salz- und Flüssigkeitsverlust, Versagen der Temperaturregulation des Organismus oder über Herz-Kreislauf-Versagen direkt zu Krankheit und Tod führen. Personen mit Vorerkrankungen können auch bereits bei relativ moderaten Temperaturen durch die erhöhte Kreislaufbelastung unmittelbar gefährdet sein (KROMP-KOLB 2006).

Vor allem ältere und kranke Menschen sowie Kleinkinder reagieren besonders empfindlich auf extreme Hitzebelastungen. Aus diesen Gründen wurde die unterschiedliche Empfindlichkeit von **Altersgruppen** berücksichtigt. Als Grundlage diente die regionalisierte Bevölkerungsprognose der Städte und Gemeinden (nach Landkreisen) des Freistaates Sachsen für 2008. Um die Sensitivität kranker Menschen einzubeziehen, wurde die **Dichte von Einrichtungen** ermittelt, die ihrer Pflege und Gesundung dienen, wie z. B. Krankenhäuser und Einrichtungen der Rehabilitation. Darüber hinaus wurden Einrichtungen, die dem Aufenthalt empfindlicher Bevölkerungsgruppen dienen, wie Kindertagesstätten und Altenpflegeheime betrachtet.

Sensitive Altersgruppen

Als potentiell sensitiv wurden die Bevölkerungsgruppen unter sechs und über 65 Jahren eingestuft. Lediglich für Leipzig konnten dazu stadtteilbezogene Daten gewonnen werden, weshalb nur hier eine altersspezifische Differenzierung von Stadtteilen erfolgte. Alle anderen Städte wurden ohne räumliche Differenzierung in der Skala eingeordnet. Errechnet wurde die Anzahl sensitiver Einwohner pro Hektar versiegelter Fläche. Diese sind in drei Stufen klassifiziert (Tabelle 2-4).

Tabelle 2-4: Einstufung der Anzahl sensitiver Einwohner (EW) pro Hektar versiegelter Fläche

	geringe Sensitivität	mittlere Sensitivität	hohe Sensitivität
Gemeinden im regionalen Belastungsraum „Hitze“	bis 6 sensitive EW/ha versiegelter Fläche	> 6 bis 18 sensitive EW/ha versiegelter Fläche	> 18 sensitive EW/ha versiegelter Fläche

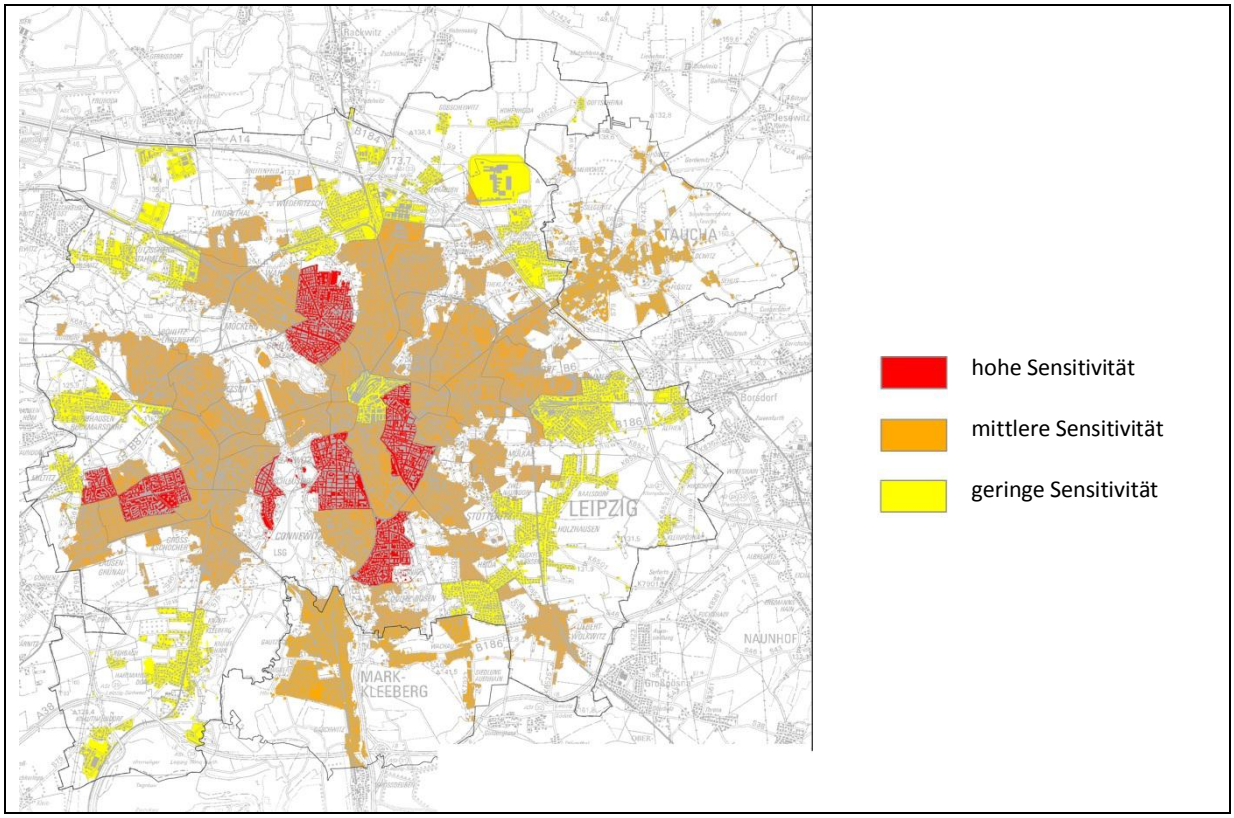

Abbildung 2-3: Altersgruppenspezifische Sensitivität der Städte Leipzig, Markkleeberg und Taucha (vgl. Karte 2_2)

Sensitive soziale Einrichtungen

Für die Ermittlung der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen wurden Schwerpunkte des Aufenthalts empfindlicher Bevölkerungsgruppen räumlich identifiziert. Die Bezeichnung „soziale Einrichtungen“ umfasst dabei Standorte von Krankenhäusern, Rehabilitationskliniken, Kindertagesstätten und Alteneinrichtungen in den ausgewählten Zentralen Orten der Region.

Die Karten wurden mit der „Moving-Window“-Technik des Geographischen Informationssystems (GIS) ermittelt. Im „Simpel-Density“-Verfahren wurde ein Suchradius von 1000 Metern gewählt und relative Dichtewerte ermittelt. Die Anzahl der innerhalb dieses Radius liegenden Einrichtungen führte zur Identifizierung von Bereichen mit einer geringen, mittleren und hohen Dichte (vgl. Tabelle 2-5).

Tabelle 2-5: Einstufung der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen

geringe Dichte	mittlere Dichte	hohe Dichte
0 bis 0,6 Standorte/km²	> 0,6 bis 2,7 Standorte/km²	> 2,7 bis 9 Standorte/km²

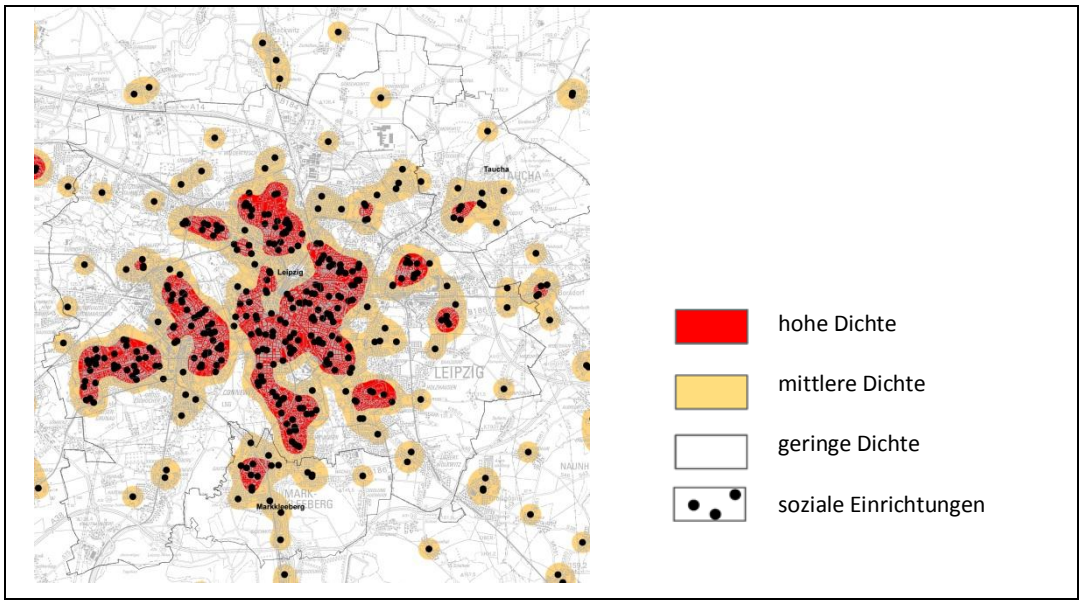

Abbildung 2-4: Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen der Städte Leipzig, Markkleeberg und Taucha (vgl. Karte 2_2)

Demographische Sensitivität

Die Verteilung der altersgruppenspezifischen Sensitivität und der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen zeigt räumliche Schwerpunkte, ohne diese in Bezug zu städtebaulich-klimatischen Aspekten zu setzen. Durch Verschneidung beider Aspekte lässt sich die demographische Sensitivität urbaner Räume ableiten.

Tabelle 2-6: Verschneidungsmatrix der Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen und der Anzahl sensitiver Einwohner pro Hektar versiegelter Fläche zur Ermittlung räumlicher Schwerpunkte (demographische Sensitivität)

Dichte sensitiver sozialer Einrichtungen / altersgruppenspezifische Sensitivität (EW/ha versiegelter Fläche)	hoch	mittel	gering
hoch	hoch	hoch	mittel
mittel	hoch	mittel	gering
gering	mittel	gering	gering

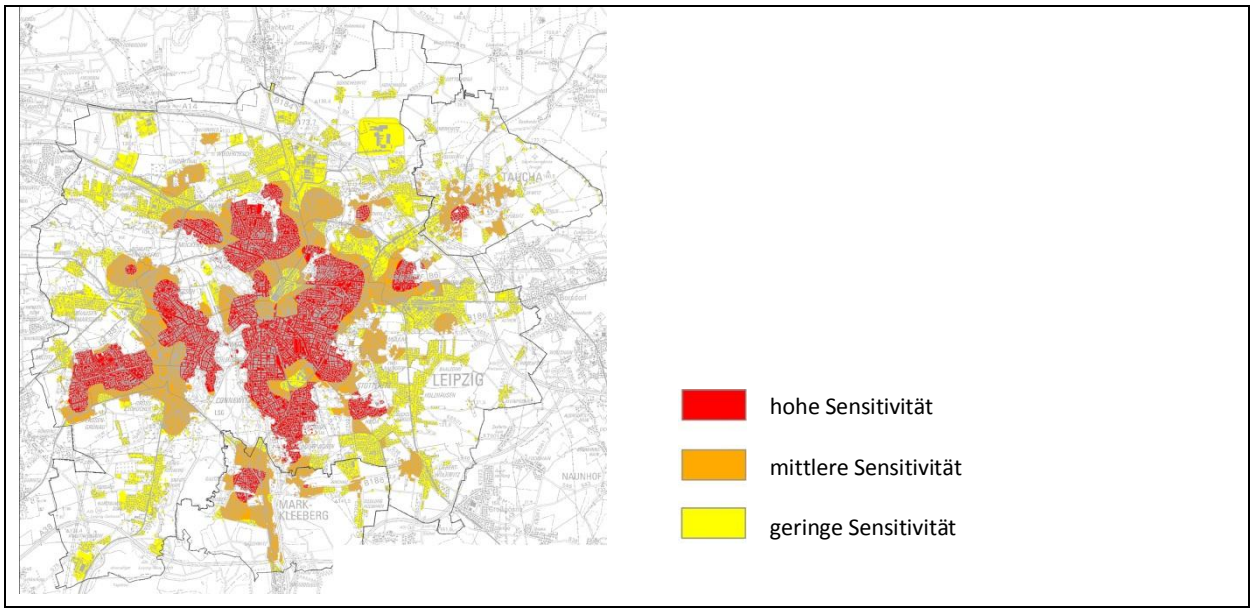

Abbildung 2-5: Demographische Sensitivität der Städte Leipzig, Markkleeberg und Taucha (vgl. Karte 2_2)

2.4.1.2 Nutzungsbedingte Sensitivität

Untersuchungen in München (BRÜNDL ET AL. 1986) zeigen, dass die abweichenden Temperaturen in den Stadtquartieren – neben weiteren meteorologischen und strukturellen Einflussfaktoren - hauptsächlich vom Versiegelungsgrad abhängen. So steigt bei einer Zunahme des Versiegelungsgrades um 10 % die mittlere Jahrestemperatur um 0,2 K. Bei Strahlungswetterlagen steigt je 10 % erhöhtem Versiegelungsgrad die mittlere Tagesmitteltemperatur um 0,3 bis 0,4 K, das mittlere Tagesmaximum um ca. 0,3 K und das mittlere Tagesminimum um 0,5 bis 0,6 K (WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2007). In diesem Zusammenhang stellten SCHWAB und HEINZ (1997) für das Stadtklima von Leipzig fest, dass zu sommerlichen Nachtstunden – im Vergleich mit stadtnahen Freiflächen – in der fast vollständig versiegelten Innenstadt mittlere Temperaturabweichungen von 4,5 bis 7,4 K existieren. Anhand des Versiegelungsgrades wurde deshalb eine Einstufung der unterschiedlichen klimaökologischen Struktureinheiten der ausgewählten Zentralen Orte vorgenommen.

Methodisch wurde die aktuelle Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005) der Einstufung nach MOSIMANN (1999) zugeordnet, in der durchschnittliche Versiegelungsgrade für Struktureinheiten zusammengefasst wurden. Diese wurde mit den Kategorien der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung abgeglichen. Deutlicher wurde zwischen Blockrand- und Zeilenbebauung sowie einer zeilen- bzw. punktartigen und blockrandartigen Hochhausbebauung differenziert. Darüber hinaus wurde für Sonderkategorien – wie Fußballstadien, Feriensiedlungen und Freizeitparks – ein Versiegelungsgrad abgeschätzt. Als Grundlage der Nachkartierung dienten Luftbilder (2005). Zudem stellte die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH ihre Kartierung der Versiegelungsgrade für das Stadtgebiet Leipzig zur Verfügung und ermöglichten so eine Überprüfung der BTLNK.

Klimatische Ausgleichsräume setzen sich überwiegend aus Grün-, Frei- und Erholungsflächen zusammen, die aber nicht gänzlich frei von Versiegelungen sind. So können nach MOSIMANN (1999) bei Kleingartenanlagen bis zu 25 % der Flächen versiegelt sein. Aufgrund der allgemein anerkannten klimaökologischen Bedeutung von solchen Anlagen wurde aber von einer Einstufung als Wirkraum abgesehen. Die dreigestufte Einteilung in einen geringen, mittleren und hohen Versiegelungsgrad beginnt deshalb erst ab einem Grad von ca. 25 %. Im Abgleich mit der Klimafunktionskarte Leipzig (STADT LEIPZIG, AMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1997) wurden Flächen mit einem Versiegelungsgrad über 70 % als hoch versiegelt und bei einem Versiegelungsgrad von mehr als 25 % bis weniger als 50 % als gering versiegelt eingestuft. Zwischen 70 und 50 % wird von einem mittleren Versiegelungsgrad ausgegangen.

Tabelle 2-7: Einstufung des Versieglungsgrades anhand der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005) und der Luftbilder

hoher Versiegelungsgrad (> 70 % Versiegelung)	mittlerer Versiegelungsgrad (70 bis 50 % Versiegelung)
bebaute Flächen und Straßen: • Gewerbegebiet/technische Infrastruktur • Verkehrsflächen (außer linienförmige Bahnanlagen) anthropogen genutzte Sonderflächen: • Lagerflächen • Ablassstelle, Güllebecken, Spülbecken Wohngebiet: • Blockrand • Hochhäuser in Blockrandform Mischgebiet: • historische Altstadt • städtisches Mischgebiet und sonstige städtische Mischgebiete Grün- und Freiflächen: • Fußballstadion	Wohngebiet: • Punktbebauung (Hochhäuser) • lockere und zeilenartige Hochhausbebauung • Zeilenbebauung • städtisch geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • dörfliches Mischgebiet
	geringer Versiegelungsgrad (< 50 bis ca. 25 % Versiegelung)
	• Bauwerke an Gewässern • linienförmige, unverbaute Bahnanlagen Grün- und Freiflächen: • Feriensiedlung • Freizeitparks (intensiv genutzte Flächen) Wohngebiet: • Burg, Schloss, Kloster, Gut • Einzel- und Reihenhaussiedlung • Einzelanwesen, Landgasthof • bäuerliche Hofstandort, Einzelgehöft, Aussiedlerhof, Landgasthof • Villenbebauung (mit parkartigen Gärten) • ländlich geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • Ruine

Die gewählte Einstufung konnte anhand der Thermalbefliegung bzw. Klimafunktionskarte Leipzigs hinsichtlich der Plausibilität überprüft werden und zeigte schlüssige Ergebnisse. Sie wurde deshalb auch in den anderen zu untersuchenden urbanen Bereichen der Region angewendet.

2.4.2 Anpassungskapazität

Eine Minderung der Hitzewirkungen - und damit eine Anpassung – kann in städtischen Räumen vor allem durch klimaökologische „Oasen“ oder Komfortinseln bzw. Kalt- und Frischluftabflussbahnen erfolgen (Verminderungskapazität). Zudem steigt mit zunehmenden Hitzebelastungen auch der Bedarf nach klimatisch günstigen Erholungsräumen, in die ausgewichen werden kann (Ausweichkapazität). Beide Aspekte werden demzufolge näher betrachtet.

Verminderungskapazität

In Wirkungsräumen gelegene Wasserflächen oder vielfältig strukturierte Vegetationsflächen sind potentielle klimaökologische Komfortinseln. Wegen des in wärmeren, versiegelten Gebieten verminderten Wasserdampfdrucks stellen sich zur feuchteren und kühleren Umgebung ein starker Dampfdruckgradient und ein entsprechendes Verdunstungspotential ein. Eine klimaökologische „Komfortinsel“ übt so auf die umgebende städtische Bebauung eine kühlende Fernwirkung aus, die vielfach auch als „Oaseneffekt“ bezeichnet wird. Sie führt zu einer Verbesserung der klimatisch-lufthygienischen Bedingungen für die Bevölkerung (WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 2007).

MOSIMANN (1999) führt verschiedene Kriterien zur Identifikation von Komfortinseln auf, welche unter Berücksichtigung des regionalen Maßstabs abgewandelt und ergänzt wurden. Als **klimaökologische Komfortinseln** dienen Grün-, Gehölz- oder Wasserflächen. Ackerflächen wird keine klimaökologische Komfortwirkung zugewiesen. Obwohl sie nachts der Kaltluftproduktion dienen, kommt es tagsüber zu einer relativ starken Aufheizung. Auch widersprechen sie in ihrer Gleichartigkeit und Großmaßstäblichkeit dem Leitbild eines Mosaiks unterschiedlicher Mikroklimate für Komfortinseln. Grünflächen, welche als Komfortinsel eingestuft werden, müssen zumindest dreiseitig von einer mindestens fünf Hektar großen versiegelten Fläche umgeben sein. Die Funktion einer Komfortinsel ist direkt an die Nachbarschaft zu Siedlungsräumen mit bioklimatisch oder lufthygienisch ungünstigen Verhältnissen gebunden. Demzufolge wurden die Komfortinseln des Leipziger Auwaldes den umliegenden Wirkräumen zugeordnet, um der herausragenden bioklimatischen Bedeutung dieses Bereiches gerecht zu werden.

Eine Komfortinsel sollte selbst besonders emissionsarm sein, daher werden Grünflächen innerhalb eines Abstands von 400 m zu Autobahnen sowie 100 m zu Bundes- und Staatsstraßen nicht als Komfortinsel ausgewiesen. Vergleichbare Distanzen werden bei Beeinträchtigungen von Arten, Biotopen und Biotopkomplexen durch Lärm, Schadstoffeintrag und Veränderung der Standortbedingungen angegeben (BORKENHAGEN, MÜLLER-PFANNENSTIEL, LÜCHTEMEIER 2000). Grünflächen mit einem Durchmesser kleiner als 50 m sowie Flächen kleiner als drei Hektar wurden ebenfalls nicht als Komfortinsel eingestuft.

Die Ausstrahlungsentfernung von Klimakomfortinseln in angrenzende Wirkräume, der so genannte „**Oaseneffekt**“, wurde in Abhängigkeit von der Ausstattung der Komfortinsel differenziert. Während bei der gesamtregionalen Betrachtung noch pauschal von einer Reichweite von 100 m ausgegangen wurde, wird nun mehr differenziert für Wasser- und Waldflächen eine Reichweite von 400 m und für sonstige Grünflächen eine Reichweite von 200 m angenommen. Reichweiten von 50 bis 400 m sind in zahlreichen stadtökologischen Untersuchungen nachgewiesen (STÜLPNAGEL 1987 in KUTTLER 1998).

Das Ergebnis der Bewertung zeigt beispielhaft für die Stadt Leipzig Abbildung 2-6.

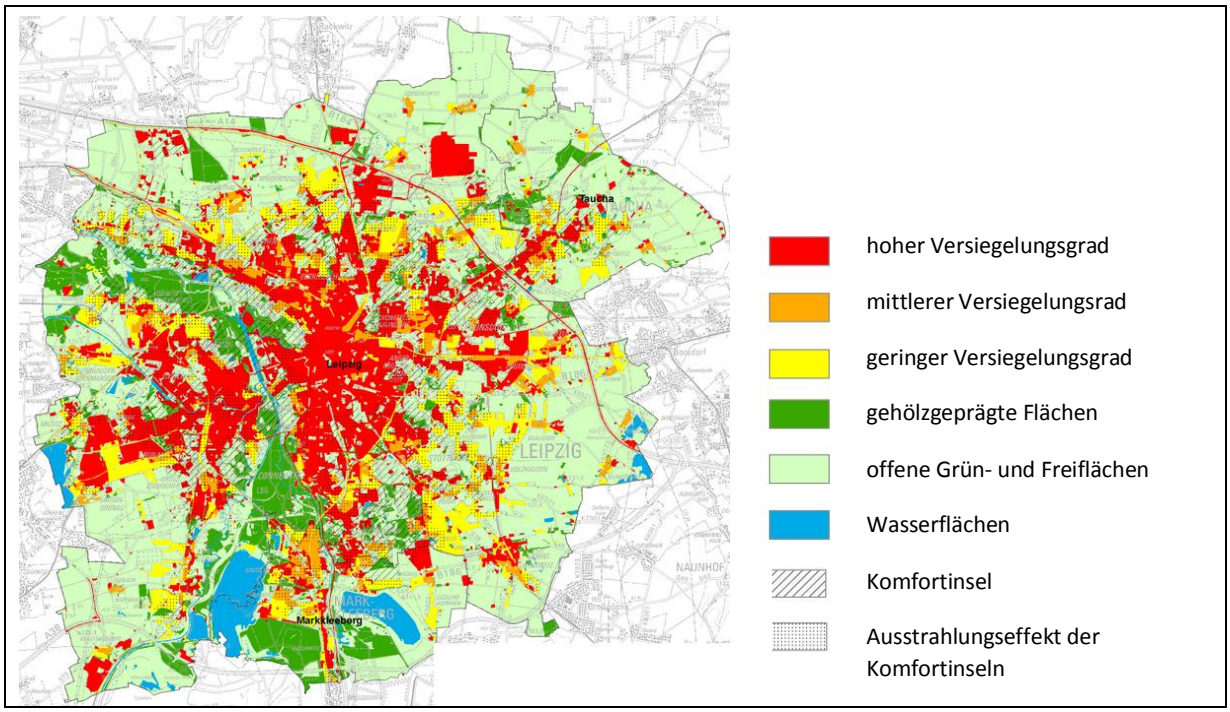

Abbildung 2-6: Versiegelungsgrad, Komfortinseln und Oaseneffekte für die Städte Leipzig, Markkleeberg und Taucha
(vgl. Karte 2_2)

Ausweichkapazität

Die von städtischer Überwärmung betroffene Bevölkerung kann an extremen Hitzetagen in nahe gelegenen bioklimatischen Gunsträumen Erholung suchen.

Im Stadtgebiet handelt es sich in der Regel um wohnungsnah gelegene Wälder oder waldähnliche Flächen. Dazu wurden Siedlungsflächen identifiziert, welche über Wälder oder ähnliche Grün- und Freiflächen (z. B. Stadtparks mit waldartigem Baumbestand) verfügen. Diese bioklimatischen Gunstbereiche liegen nicht weiter als 500 m Luftlinie von den Wohngebieten entfernt.

Außerhalb von Städten werden vor allem jene Flächen aufgesucht, die noch in einer gut erreichbaren Naherholungszone liegen. In der Umgebung des Stadtgebiets von Leipzig wurden klimabedeutsame Naherholungselemente wie Wälder und Seen dargestellt, die durch öffentliche Verkehrsmittel – z. B. im Rahmen von Wochenendausflügen – in 30 Minuten vom Stadtgebiet Leipzig erreicht werden können. Die Grenze der „30-Minuten-Naherholungszone“ wurde dem Fachbeitrag zum Landschaftsrahmenplan Region Westsachsen (RPV 2007; Karte 2.5-1) entnommen. Als klimabedeutsam sind hierfür jene Flächen eingestuft, bei denen eine Mindestgröße von drei Hektar vorliegt.

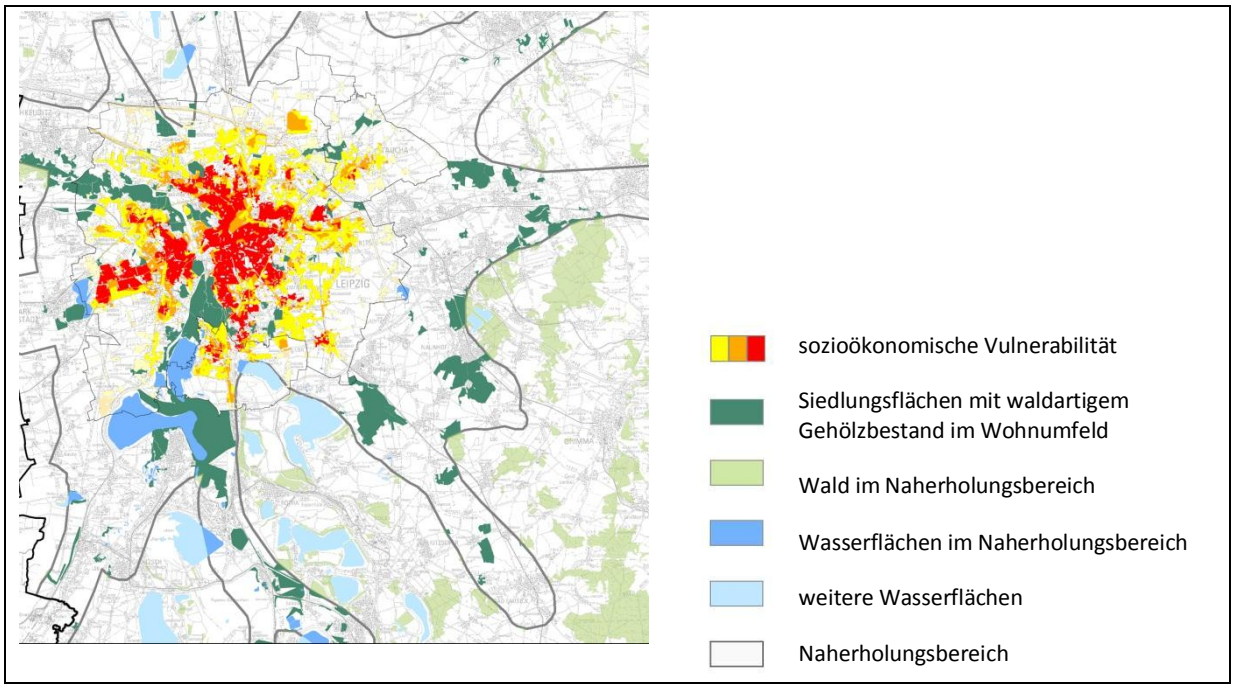

Abbildung 2-7: Ausweichräume in der „30-Minuten-Naherholungszone“ der Stadt Leipzig (vgl. Karte 2_2)

2.4.3 Vulnerabilität

Die Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitzebelastungen wird verstanden als Verletzbarkeit, die sich aus dem Zusammenspiel sozialer Aspekte (demographische Sensitivität) und der Bebauungsstruktur (basierend auf dem Versiegelungsgrad einschließlich kompensierender Verminderung- und Ausweichkapazitäten) sowie der prognostizierten Anzahl der Hitzetage ergibt.

Die Aggregation der demographischen Sensitivität mit der nutzungsbedingten Sensitivität erfolgt unter Berücksichtigung der Anpassungskapazität (speziell des Oaseneffektes, der innerhalb jeweiliger Reichweiten eine Abstufung der nutzungsbedingten Sensitivität um eine Stufe bedingt). Da innerhalb der betrachteten städtischen Gebiete von keiner unterschiedlichen Anzahl an Hitzetagen auszugehen ist, demnach keine räumliche Differenzierung der Exposition vorliegt, war eine Aggregation der Exposition und der demographischen Sensitivität entbehrlich.

Tabelle 2-8: Methodik zur Ermittlung der Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitzebelastungen

Demographische Sensitivität / Nutzungsbedingte Sensitivität unter Berücksichtigung des Oaseneffektes	hoch	mittel	gering
hoher Versiegelungsgrad ohne Oaseneffekt	hoch	hoch	mittel
mittlerer Versiegelungsgrad oder hoher Versiegelungsgrad mit Oaseneffekt	hoch	mittel	gering
geringer Versiegelungsgrad oder mittlerer Versiegelungsgrad mit Oaseneffekt	mittel	gering	gering

Ergebnis

Die Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitzebelastungen ist am deutlichsten im Verdichtungsraum Leipzig ausgeprägt. Vor allem in den verdichteten Bereichen der Kernstadt Leipzig besteht die höchste Vulnerabilität (Abbildung 2-8) und damit der größte Handlungsbedarf, klimaökologische Komfortinseln neu zu schaffen und mögliche Hitzebelastungen vorsorgend zu mindern. Aber auch die Innenstadtbereiche von Torgau, Taucha, Delitzsch, Eilenburg, Markkleeberg und Schkeuditz zeigen Bereiche höchster Vulnerabilität und Handlungspriorität. In Torgau, Delitzsch und Eilenburg ist sogar auf einem höheren Siedlungsflächenanteil mit erheblichen Belastungen der Bevölkerung bei Hitzeperioden zu rechnen. Angesichts der zunehmenden Überalterung der Bevölkerung im ländlichen Raum, wird auch in den hier gelegenen Städten ein Handlungsbedarf zum klimaökologischen Ausgleich deutlich.

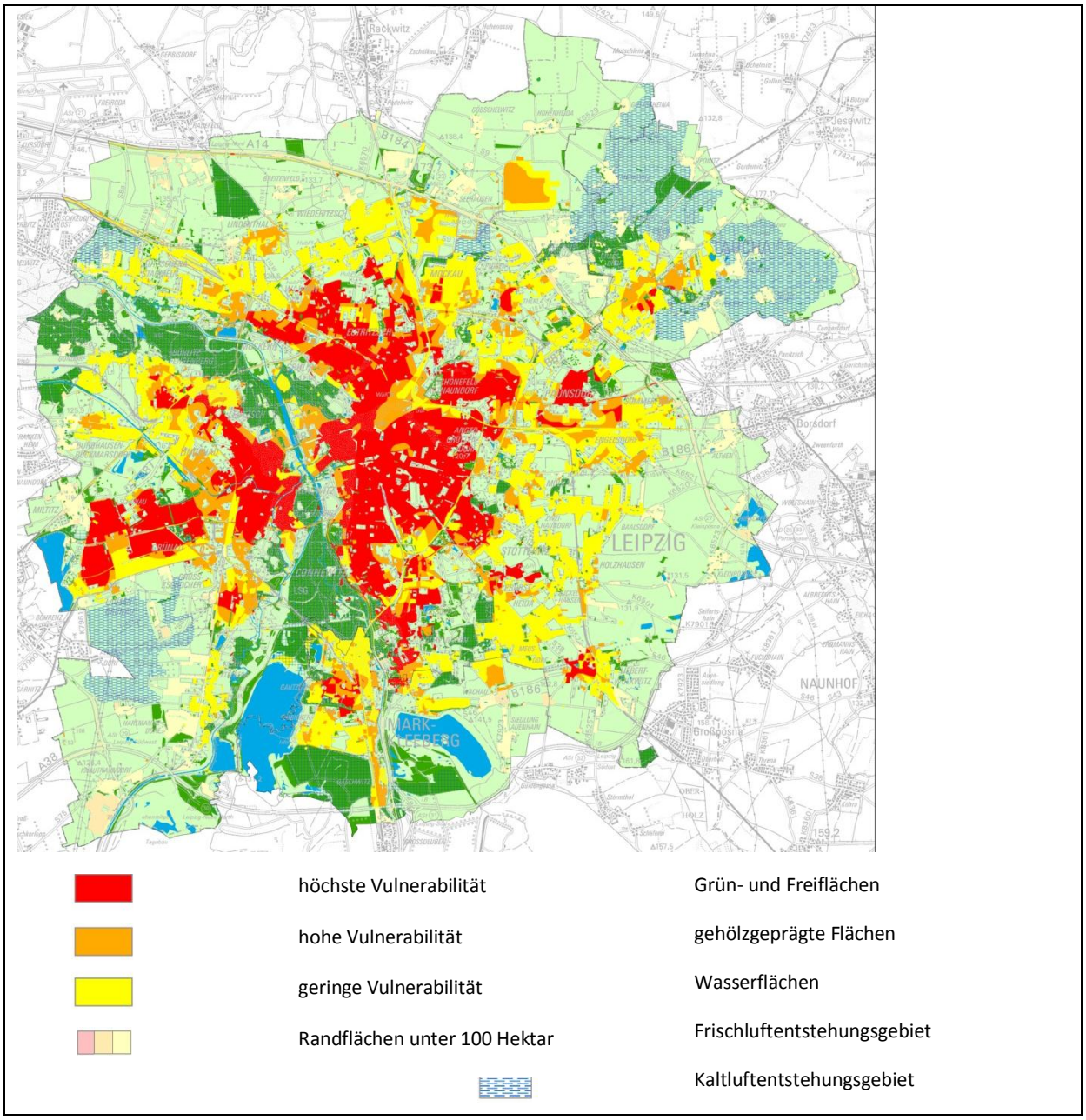

Abbildung 2-8: Vulnerabilität der Städte Leipzig, Markkleeberg und Taucha gegenüber Hitzebelastungen (vgl. Karte 2_2)

2.4.5 Entwicklungspotential durch Ausweitung klimaökologischer Komfortinseln

In den vorhergehenden Analysen bestätigte sich, dass die Innenstadt Leipzigs eine besonders hohe Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen und damit einen besonderen Handlungsbedarf zur Minderung dieser Belastungen aufweist. Aus diesem Grund wurde vertiefend untersucht, ob der hohe Brachflächenanteil der Stadt ein mögliches Ausgleichspotential gegenüber Überhitzung birgt. Beispielhaft wurde angenommen, dass sich auf heute ungenutzten Flächen Wald entwickelt, der für die umgebenden Stadtgebiete über seinen Oaseneffekt einen klimatischen Ausgleich bewirkt.

Potentiell entwicklungsfähige Brachflächen konnten den Darstellungen des Landschaftsplans, dem Flächenkatalog des E+E-Vorhaben „Urbaner Wald“ (BURKHARDT ET AL. 2008) und dem Brachflächenkataster der Stadt Leipzig entnommen werden. Dabei mussten die Flächen folgende Auswahlkriterien erfüllen:

- Größe ab ein Hektar
- Lage in Stadtgebieten mit hoher sozioökonomischen Vulnerabilität
- Mindestabstand zu Bundes- und Staatsstraßen von 100 m
- keine planerische Festlegung der Brachfläche für Zwecke der Wohn- oder Gewerbenutzung
- Entwicklungspotential, d. h. noch kein klimaökologisch wirksamer Gehölzbestand auf der Fläche

Für das Szenario einer innerstädtischen Waldentwicklung verblieben folgende Brachflächen:

Brachflächen größer 1 Hektar bis 3 Hektar	Brachflächen größer 3 Hektar
- Angerstraße/Erich-Koehn-Straße - Wilhelm-Sammet-Straße	- Glesiener Straße - Freiladebahnhof Rosa-Luxemburg-Straße - Benningsenstraße mit nördlichem Torgauer Platz - Max-Liebermann-Straße/Bremerstraße - Freiladebahnhof Kohlenstraße - Freiladebahnhof Delitzscher Straße - Bahnhof Plagwitz mit Baumannstraße - Neue Leipziger Straße

Für Flächen größer drei Hektar wurde ein Oaseneffekt mit einer Reichweite bis zu 400 m angenommen, Flächen mit einer Größe von ein bis drei Hektar erhielten zur Kennzeichnung ihres „Oaseneffekts“ einen Puffer von 200 m. Abbildung 2-9 zeigt den möglichen klimatischen Ausgleichseffekt im Innenstadtgebiet Leipzigs vor dem Hintergrund der sozioökonomischen Vulnerabilität (vgl. Kap. 2.4.3) ohne Berücksichtigung angrenzender barrierewirksamer Bebauungsstrukturen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass durch eine gezielte Entwicklung von ausgewählten innerstädtischen Brachflächen zu Waldflächen das Überwärmungspotenzial in Leipzig abgemildert werden kann. Gleichwohl bieten auch kleinere Brachflächen oder ungenutzte Flächen in weniger vulnerablen Stadtgebieten die Möglichkeit Erholungs- und Ausgleichsräume zu schaffen, die zum Wohlbefinden der Bevölkerung beitragen können.

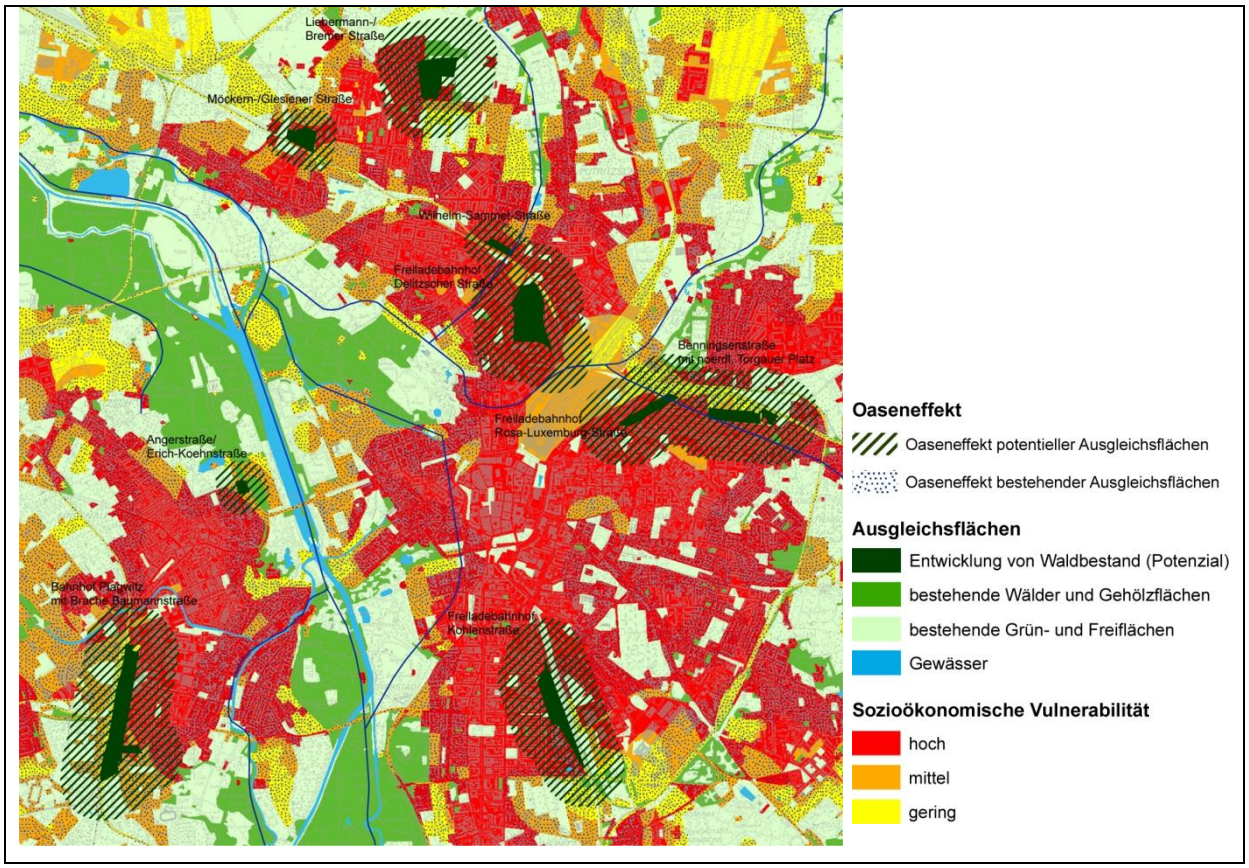

Abbildung 2-9: Potentieller Oaseneffekt von ausgewählten Brachflächen im Stadtgebiet Leipzig

3 Vulnerabilität gegenüber Starkregen

Die Nachrichtenmeldungen von Starkregenereignissen und deren Schäden häufen sich – auch in der Region Westsachsen. Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, wie vulnerabel die Region diesbezüglich ist, um daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Abbildung 3-1: Ausgewählte Zeitungsmitteilungen aus der Region zu Starkregenereignissen 2009

3.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

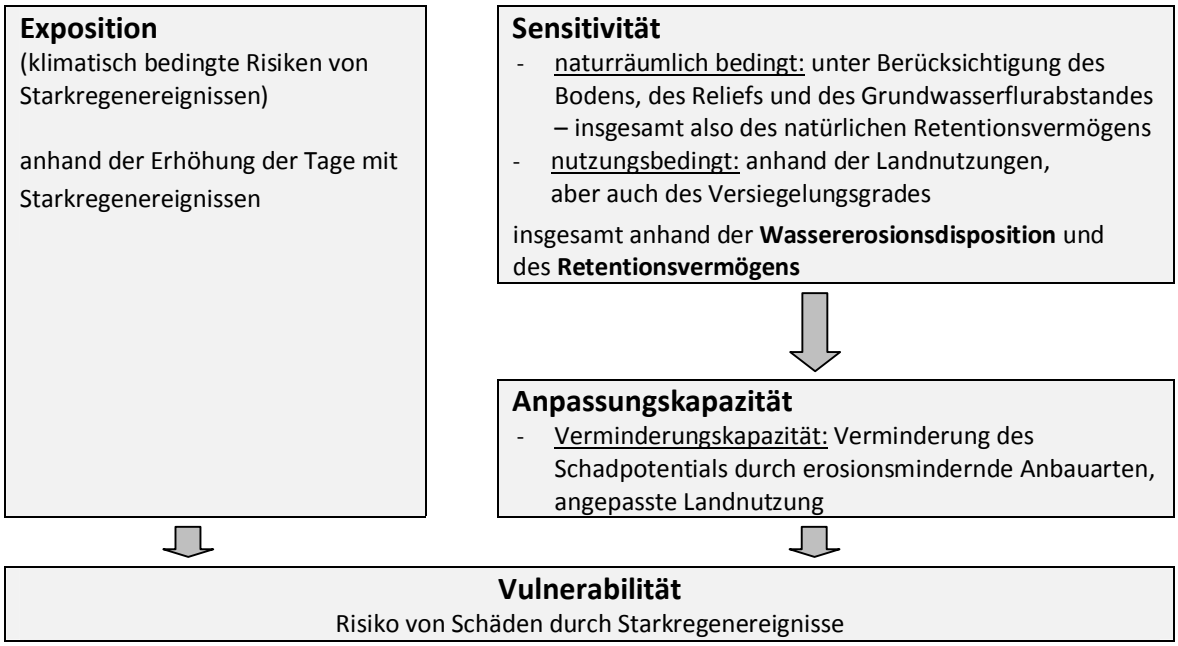

Abbildung 3-2: Überblick über den methodischen Ansatz

3.2 Exposition

Im Rahmen des vorliegenden Projektes konnten keine gesonderten Prognosemodelle für Extremwetterlagen erarbeitet oder genutzt werden (vgl. Kap. 1). Die Zufälligkeit und Kleinräumigkeit des Auftretens dieser Ereignisse erschwert eine systematische Analyse und Projektion. FESKE (2009) verweist auf einen dringenden Forschungsbedarf zur Abschätzung von Häufigkeit und Intensität zukünftiger Extremereignisse. Bisherige Modelle könnten den Einfluss von Temperaturerhöhungen auf die Entstehung von Starkregenniederschlägen noch unterschätzen (FESKE 2009).

Um die klimatisch bedingten Risiken von Starkregenereignissen in der Region einzubeziehen, wurde auf sachsenweite Analysen zurückgegriffen, die zwar keine regionale Differenzierung erlauben, aber zumindest allgemeine Trendaussagen zulassen. KÜCHLER (2005) projiziert die Anzahl der Tage mit mehr als 55 mm Tagesniederschlag, welche als Indikator für Starkregenereignisse im Projekt verwendet wird (Abbildung 3-3).

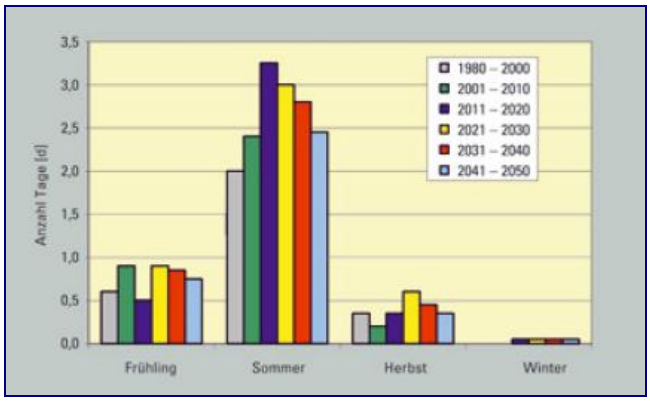

Abbildung 3-3: Zahl der Tage pro Jahreszeit mit mehr als 55 mm Tagesniederschlag an mindestens einer der 100 Niederschlagsmessstellen in Sachsen bis 2050 (aus: KÜCHLER 2005)

Aus der Abbildung wird deutlich, dass vor allem im Sommer mit einer Zunahme an Starkregenereignissen zu rechnen ist, während ihre Anzahl im Winter nahezu konstant bleibt. ENKE (2003) prognostiziert im Ergebnis des Regionalisierungsverfahrens WEREX, dass die Anzahl der Tage mit extremen Niederschlägen vor allem im Sommer in Sachsen zunimmt, und dies, obwohl es im Sommer tendenziell trockener wird (ENKE 2003). Die Prognosen stützen demnach die Annahme wachsender Risiken durch Starkregenniederschläge.

Auch die Studie des SMUL (2008) weist auf eine leicht steigende Tendenz konvektiver Starkregenniederschläge im Zeitraum 1991-2005 hin. Diese Entwicklung steht vor dem Hintergrund einer allgemeinen Erwärmungstendenz (SMUL 2008). So steigt nach STOCK (2003) die Anzahl der Tage mit Vb-Wetterlagen im Sommer, die mit erheblichen Starkregenniederschlägen verbunden sind, seit ca. 1950 an (vgl.

Abbildung 3-4).

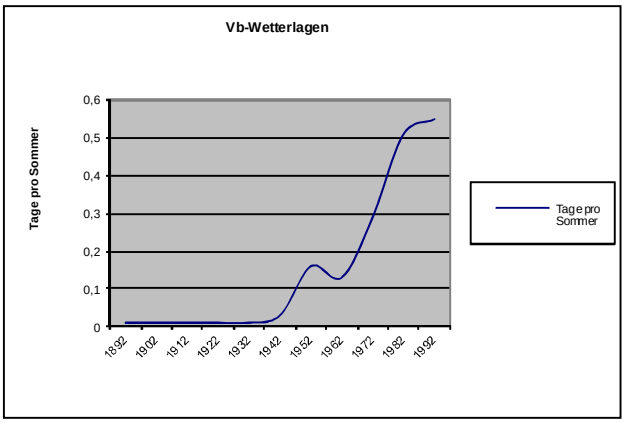

Abbildung 3-4: Zunahme der Anzahl an Tagen mit Vb-Wetterlagen im Sommer nach Daten aus STOCK (2003)

Da mit zunehmender Temperatur die Aufnahmefähigkeit der Luft für Feuchtigkeit steigt (der Sättigungswert erhöht sich um etwa 6 % pro 1 Grad Celsius), wird bei einer Vb-Wetterlage im Zuge der Klimaerwärmung über dem Mittelmeer tendenziell mehr Wasserdampf gespeichert und nach Norden transportiert; der Niederschlag könnte deshalb auch pro Ereignis ergiebiger werden. Vb-Wetterlagen regnen sich bevorzugt über den östlichen Einzugsgebieten der Bundesrepublik ab und können damit auch die Region Westsachsen betreffen.

Im Winter werden in Sachsen nach den bisherigen Untersuchungen trotz Zunahme der Mittel der Niederschlagshöhen keine signifikanten Veränderungen extremer Niederschlagsereignisse erwartet (KÜCHLER 2005, SMUL 2008).

Schlussfolgernd wird für die weiterführende Analyse eine höhere Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen im Sommer angenommen, die jedoch regional nicht weiter differenziert werden kann.

3.3 Sensitivität, Anpassungskapazität und Vulnerabilität in Bezug auf die Wassererosionsdisposition

3.3.1 Sensitivität

Starkregenereignisse tragen maßgeblich zu einem erhöhten Abtrag von Boden bei. Diese Sensitivität gegenüber Wassererosion ist ein fester Bestandteil der landschaftsplanerischen Analyse und stellt methodisch keine Weiterentwicklung dar. Gleichwohl werden in der flächendeckenden Vulnerabilitätsanalyse die räumlichen Gefahrenbereiche mit hoher Wassererosionsdisposition heraus gearbeitet, um Handlungsschwerpunkte zu erkennen.

Grundlegend ist zwischen naturräumlich bedingten Ursachen und einer nutzungsbedingt geförderten Erosion zu unterscheiden. Die **naturräumliche Sensitivität** eines Standorts gegenüber Wassererosion wird durch die Niederschlagsmenge und -intensität (vgl. Kap. 3.2), das Relief (Hangneigung, Hangform, Hanglänge) und die Bodenart bestimmt. Für das Projekt lagen bereits eine Bewertung der Wassererosionsdisposition (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte im Maßstab 1:50000 (BK 50) vor. Die Bewertung basiert auf der allgemeinen Bodenabtragsgleichung.

Zur Abschätzung der realen Wassererosiongefährdung muss auch die Vegetationsbedeckung einbezogen werden **(nutzungsbedingte Sensitivität)**. Je lückiger und niedriger die Vegetationsbedeckung ausgebildet ist, desto höher ist der Bodenabtrag bei Starkregenereignissen. Daher weisen Ackerflächen die höchste Disposition gegenüber Wassererosion auf, wobei sich erhebliche Unterschiede je nach Fruchtart und Anteil des offenen Bodens ergeben können. Für die flächendeckende Analyse wurde zunächst in groben Klassen folgende Reihenfolge von niedriger zu hoher nutzungsbedingter Sensitivität aufgestellt: Wald < Grünland < Acker.

3.3.2 Anpassungskapazität

Als Anpassung gegenüber dem Bodenabtrag durch Starkregen ist an erster Stelle die Art der Bodenbedeckung zu sehen. So können in der Landwirtschaft zahlreiche Maßnahmen angewendet werden, die eine Wassererosion zumindest auf ihr natürliches Maß beschränken sollen. Zu nennen sind konservierende pfluglose Bearbeitungsverfahren wie Mulchsaaten, ein möglichst spätes Umbrechen der Stoppelfelder sowie die Einsaat von Zwischenfrüchten und Untersaaten (vgl. LFULG 2009). Daten zu diesen Anpassungsmaßnahmen liegen nur im Fall der Mulchsaat für die gesamte Region vor, da die Maßnahme individuell auf Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe entschieden wird. Eine präzisierte Untersuchung ist daher nur in einer vertiefenden Betrachtung in einem feineren Maßstab möglich.

3.3.3 Vulnerabilität

Die Vulnerabilität gegenüber Wassererosion ergibt sich aus der Überlagerung von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität.

Ergebnisse

Bereiche mit besonders hoher naturräumlicher Vulnerabilität gegenüber Wassererosion befinden sich erwartungsgemäß auf den ackerbaulich genutzten Flächen in den Hügelländern vor (vgl. Abbildung 3-5; Karte 6_7). Dort sind neben den größten Hangneigungen die höchsten Schluffanteile zu finden, welche zu einem hohen Bodenabtrag bei Starkregenereignissen führen.

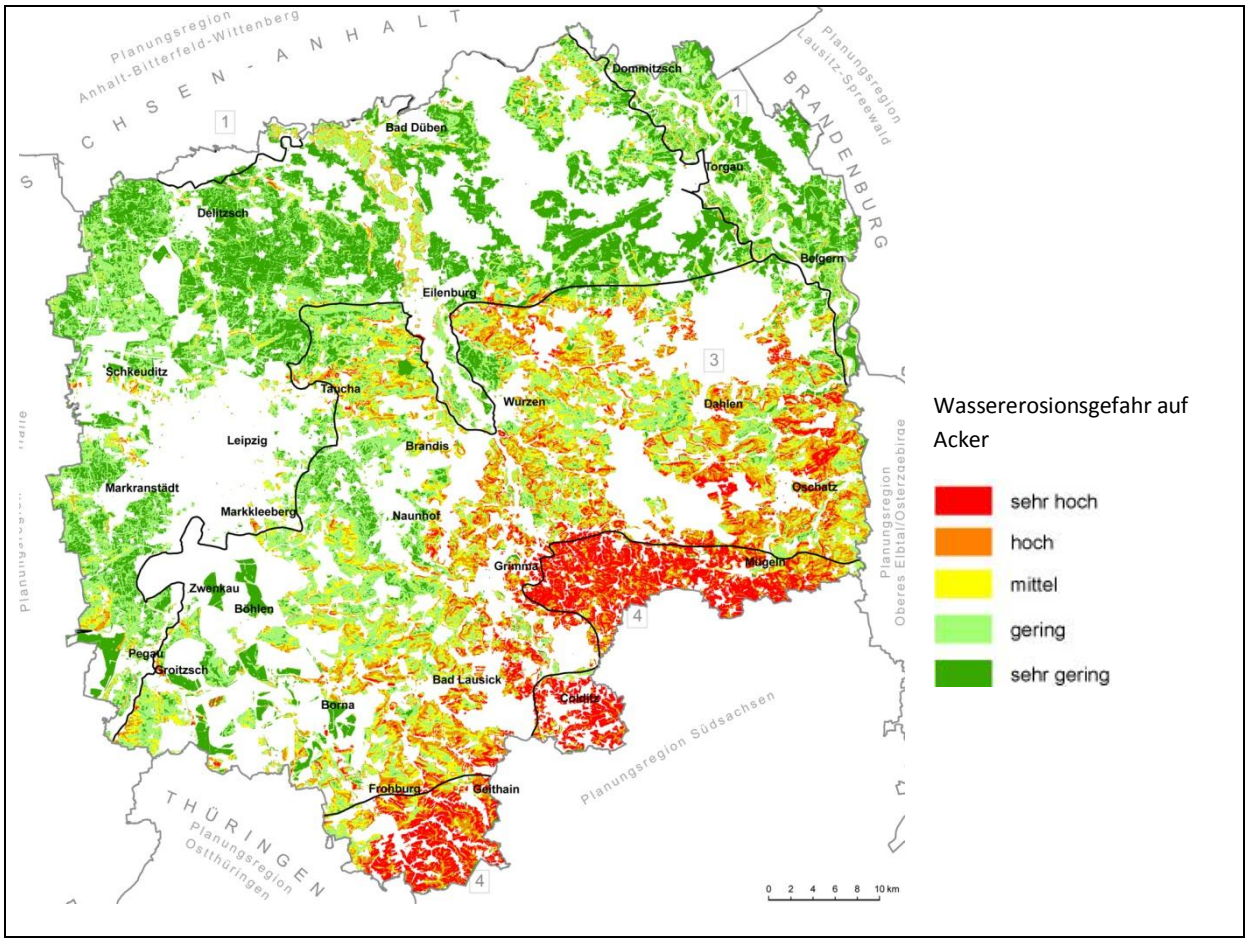

Abbildung 3-5: Vulnerabilität von Ackerflächen gegenüber Wassererosion

3.4 Sensitivität, Anpassungskapazität und Vulnerabilität in Bezug auf das Retentionsvermögen

Das Retentionsvermögen bezeichnet die Fähigkeit eines Bodens bzw. eines Standortes, Regenwasser zurück zu halten und vor Ort zu versickern. Ist das Retentionsvermögen eingeschränkt, können sich Folgeschäden durch Starkregenniederschläge ergeben, z. B. die Verschlämmung von Wegen und Siedlungen, eine eingeschränkte Grundwasserneubildung und die Entstehung von Hochwasser (vgl. Kap. 4). Demzufolge können sich Risiken im Klimawandel, welche die Grundwasserneubildung und die Hochwassergefahr betreffen, durch ein eingeschränktes Retentionsvermögen verstärken. Andererseits können Schäden durch Starkregenereignisse durch die gezielte Förderung des Retentionsvermögens vermindert werden. Dementsprechend wird das Retentionsvermögen in der Vulnerabilitätsanalyse für Westsachsen eingehend untersucht.

Methodisch wird zunächst das natürliche Retentionsvermögen bestimmt, um im zweiten Schritt das nutzungsbedingte Retentionsvermögen über die Landnutzung bzw. Vegetationsbedeckung zu bewerten. Die Bewertung erfolgte flächendeckend für die Region.

3.4.1 Sensitivität

Die **naturräumliche Sensitivität** Niederschlagswasser vor Ort zu versickern, ergibt sich aus den spezifischen Bodeneigenschaften wie der Porengröße, dem Relief und dem Grundwasserflurabstand. Die Bewertung erfolgte nach der Methode in SCHMIDT (2002). Als Datengrundlage diente ein Hangneigungsmodell sowie die BK 50 (LFULG 2009a).

Methodisch wurden zunächst alle Flächen identifiziert, die einen Grundwasserflurabstand unter einem Meter aufweisen. Sie besitzen kein nennenswertes Retentionsvermögen. Für die übrigen Flächen wurde das Maß des oberflächigen Wasserabflusses in drei Stufen klassifiziert. Indikator bildete die Hangneigung in den Stufen

- < 2 %,
- 2 bis 9 % und
- > 9 %.

Zur Einschätzung der Porengröße und Bodentiefe wurde die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in vier Kategorien eingestuft. Die Daten sind der BK 50 entnommen. In der Verschneidung von Hangneigung und Wasserspeichervermögen, wie in Tabelle 3-1 dargestellt, lässt sich das natürliche Retentionsvermögen des Bodens ermitteln.

Tabelle 3-1: Methodik zur Ermittlung des natürlichen Retentionsvermögens bei einem Grundwasserflurabstand über 1 m; verändert nach SCHMIDT (2002)

		nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum			
		< 90 mm	90 bis < 140 mm	140 bis 200 mm	> 200 mm
Hangneigung	> 9 %	gering	gering	gering	gering
	2 bis 9 %	gering	gering	mittel	mittel
	< 2 %	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Grundlage der vorgestellten Methodik zur Ermittlung der naturräumlichen Sensitivität sind die Boden-eigenschaften zum heutigen Zeitpunkt (LFULG 2009a). Es ist nicht auszuschließen, dass sich durch den Klimawandel bestimmte Faktoren ändern. Insbesondere der Grundwasserflurabstand ist als kritische Größe zu betrachten. Für das Projekt konnten keine zukünftigen Grundwasserflurabstände berechnet werden. Hierzu führt das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie das Projekt KliWES[4] durch, dessen Ergebnisse jedoch nicht im Bearbeitungszeitraum des MORO vorliegen. Zu empfehlen ist, nach Abschluss des KliWES-Projekts, eine Überprüfung vorzunehmen.

Das Retentionsvermögen wird neben den Eigenschaften der Böden durch die Landnutzung bestimmt. Dabei dient die Vegetationsbedeckung als maßgeblicher Indikator, um die **nutzungsbedingte Sensitivität** einzuschätzen. Methodisch wurde der Grad der Vegetationsbedeckung auf das natürliche Retentionsvermögen „aufgeschlagen“. So erhielten Grünland und kleinere Gehölzflächen einen Zuschlag um eine Stufe, Wälder um zwei Stufen. Ackerflächen erfahren keine Aufstufung, da sie keine dauerhafte Bodenbedeckung aufweisen. Als Datengrundlage für die Landnutzungen diente die Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005). Tabelle 3-2 zeigt die Einstufung des Retentionsvermögens anhand der aktuellen Landnutzung, Siedlungsbereiche wurden gesondert bewertet.

Bezüglich des Einflusses von Wäldern auf das Retentionsvermögen zeigt sich erheblicher Forschungsbedarf. Für die vorliegende Untersuchung wurde für Wälder unabhängig ihres Arteninventars und des Bestandsaufbaus eine positive Wirkung auf den Wasserrückhalt und die Wasserspeicherung angenommen. Eine Ausnahme bildet der Feuchtwald, da dieser Waldtyp für grundwassernahe Standorte typisch ist und daher nur eingeschränkt Wasser speichern kann. Die entsprechenden Biotoptypen wurden in die Kategorie „gering“ eingeordnet. In Westsachsen stellt sich zudem die Frage, wie Nadelreinbestände zu bewerten sind, die einen Großteil der Wälder in der Region einnehmen. Um präzisere Aussagen zum Retentionsvermögen aber auch zum Potential, den Wasserrückhalt im Zuge des Waldumbaus zu erhöhen, treffen zu können, wären standortkonkrete Untersuchungen zur Auswirkung von Baumart bzw. Waldtyp und Forsttyp dringend notwendig.

[4] Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten **Kli**maveränderungen auf den **W**asser- und Stoffhaushalt in den **E**inzugsgebieten der **s**ächsischen Gewässer (KLiWES)

Tabelle 3-2: Einschätzung des nutzungsbedingten Retentionsvermögens

Dazu erhält das natürlichen Retentionsvermögen (Tabelle 3-1) je nach Maß der Vegetationsbedeckung einen Aufschlag. Ausgeklammert sind Siedlungsbereiche und Flächen ohne Bodendaten; Datengrundlage: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005)

Nutzung		**Natürliches Retentionsvermögen auf Basis von Bodeneigenschaften und Hangneigung** (Tabelle 3-1)		
Hauptgruppe	Untergruppe	Grundwasserflurabstand < 1 m	gering, mittel, hoch	sehr hoch
Acker, Sonderstandorte	Acker Sonderkulturen	gering	keine Änderung	keine Änderung
Baumgruppen, Hecken, Gebüsche	Feldgehölz/Baumgruppe 100 m² bis 1 ha Gebüsch Streuobstwiese	gering	Erhöhung um eine Stufe	keine Änderung
Gewässer	Fließgewässer Stillgewässer	-	-	---
Grünland, Ruderalflur	Ruderalflur, Staudenflur Wirtschaftsgrünland1	gering	Erhöhung um eine Stufe	keine Änderung
Magerrasen, Felsfluren, Zwergstrauchheiden	Zwergstrauchheiden, Blockschutthalden Magerrasen trockener Standorte Zwergstrauchheiden, Borstgrasrasen anstehender Fels Lesesteinhaufen und offene Steinrücken offene Flächen	gering	Erhöhung um eine Stufe Erhöhung um eine Stufe Erhöhung um eine Stufe keine Änderung keine Änderung keine Änderung	keine Änderung
Moore, Sümpfe	Hochmoor, Zwischenmoor Niedermoor, Sumpf	mittel gering	Erhöhung um eine Stufe keine Änderung	keine Änderung
Wälder und Forsten	ohne Differenzierung Erstaufforstung Laub-Nadel-Mischwald Laubmischwald Laubwald (Reinbestand) Nadel-Laub-Mischwald Nadelmischwald Nadelwald (Reinbestand) Waldrandbereiche / Vorwälder Feuchtwald	gering	Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen Erhöhung um zwei Stufen keine Änderung	keine Änderung
Siedlung, Grünflächen		Bewertung entsprechend Tabelle 3-3 bis 3-5		

Für die Bewertung des **Retentionsvermögens versiegelter Flächen** ist zunächst entscheidend, ob Bodendaten zur nutzbaren Feldkapazität vorliegen. Ist dies der Fall, kann auf Grundlage des natürlichen Retentionsvermögens (Tabelle 3-1) der Versiegelungsgrad einbezogen werden. In Anlehnung an das Kapitel 2 (Tabelle 2-7) wurde die Versiegelung auf Grundlage der BTLNK (2005) in vier Stufen eingeteilt.

Tabelle 3-3: Kategorisierung des Versiegelungsgrades (Grundlage BTLNK 2005)

hoher Versiegelungsgrad (≥ 70 % Versiegelung)	mittlerer Versiegelungsgrad (< 70 bis 50 % Versiegelung)
Industrie, Gewerbe: • Industrie- und Gewerbegebiete • Mülldeponien Verkehrsflächen: • Bundes- u. Landstraßen • Autobahnen • Luftverkehrsflächen • Garagenanlagen anthropogen genutzte Sonderflächen: • Lagerflächen • Ablassstelle, Güllebecken, Spülbecken Wohngebiet: • Blockrand* • Hochhäuser in Blockrandform* Mischgebiet: • historische Altstadt • sonstige städtische Mischgebiete • städtisches Mischgebiet Grün- und Freiflächen: • Fußball- und Tennisplätze (intensiv genutzt) • landwirtschaftliche Betriebsstandorte	Industrie, Gewerbe: • technische Infrastruktur/Ver- und Entsorgung Wohngebiet: • Punktbebauung (Hochhäuser)* • lockere und zeilenartige Hochhausbebauung* • Zeilenbebauung* • städtisch geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • dörfliches Mischgebiet Grün- und Freiflächen: • Sportplätze, höherer Versiegelungsgrad*
geringer Versiegelungsgrad (< 50 bis ca. 25 % Versiegelung)	**Versiegelungsgrad zu vernachlässigen (< 25 % Versiegelung)**
Verkehrsflächen: • (unbebaute) Bahnanlagen* • Parkplatz, sonstige Flächen unversiegelt Wohngebiet: • Burg, Schloss, Kloster, Gut • Einzel- und Reihenhaussiedlung • Einzelanwesen, Landgasthof • bäuerliche Hofstandort, Einzelgehöft, Aussiedlerhof, Landgasthof • Villenbebauung (mit parkartigen Gärten) • ländlich geprägtes Wohngebiet Mischgebiet: • Dorfanger/Dorfplatz* • Ruine Grün- und Freiflächen: • Feriensiedlung • Freizeitparks (intensiv genutzte Flächen) • Campingplätze • kleinere Parkanlagen • Abstandsgrün, gestaltet	Industrie, Gewerbe: • Steinbrüche, sonstige Abbauflächen • Sand- und Kiesgruben • Aufschüttung, Altablagerung • Braunkohletagebau • militärische Sonderbaufläche Mischgebiet: • Bauflächen, offenes Bauerwartungsland Grün- und Freiflächen: • Golfplätze (intensiv genutzt) • Friedhöfe • große Parkanlagen • Garten, Gartenbrache, Grabeland • kleine Fußballplätze • Reitplätze, Rennbahnen

* Prüfung und Verfeinerung anhand der Luftbilder (2005)

Es wird angenommen, dass in stark versiegelten Bereichen (≥ 70 %) das Retentionsvermögen nur sehr gering ist. Bei einer mittleren Versiegelungsrate (< 70 bis 50 %) ist das Retentionsvermögen stark beeinträchtigt, wobei Böden mit sehr guten Eigenschaften bezüglich des Wasserrückhalts bereits positiv wirken können. Es wird eine

Rückstufung um jeweils 2 Stufen vorgenommen. Die Stufen hoch und sehr hoch können damit nicht erreicht werden. Sinkt die Versiegelung auf ein Maß von 25 bis 50 % wird das potentielle Retentionsvermögen um jeweils eine Stufe zurückgestuft. Die Stufe sehr hoch kann damit nicht erreicht werden (vgl. Tabelle 3-4).

Tabelle 3-4: Bewertung des realen Retentionsvermögens im besiedelten Bereich unter Berücksichtigung des Versiegelungsgrades

Versickerungsfähigkeit / **natürliches Retentionsvermögen**	**Versiegelungsgrad (aus Tabelle 3-3)**			
	hoch (≥ 70 %)	mittel (< 70 bis 50 %)	gering (50 bis 25 %)	sehr gering (< 25 %)
sehr hoch	sehr gering	mittel	hoch	Bewertung siehe nachfolgende Ausführung
hoch	sehr gering	gering	mittel	
mittel	sehr gering	sehr gering	gering	
gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	

Flächen im besiedelten Bereich mit einer Versiegelung unter 25 % müssen noch detaillierter betrachtet werden, da die Vegetationsdeckung eine entscheidende Rolle gewinnt. Ihre Bewertung orientiert sich an folgenden Prinzipien:

- Auf gering versiegelten Flächen (bis 25 %) ohne deutlichen Baumbestand kann das Retentionsvermögen die Stufe „mittel“ nicht überschreiten.
- Auf gering versiegelten Flächen (bis 25 %) mit waldartigem Baumbestand (> 30 % Deckung) kann das Retentionsvermögen die Stufe „hoch“ nicht überschreiten.

Die oben genannten Prinzipien missachten jedoch die hohe Bedeutung großer baumbestandener Flächen wie Parkanlagen im besiedelten Raum. Parkanlagen bilden daher eine Sonderkategorie. In Siedlungen stellen sie die Bereiche mit dem größten Retentionspotential dar, da auf diesen Flächen ein verhältnismäßig alter Baumbestand sowie kaum veränderte Bodeneigenschaften angenommen werden können. Das natürliche Retentionsvermögen wurde daher für Parkanlagen mit einem waldartigen Baumbestand über 30 % Deckung ohne Differenzierung um eine Stufe erhöht.

Methodik zur Abschätzung des Retentionsvermögens ohne Kenntnisse über die nutzbare Feldkapazität

Für einige Flächen in der Region lagen keine Angaben zur nutzbaren Feldkapazität und damit zu den Bodeneigenschaften bezüglich des Wasserrückhalts vor. Es handelt sich um überwiegend versiegelte Bereiche (urbane Räume) und stark anthropogen veränderte Böden wie die Bergbaugebiete. Gerade im städtischen Bereich ist das Retentionsvermögen jedoch von Bedeutung für die Planung, um beispielsweise das Potential zur Entsiegelung abschätzen zu können. Hierzu wurde eine Methode entwickelt, die das Retentionsvermögen auf stark eingeschränkter Datenlage bewertet. Dazu wurde der Versiegelungsgrad mit der Hangneigung verschnitten, wie in Tabelle 3-5 dargestellt.

Tabelle 3-5: Bewertung des Retentionsvermögens unter eingeschränkter Datenlage

Versickerungsfähigkeit / **Hangneigung**	**Versiegelungsgrad (aus Tabelle 3-3)**			
	hoch (≥ 70 %)	mittel (< 70 bis 50 %)	gering (> 50 bis 25 %)	sehr gering (< 25 %)
> 9 %	kein Retentionsvermögen	kein Retentionsvermögen	gering	gering
2 bis 9 %	kein Retentionsvermögen	gering	gering	mittel
< 2 %	kein Retentionsvermögen	gering	mittel	mittel

Im nächsten Schritt wurden jene Flächen hochgestuft, die einen Baumbestand mit über 30 % Bedeckung aufweisen. Es handelt sich um eine sehr grobe Abschätzung, die in jedem Fall in lokalen Konzepten verfeinert werden muss. Dennoch können mit Hilfe dieser Bewertung Räume mit Retentionspotential aufgezeigt und eine flächendeckende Einschätzung für die gesamte Region vorgenommen werden.

3.4.2 Anpassungskapazität

Wie aus den Erläuterungen zur nutzungsbedingten Sensitivität deutlich wird, ist die Landnutzung bzw. die Vegetationsbedeckung entscheidend für das Retentionsvermögen. Auf die Unsicherheiten aber auch Potentiale zur Bewertung von Wäldern wurde bereits verwiesen. Des Weiteren kann auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in sehr unterschiedlichem Maße Wasser zurückgehalten werden. Bewirtschaftungsverfahren, die den Humusgehalt des Bodens langfristig erhöhen oder möglichst ganzjährig eine Vegetationsdeckung sicherstellen, wirken sich prinzipiell positiv auf das Retentionsvermögen aus (vgl. Kap. 6.4). Die Anbauformen und Fruchtarten werden jedoch betriebsintern und relativ flexibel festgelegt. Es fällt zudem auf, dass mit der Gebietsreform auch die statistische Erhebung von landwirtschaftlichen Daten noch gröber als bisher für lediglich drei Kreise vorgenommen wird. Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund von Planungsstrategien im Klimawandel äußerst kritisch zu betrachten, da selbst Entwicklungen der Vorjahre nicht differenziert ausgewertet werden können. Eine Prognose von Anbauspektren in der Landwirtschaft ist angesichts regelmäßig wechselnder EU-Förderrichtlinien und -gelder nahezu unmöglich, so dass insgesamt für die Bewertung der Anpassungskapazität in Bezug auf das Retentionsvermögen auf keine verlässlichen Informationen zurückgegriffen werden konnte.

3.4.3 Vulnerabilität

Für die Vulnerabilität gegenüber Starkregenereignissen wurden die Wassererosionsdisposition und das Retentionsvermögen betrachtet. Beide Vorgänge sind miteinander verknüpft. So erhöht sich der Schaden durch Wassererosion, wenn die Böden das Oberflächenwasser nicht schnell genug aufnehmen. Umgedreht kann die Fähigkeit des Bodens Wasser zu versickern deutlich abnehmen, wenn die Böden verschlämmen – eine direkte Folge der Erosion durch Wasser. Vermeidungskapazitäten konnten, wie unter 3.3.2 erläutert, nur eingeschränkt betrachtet werden, da kaum Angaben zu landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsverfahren oder Statistiken zum Fruchtartenanbau für die regionale Ebene vorliegen. Hier besteht erheblicher Informationsbedarf. Es ist jedoch abzusehen, dass es sich um Daten handelt, die kaum für die Zukunft abzuschätzen sind, so dass ein erhebliches Maß an Unsicherheit verbleibt. Wichtig erscheint vielmehr vorausschauend mit Hilfe einer geeigneten Fördermittelvergabe und Förderkulisse steuernd auf Landnutzungen wie die Landwirtschaft einzuwirken.

Ergebnisse

Als Gebiete mit geringem Retentionsvermögen sind in der Region Westsachsen die Lößhügelländer aber auch landwirtschaftlich genutzte Räume in den Übergangslagen zwischen Oschatz, Wurzen, Dahlen und Eilenburg zu nennen (vgl. Abbildung 3-6, Karte 3_1). Diese Flächen zeigen zudem eine besonders hohe Vulnerabilität gegenüber Wassererosion. Sind die Ackerflächen noch nicht ausreichend mit Vegetation bedeckt (zu Beginn der Vegetationsperiode, auf Maisfeldern bis in den Frühsommer) und kommen Starkregenereignisse hinzu, sind deutliche Schäden zu erwarten. Dies betrifft den Verlust von fruchtbarem Oberboden, die Verschlämmung von Straßen, Gräben und Kanalisation aber auch die Eutrophierung von Gewässern. Vermeidungsmaßnahmen richten sich hauptsächlich an die Landwirtschaft (vgl. Kap. 6.4).

Ein sehr geringes Retentionspotential besteht erwartungsgemäß in den Siedlungen. Es fällt jedoch auf, dass die Böden in der Umgebung von Leipzig insgesamt ein hohes bis sehr hohes Retentionspotential aufweisen (vgl. Abbildung 3-6, Karte 3_1). Dementsprechend vorsichtig sollte mit der Neuversiegelung im suburbanen Raum umgegangen werden. Hier besteht das größte Risiko für den Verlust wertvoller Flächen. Gleichwohl wird deutlich, dass auch innerstädtische Flächen potentiell zur Versickerung genutzt werden können, sofern sie nicht grundwassernah liegen.

Ein hohes bis sehr hohes Retentionsvermögen wird derzeit unter allen Waldflächen erreicht, aber auch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im Tiefland wie nördlich und südöstlich von Leipzig sowie in der Elbaue. Das hohe Wasserrückhaltevermögen dieser Böden ist zu erhalten.

Die langfristige Erhöhung des Retentionsvermögens von Böden mit geringem Wasserrückhaltevermögen (z. B. waldfreie Flächen der Heidegebiete, Bergbaukippen und Taucha-Eilenburger Endmoräne) ist besonders zu diskutieren (Abbildung 3-6, Karte 3_1). Diese Böden weisen neben einem geringen Retentionsvermögen zugleich nur eine geringe Bodengüte auf, so dass eine intensive landwirtschaftliche Nutzung unter veränderten Klimabedingungen zu hinterfragen ist. Bei Entscheidungen über Aufforstungen spielen gleichwohl auch andere Aspekte eine Rolle, so beispielsweise die jeweilige Landschaftstypik und Eigenart.

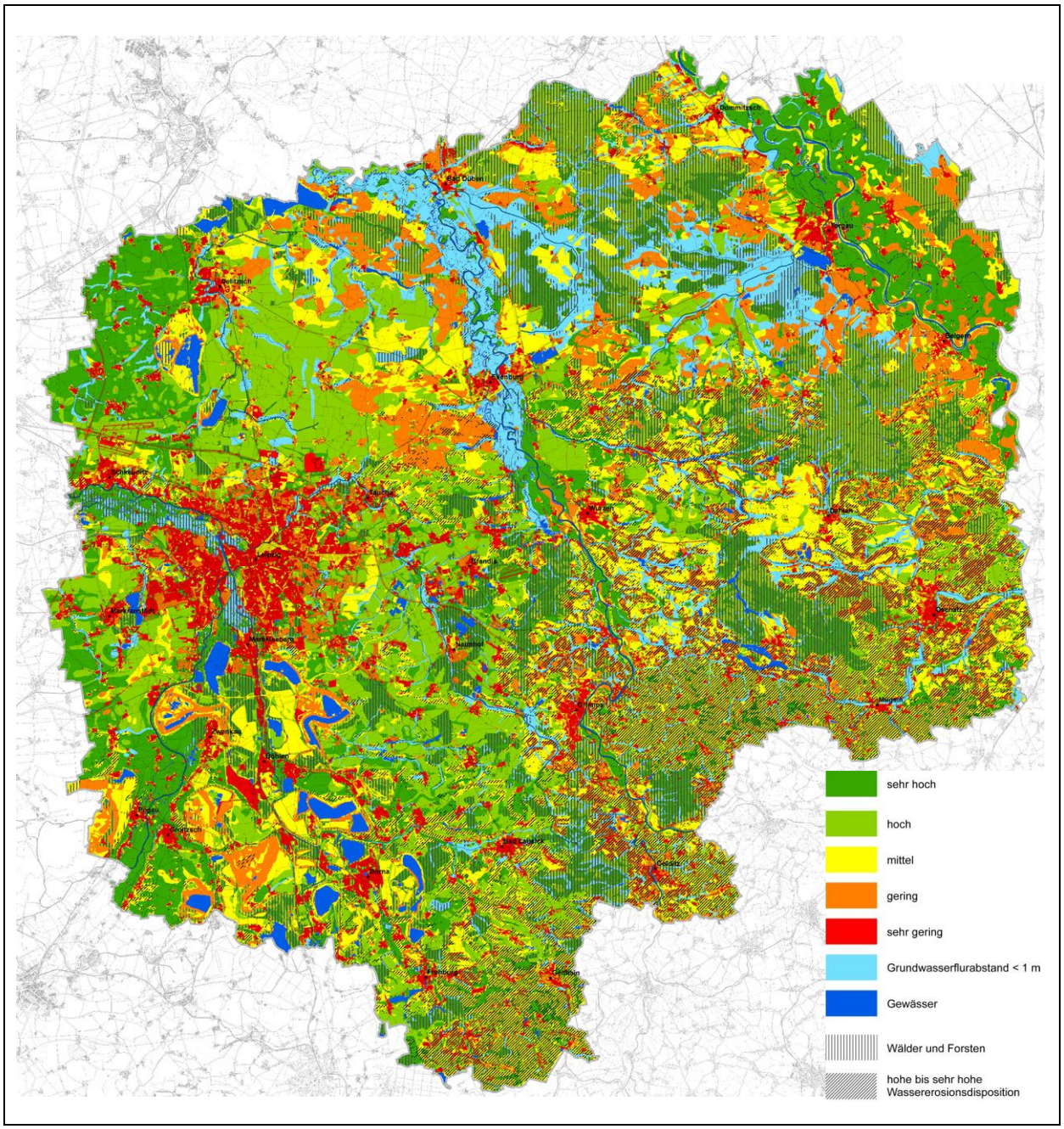

Abbildung 3-6: Retentionsvermögen in der Region Westsachsen unter Berücksichtigung der Landnutzung (auf Grundlage der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 2005)

3.5 Vertiefende Untersuchung zum Abflussgeschehen im Fokusgebiet „Ostelbien“

„Ostelbien“ liegt im nordöstlichen Zipfel der Region und umfasst die Gemeinden Arzberg und Beilrode. Das Gebiet wird geprägt durch die offene, überwiegend landwirtschaftlich genutzte, ebene Elbauenlandschaft und die Ausläufer der Annaburger Heide mit ihren Binnendünenausbildungen. Im regionalen Vergleich gehört Ostelbien bereits heute zu den trockensten und wärmsten Teilräumen. Diese klimatische Charakteristik wird sich mit den Klimaänderungen deutlich verstärken. Die Prognosen zeigen eine sehr angespannte klimatische Wasserbilanz für die kommenden Jahrzehnte.

Im Jahr 2010 traten entgegen den Erwartungen überdurchschnittlich hohe Niederschläge auf, die sachsenweit 130 % bis 150 % über den jährlichen Normallwerten lagen. Ostelbien war im besonderen Maße betroffen, da es mit seiner Lage in der Elbtalwanne direkt an den Wasserstand der Elbe angebunden ist. Die Grundwasserstände stiegen beträchtlich. Infolge dessen konnte das Niederschlagswasser auf den Feldern schlecht versickern und es kaum zu einer Überstauung vieler Flächen vom Herbst bis in den Winter. Zudem wurden die Keller einiger Wohnhäuser über längere Zeiträume unter Wasser gesetzt. Als Ursache wurde vornehmlich von Landwirten und Anwohnern der Zustand der Fließgewässer und Gräben angesehen, die nur noch unregelmäßig durch die Gemeinden gepflegt werden. Im Rahmen des MORO-Vorhabens wurde den Gemeindevertretern von Ostelbien angeboten, das aktuelle Gewässernetz mit dem historischen Zustand zu vergleichen, um z. B. eine Grundlage für ein Gewässersanierungs-/Renaturierungskonzept zu schaffen.

Methodisch wurden die historischen Messtischblätter von 1900-1920 mit dem aktuellen Zustand auf Basis der Topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 verglichen und die jeweils nachzuweisenden Vorfluter digitalisiert. Es handelte sich lediglich um einen quantitativen Vergleich, Aussagen zur qualitativen Ausprägung der Gräben bzw. Fließgewässer waren auf der verwendeten Datengrundlage nicht möglich. Deutlich wurde ein Rückgang der offenen Gräben insbesondere auf den landwirtschaftlichen Flächen von etwa 13,5 m/Hektar um 1920 auf 7,6 m/Hektar zum gegenwärtigen Zeitpunkt (vgl. Abbildung 3-7). Es ist daher zu prüfen, ob das verbliebene Netz der Vorfluter überhaupt in der Lage ist, überschüssiges Niederschlagswasser geordnet abzuführen. Gleichzeitig wurde deutlich, dass vorschnelle Entschlüsse zur Grabenvertiefung als Reaktion auf die Ereignisse eines Jahres keine nachhaltige Lösung darstellen. Langfristig wird sich das Problem der Wasserknappheit im Gebiet angesichts der Klimaprognosen verschärfen. Gefragt sind daher nachhaltige Gewässerkonzepte, die Wasser einerseits bei Starkregen abführen, andererseits den Wasserhaushalt in Trockenperioden nicht zusätzlich belasten. Den Gemeinden Beilrode und Arzberg wurde daher nahe gelegt, für die Grabensanierung ein Konzept von hydrologischen Experten anfertigen zu lassen.

Die Witterung des Jahres 2010 ist nicht unmittelbar den Folgen des Klimawandels zuzuordnen. Am Beispiel Ostelbiens wurde jedoch deutlich, welche räumlichen Auswirkungen Extremereignisse mit sich bringen können; in diesem Fall die Folge von extremen Niederschlagsmengen innerhalb eines Jahres. In der gemeinsamen Diskussion mit Betroffenen und Gemeindevertretern wurde deutlich, dass zukünftige Anpassungskonzepte Extremereignisse nicht nur in der gerade zu spürenden Form einbeziehen dürfen. Für nachhaltige Planungen sind mehr denn je gleichermaßen Trockenheit und Hitze aber auch Starkregenereignisse einzubeziehen.

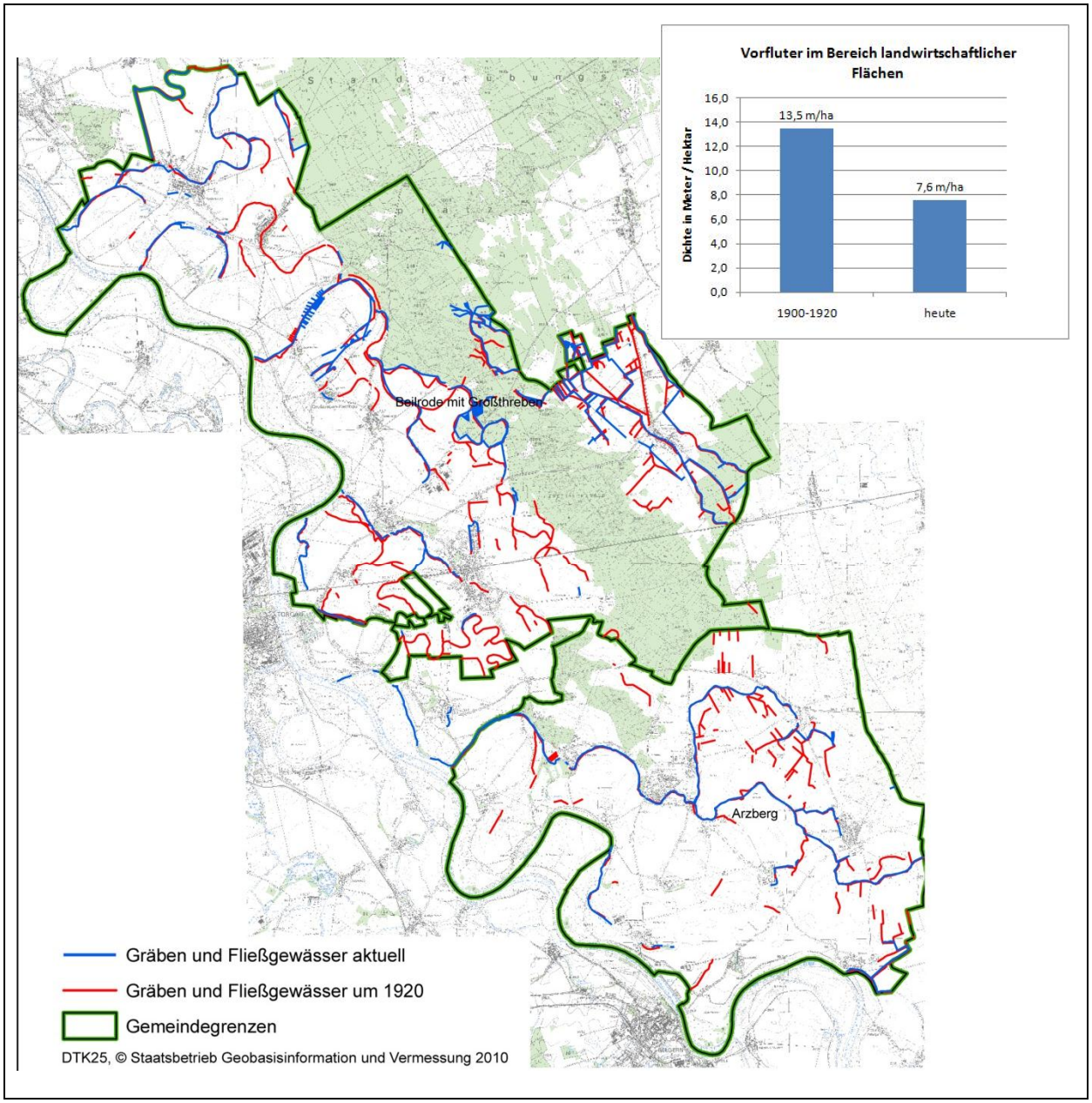

Abbildung 3-7: Ergebnisse der Grabenkartierung im Fokusgebiet Ostelbien auf Grundlage historischer und aktueller Messtischblätter

4 Vulnerabilität gegenüber Hochwasser

Die Region wird von drei großen Flüssen geprägt: der Elbe, der Mulde und der Weißen Elster. Es versteht sich deshalb, dass die Region schon bislang mit Hochwassersituationen umgehen musste. Betrachtet man mögliche Auswirkungen des Klimawandels, wird das Thema auch weiterhin aktuell sein. Ggf. sind die bisherigen Handlungsansätze zu überprüfen und zu verändern.

4.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

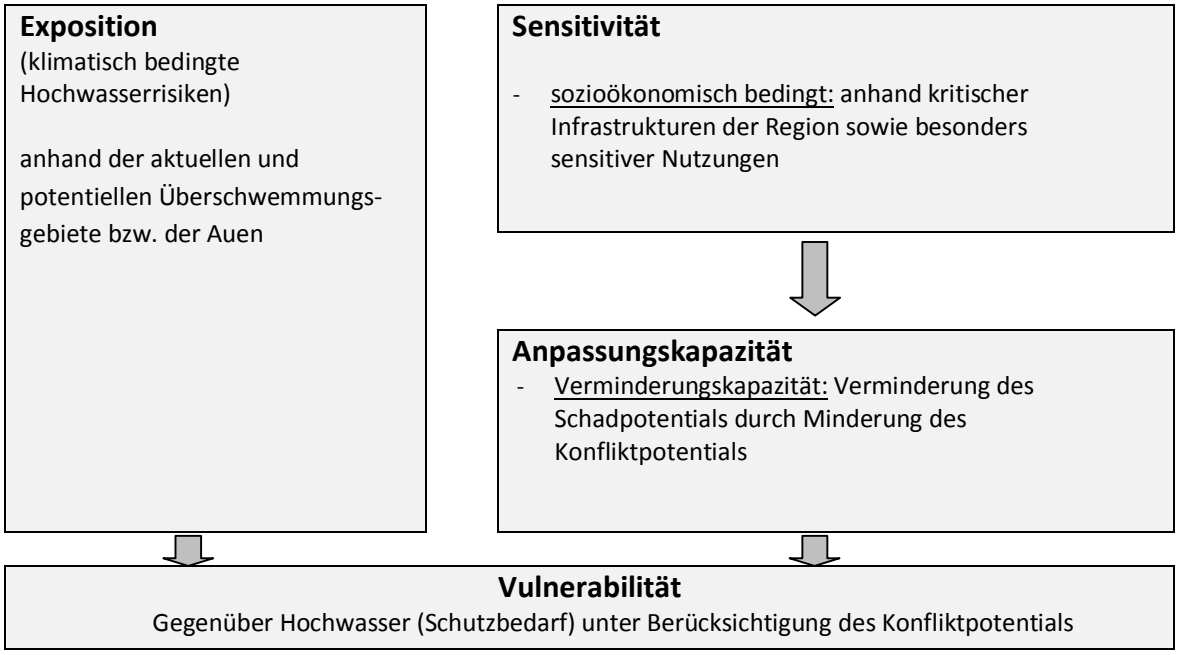

Abbildung 4-1: Überblick über den methodischen Ansatz

4.2 Exposition

Da im Rahmen des vorliegenden Projektes keine gesonderten Prognosemodelle erarbeitet werden konnten und die ausgewerteten Klimaprojektionen (vgl. Kap. 1) keine differenzierten Angaben zur künftigen Hochwasserwahrscheinlichkeit beinhalten, kann die künftige Entwicklung nur anhand der gegenwärtigen Hochwassersituation abgeschätzt werden. Gerade kurzfristige Extremereignisse lassen sich noch immer schwer durch Klimamodelle reproduzieren, die Unsicherheit jeglicher Prognosen in Bezug auf Hochwassersituationen ist deshalb ausgesprochen hoch (vgl. FESKE 2009). Es besteht ein erheblicher Forschungsbedarf die Entwicklung des Abflussverhaltens der Fließgewässer der Region detaillierter zu prognostizieren.

Im Sommerhalbjahr werden sowohl längere Trockenperioden als auch extreme Niederschlagsereignisse zunehmen. So steigt die Anzahl der Tage im Sommer mit Vb-Wetterlagen seit ca. 1950 an (STOCK 2003). Vb-Wetterlagen haben in der Vergangenheit vielfach **sommerliche Hochwasser** ausgelöst, so z. B. das Hochwasser an Elbe und Mulde 2002, aber auch das Hochwasser an der Oder 1997 (nähere Ausführungen zu Prognosen von Starkregenereignissen und Vb-Wetterlagen siehe Kapitel 3.2). Insgesamt dürfte die Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen nicht ab- sondern eher zunehmen.

Im Winter werden in Sachsen nach den bisherigen Untersuchungen trotz Zunahme der Mittel der Niederschlagshöhen keine signifikanten Veränderungen extremer Niederschlagsereignisse erwartet (KÜCHLER 2005, SMUL 2008). Für Westsachsen sind zwar im Winter auch teilweise höhere Niederschlagssummen zu erwarten (vgl. Kap. 1.4.3), ob damit aber zugleich höhere Risiken winterlicher Hochwassersituationen verbunden sind, lässt sich gegenwärtig nicht sicher ableiten. Deshalb wird trotz der Unsicherheiten im vorliegenden Projekt davon ausgegangen, dass die Risiken **winterlicher Hochwasser** auf dem gegenwärtigen Niveau bleiben oder sich gar erhöhen.

Die **Methode zur Abschätzung der Exposition gegenüber Hochwasserereignissen** lehnt sich an die Gefahrenstufen aus dem Schweizer Leitfaden zur Umsetzung der Gefahrenkarte Hochwasser (BAUDIREKTION KANTON ZÜRICH 2003) an. Dazu wurden im ersten Schritt ausgewählte Gewässer 1. Ordnung anhand der Überschwemmungstiefe bzw. ihres spezifischen Abflusses in drei Intensitätsstufen unterschieden (vgl. Tabelle 4-1). Datengrundlage bildete die Gefahrenhinweiskarte Sachsen (LFUG 2005). Im zweiten Schritt wurde die naturräumliche Exposition gegenüber Hochwasser in der Verschneidung aus Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit (HQ_{100}, HQ_{extrem}) ermittelt. In den Auenbereichen außerhalb der Gewässer 1. Ordnung war eine solche Einschätzung aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Um dennoch Aussagen zu Gefahrenschwerpunkten vornehmen zu können, wurden Auen mit einem Talgefälle über 3° hervorgehoben (vgl. Tabelle 4-2).

Tabelle 4-1: Einteilung in Intensitäten in Abhängigkeit von Überschwemmungstiefe und spezifischem Abfluss

	Überschwemmungstiefe	spezifischer Abfluss (nur für den Unterlauf der Zwickauer Mulde)
starke Intensität	> 2 m	> 2 m²/s
mittlere Intensität	2 m bis 0,5 m	0,5 – 2 m²/s
schwache Intensität	< 0,5 m	< 0,5 m²/s

Tabelle 4-2: Ermittlung naturräumlichen Exposition gegenüber Hochwasser

		Intensität (Überschwemmungstiefe/spezifischer Abfluss)			
		> 2m > 2 m²/s	0,5 m bis 2 m 0,5 – 2 m²/s	< 0,5 m < 0,5 m²/s	Auen mit Gefälle[5] > 3°
Eintritts-wahrscheinlichkeit-	HQ 100	sehr hoch	hoch	mittel	
	HQ extrem	hoch	mittel	gering	
	keine Angaben				hoch

4.3 Sensitivität

Sensitiv sind generell diejenigen Nutzungen und Infrastrukturen, die durch Hochwasser potentiell einen erheblichen Schaden erleiden würden. In der Analyse erfolgte zielorientiert eine Beschränkung auf Nutzungen und Infrastrukturen hoher sozioökonomischer Sensitivität. Diese umfassen zum einen **kritische Infrastrukturen.** Darunter sind Infrastrukturen zu verstehen, die von regionaler und überregionaler Bedeutung sind und deren zeitweiser Verlust oder Beeinträchtigung erhebliche negative Folgewirkungen für die Region hätte. Beispiele sind Verkehrsverbindungen, die für die Anbindung ganzer Regionsteile von entscheidender Bedeutung sind, oder Infrastrukturen der Wasser- oder Energieversorgung, die für einen erheblichen Teil der Bevölkerung der Region lebensnotwendig sind. Kritische Infrastrukturen rechtfertigen einen höheren Schutzaufwand.

Als hoch sensitiv werden zum anderen auch **Wohn- und Mischbauflächen** eingestuft, also Gebiete, die Wohnfunktionen erfüllen und im Sinne des Schutzes von Leib und Leben eine besondere Rolle spielen. Andere Nutzungen wie z. B. landwirtschaftliche Nutzungen in Überschwemmungsgebieten weisen demgegenüber eine geringere Sensitivität auf. Sie sollten auf nachfolgenden Planungsebenen und beispielsweise in Hochwasserschutzkonzepten thematisiert werden.

Tabelle 4-3: Nutzungen und Infrastrukturen mit hoher Sensitivität gegenüber Hochwasser
Quellen: BTLNK 2005, LFUG 2005, RPV 2008 (RENUK)

Hohe Sensitivität gegenüber Hochwasser
Wohn- und Mischbauflächen
Wassergewinnungs- und -betriebsanlagen mit einer Versorgungsleistung für mehr als 2000 Einwohner
Bereiche der Wasserversorgung (Brunnen in der Trinkwasserschutzzone I)
Regional bedeutsame Straßenverbindungen
Überregional bedeutsame Straßenverbindungen
Regional bedeutsame Bahntrassen
Überregional bedeutsame Bahntrassen
Hochspannungstrassen
Gewerbegebiete mit potentieller regionaler Bedeutung (ab 3 ha Größe)

[5] Auenbereiche außerhalb der in der Gefahrenhinweiskarte Sachsen (LFUG 2005) bewerteten Gewässerabschnitte

4.4 Anpassungskapazität

Von einzelnen Objekten oder Nutzungen kann ein erhebliches Gefährdungspotential im Falle eines Hochwassers ausgehen. Beispielweise kann durch die Überschwemmung von Silosickersaftbehältern oder Kläranlagen die Fließgewässerqualität erheblich beeinträchtigt werden. Weitere Risikonutzungen sind Industriegebiete, in denen gesundheitsgefährdende Stoffe lagern oder Leitungen für den Transport riskanter Stoffe. Unter „Anpassungskapazität" in Bezug auf Hochwasserereignisse kann deshalb die Verminderung des Schadenspotentials (**Verminderungskapazität**) verstanden werden, in dem nicht standortgebundene gefährdende Objekte oder Infrastrukturen wie z. B. Silosickersaftbehälter langfristig verlagert und standortgebundene Objekte oder Infrastrukturen mit einem hohen oder sehr hohen Gefährdungspotential besonders geschützt werden.

Tabelle 4-4: Objekte und Infrastrukturen mit hohem Gefährdungspotential
Quellen: BTLNK 2005, LFUG 2005, RPV 2008 (RENUK)

Objekt oder Nutzung mit hohem Gefährdungspotential
Kläranlagen mit einem Einzugsbereich von über 1000 Einwohnern
Landwirtschaftliche Siloanlagen
Landwirtschaftliche Güllebecken und Ablassstellen
Industrie- und Gewerbeanlagen
Deponien
Gasleitungen
Produktenleitungen

Die Industrie- und Gewerbeanlagen konnten im Rahmen der flächendeckenden Vulnerabilitätsanalyse nicht differenzierter hinsichtlich ihres Schadenspotentials betrachtet werden. Für lokale Handlungskonzepte ist eine detaillierte Prüfung des Schadenspotentials sowie der sozioökonomischen Sensitivität zu empfehlen.

4.5 Vulnerabilität

4.5.1 Sozioökonomische Vulnerabilität

Um die sozioökonomische Vulnerabilität gegenüber Hochwasserschäden zu ermitteln, wird die Sensitivität von Nutzungen, Objekten und Infrastrukturen mit der naturräumlichen Exposition verschnitten. Alle hoch sensitiven Nutzungen bzw. Objekte, welche im Bereich des HQ_{100} und Gebieten mit einer Überschwemmungstiefe von über 2 m liegen, werden als sehr hoch vulnerabel eingestuft (vgl. Tabelle 4-5). Nutzungen mit hoher Sensitivität und hoher naturräumlicher Exposition gemäß der Bewertung in Tabelle 4-2 wurden als hoch vulnerabel bewertet.

Tabelle 4-5: Methodik zur Ermittlung der Vulnerabilität gegenüber Hochwasser

Exposition / **Sozioökonomische Sensitivität**	**sehr hoch** (HQ_{100} und Überschwemmungstiefe > 2 m bzw. spezifischer Abfluss > 2 m²/s)	**hoch** (vgl. Tabelle 4-2)
hoch	sehr hoch	hoch

Um räumliche Aussagen treffen zu können, wurden Konzentrationsbereiche von Einzelobjekten und -nutzungen über eine Dichteanalyse im ArcGIS mit Hilfe des „Kernel-Density"-Verfahrens erfasst. Ziel war es, regional bedeutsame Konzentrationsbereiche zu ermitteln, für die ein besonderer Schutzbedarf besteht.

Ergebnisse

Konzentrationsbereiche mit **sehr hoher sozioökonomischer Vulnerabilität** zeigen sich in der Muldenaue (zwischen Eilenburg und Wurzen sowie zwischen Grimma und der südlichen Regionsgrenze, vgl. Abbildung 4-2) und in der Elbaue um Torgau. In diesen Bereichen besteht ein besonders großer Schutzbedarf von Wohnbebauung und Infrastruktur (vgl. schutzbedürftige Bereiche in Karte 4_1 und 4_2).

Bereiche mit **hoher Vulnerabilität** treten deutlich in höherer Dichte in der Muldenaue bei Eilenburg und Grimma hervor. Ursache sind Wohngebiete und Infrastrukturen, die im Bereich des HQ_{extrem} errichtet wurden. In der Elbaue weisen viele Wohnnutzungen und überregionale Straßen- und Bahnverbindungen eine hohe sozioökonomische Vulnerabilität auf, die nachweislich vom Hochwasser 2002 betroffen waren (vgl. Abbildung 4-2 schutzbedürftige Bereiche in Karte 4_1 und 4_2).

Auffällig sind Wohnbebauungen in potentiellen Überschwemmungsbereichen in nahezu allen größeren Städten. Auch wenn die Überschwemmungsintensität bzw. -häufigkeit anhand der gewählten Bewertung nur eine mittlere oder geringe Exposition aufweist, sind Hochwasserereignisse nicht auszuschließen. In jedem Fall sind Präzisierungen auf der kommunalen Ebene notwendig.

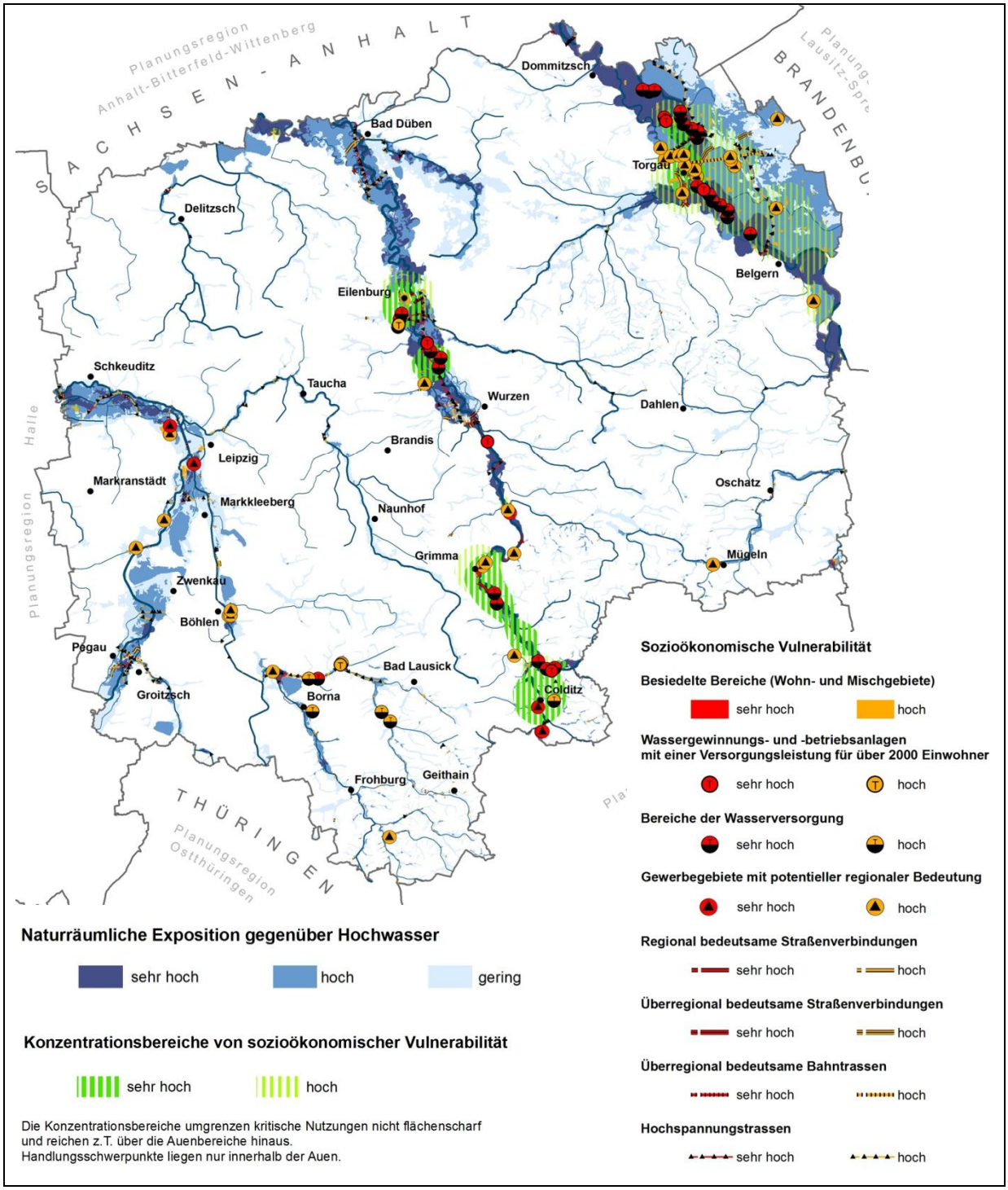

Abbildung 4-2: Einzelrisiken und Konzentrationsbereiche mit sozioökonomischer Vulnerabilität

4.5.2 Konfliktpotential

Objekte und Infrastrukturen mit hohem Gefährdungspotential wurden mit der naturräumlichen Exposition verschnitten. Im Ergebnis zeigen sich Bereiche mit hohem und sehr hohem Konfliktpotential, je nach Lage im Überschwemmungsbereich. Tabelle 4-6 verdeutlicht die Einstufung.

Tabelle 4-6: Verschneidungsmatrix zur Ermittlung des Konfliktpotentials im Hochwasserfall

Exposition / **Gefährdungspotential**	**sehr hoch** (HQ_{100} und Überschwemmungstiefe > 2 m bzw. spezifischer Abfluss > 2 m²/s)	**hoch** (vgl. Tabelle 4-2)
hoch	sehr hoch	hoch

Die Dichteanalyse der Orte mit Gefährdungspotential stellt Räume mit besonderem Handlungsbedarf heraus, da von ihnen im Hochwasserfall ein erhebliches Schadenspotential ausgeht.

Ergebnisse

Die Vulnerabilitätsanalyse zeigt Konzentrationsbereiche mit **sehr hohem Gefahrenpotential** im Hochwasserfall im Stadtgebiet von Leipzig, in der Elsteraue nördlich von Pegau und Groitzsch und in der Wyhraaue bei Borna. Ein besonderes Gefährdungspotential geht auch von den Nutzungen in der Muldenaue bei Bad Düben und Colditz sowie in der Elbaue zwischen Torgau und Dommitzsch bzw. nördlich von Dommitzsch aus (vgl. Abbildung 4-3, Karten 4_1 und 4_3).

Räume mit hohem Gefährdungspotential verteilen sich insbesondere über die Elbaue und kleinräumig in der Muldenaue. Im Südwesten der Region bündeln sich viele Leitungstransporte aber auch Gewerbeflächen. Eine hohe Dichte an Siloanlagen fällt in der Wyhraaue und vor allem in der gesamten Elbaue auf (vgl. Abbildung 4-3, Karten 4_1 und 4_3).

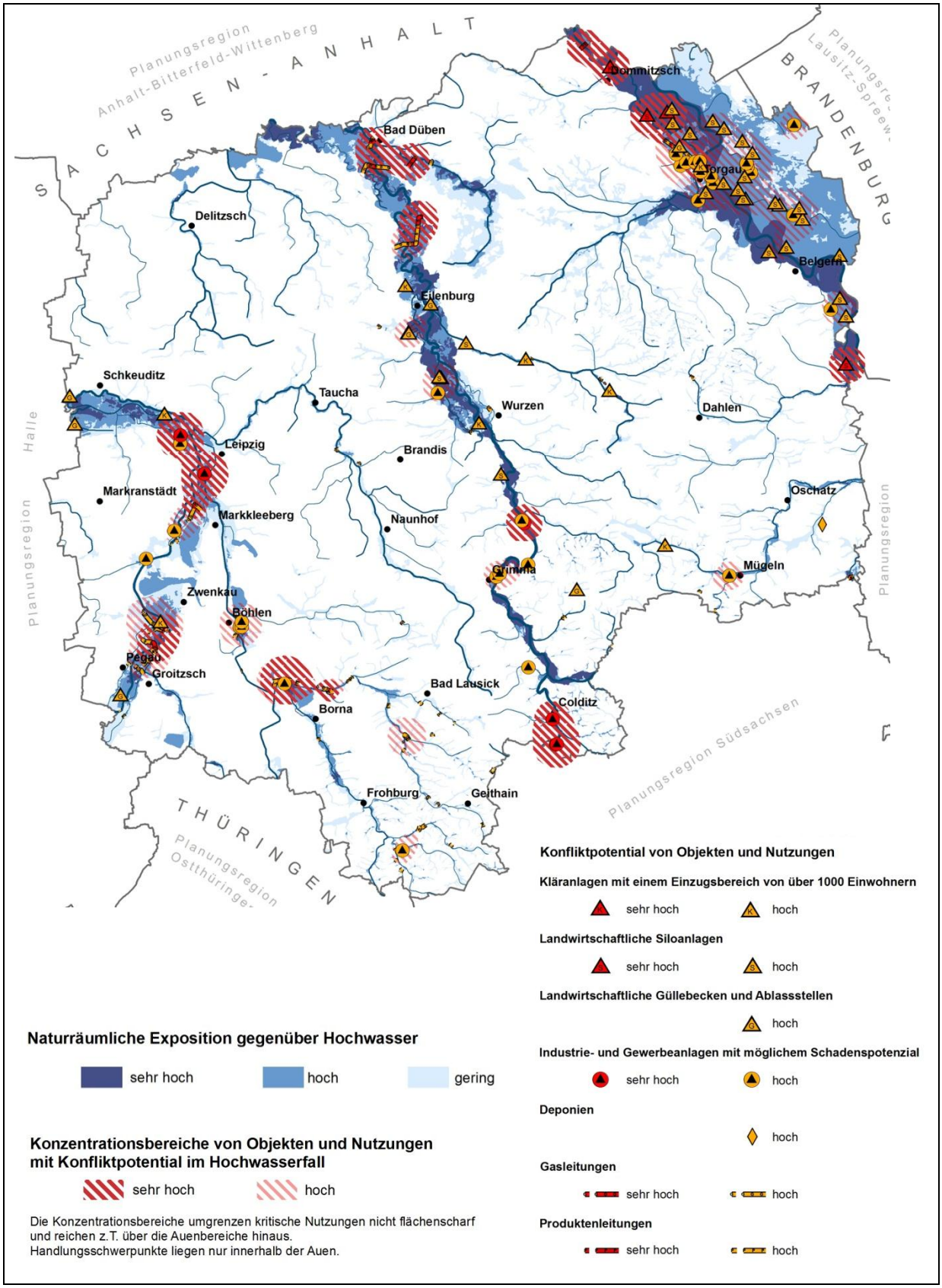

Abbildung 4-3: Einzelrisiken und Konzentrationsbereiche mit hohem bis sehr hohem Konfliktpotential

4.5.3 Vulnerabilität gegenüber Hochwasser unter Berücksichtigung des Konfliktpotentials

Die Sozioökonomische Vulnerabilität und das Konfliktpotential zeigen durchaus unterschiedliche räumliche Schwerpunkte. Gleichwohl ist eine deutliche Konzentration von sehr hohem Schutzbedarf und Konfliktpotential in der Elbaue zu erkennen, aber auch in der gesamten Muldeaue (vgl. Abbildung 4-4, Karte 4_1). In diesen Räumen besteht der größte Handlungsbedarf.

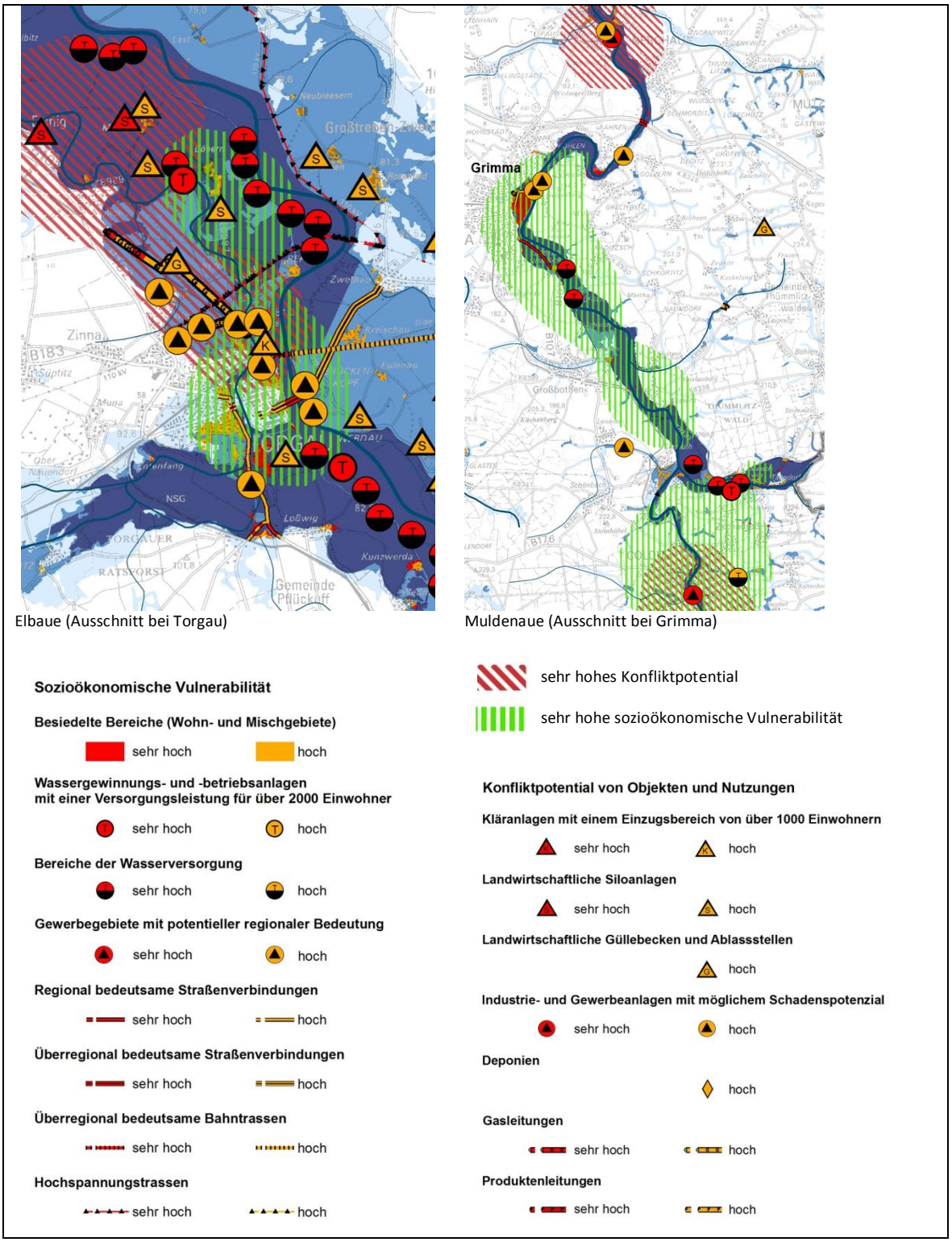

Abbildung 4-4: Räume mit vordringlichster Handlungspriorität

5 Vulnerabilität gegenüber einer Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots

Während die für Deutschland vorliegenden Klimamodelle in vielen Regionen eine Erhöhung der Winterniederschläge erwarten lassen, nehmen die **Sommerniederschläge** zumindest in der Mehrzahl der Modelle ab. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist also von einer Zunahme der kontinentalen Sommertrockenheit über den großen Landmassen der mittleren Breiten und dadurch bedingt einer Zunahme von Niederschlagsdefiziten während der Vegetationszeit auszugehen (vgl. auch KÜCHLER 2005, KUNKA 2004, SMUL 2008), so dass für die Region Westsachsen die Vulnerabilität in Bezug auf eine Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots näher untersucht wird.

5.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz:

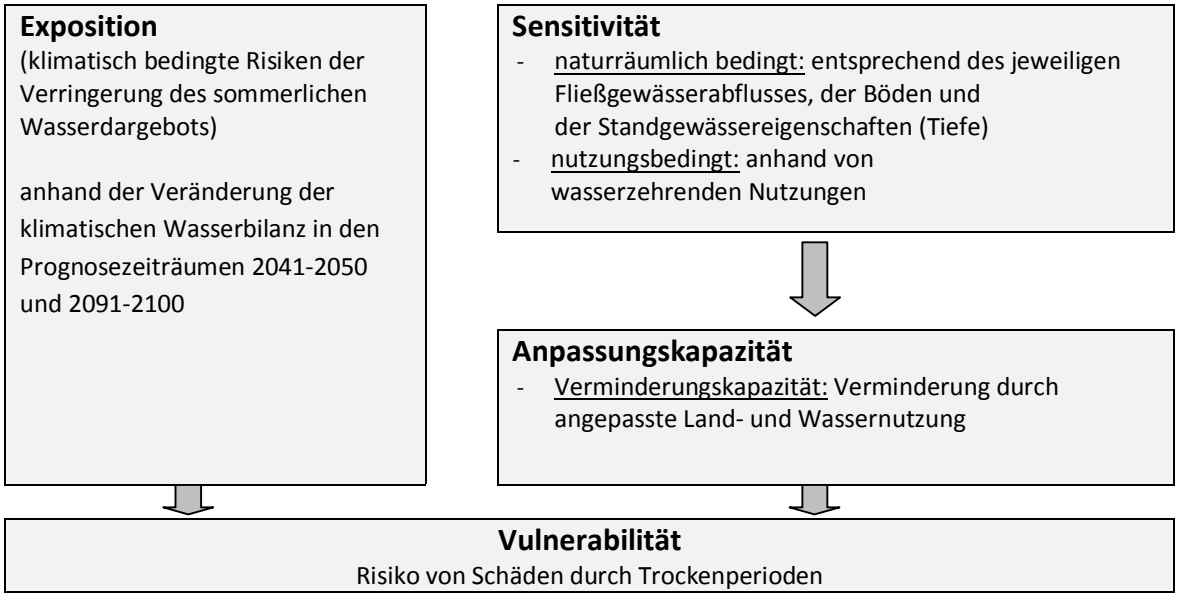

Abbildung 5-1: Überblick über den methodischen Ansatz

5.2 Exposition

Um die klimatisch bedingten Risiken von Trockenperioden in der Region ableiten zu können, wurde die klimatische Wasserbilanz als Indikator verwendet. Differenzierte Einflüsse der Vegetation und des Bodens werden derzeit im Projekt KliWES untersucht, konnten aber im Rahmen des hier vorliegenden Projektes noch nicht berücksichtigt werden.

Bei **steigenden Durchschnittstemperaturen**, können sich wichtige Einflüsse auf die Wassertemperaturen ändern, die folgende Punkte umfassen:

- Durch den Strom latenter Wärme an der Grenzfläche Wasser-Luft geht Wärme aus der Luft auf das Wasser über.
- Da die Grundwassertemperaturen von den mittleren Lufttemperaturen abhängig sind, werden auch sie steigen. Das beeinflusst direkt die Temperatur des Quellwassers. Da sich Grundwasser über längere Zeit in tiefen Schichten des Bodens hält, kann der Temperaturanstieg abhängig von hydrogeologischen Bedingungen um Jahre bis Jahrzehnte verzögert eintreten. [6]
- Durch frühere Schneeschmelze oder jahreszeitliche Änderungen der Abflussmengen könnten die Wassertemperaturen früher oder stärker ansteigen. [7, 8]
- Es können durch die Klimaänderung bedingte Veränderungen in der Vegetation der Gewässerufer auftreten, die wiederum über eine veränderte Beschattung und Wasserbewegung durch Wind auf die Wassertemperaturen rückwirken können.

Die **klimatische Wasserbilanz** ist in Westsachsen vor allem durch die Verknappung der potentiellen Wasserverfügbarkeit im Sommerhalbjahr bei einer gleichzeitigen Temperaturerhöhung charakterisiert. Während sich nach WEREX IV die durchschnittliche Sommertemperatur im Hügelland des Zeitraums 2091 bis 2100 um bis zu drei Grad erhöht, sinkt der projizierte Niederschlag um bis zu ca. 15 % (vgl. Tabelle 1-10). Aber auch das Winterhalbjahr weist eine deutlich sinkende Wasserbilanz auf. Während vor allem in den Hügelländern besonders ausgeprägte Rückgänge zu erwarten sind, verschärft sich wohl zukünftig die Situation der bereits heute von akuter Trockenheit geprägten Tieflagen drastisch (vgl. Kapitel 1.4.4). Die Wasserbilanz ist in vier Klimaräume differenziert (vgl. Kapitel 1.5). Die ganzjährig größte Trockenheit ist in den Tieflagen (im Norden und Nordwesten) – insbesondere in der Elbaue – zu erwarten. Die deutlichsten Rückgänge zeigen sich dagegen im Bereich der Hügelländer. Dennoch wird nach wie vor um Kohren-Sahlis und Geithain die höchste Niederschlagssumme projiziert.

[6] www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Wirkung_des_Klimawandels_auf_Wassertemperaturen_von_Fliessgewaessern.pdf
[7] http://www.biosphaere.info/biosphaere/index.php?artnr=000219
[8] www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Wirkung_des_Klimawandels_auf_Wassertemperaturen_von_Fliessgewaessern.pdf

5.3 Sensitivität

5.3.1 Naturräumlich bedingte Sensitivität von Fließgewässern

Global betrachtet sind Fließgewässerökosysteme in ihrer Biodiversität am stärksten gefährdet (JENKINS 2003 & DUDGEON ET AL. 2006; IN: BRUNKE O.J.). Eine abnehmende Wasserführung verschlechtert in der Regel die Wasserqualität, z. B. bezüglich Wassertemperatur, Sauerstoff- und Ammoniumgehalt (Ficke et al. 2007; in: Brunke o.J.). Damit kann ein verstärktes Wachstum submerser Makrophyten verbunden sein, welches das Gerinne zusätzlich einengt. Die folgende Abbildung gibt auf verschiedenen Betrachtungsebenen einen schematischen Überblick über mögliche Auswirkungen bei einer Verminderung des Fließgewässerabflusses.

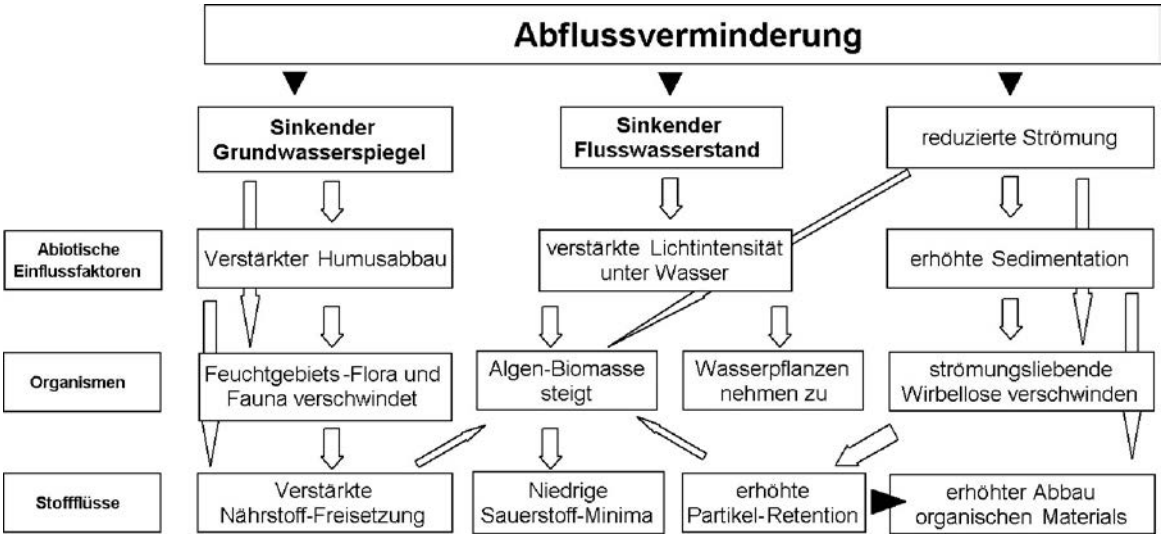

Abbildung 5-2: Auswirkungen einer Abflussverminderung auf verschiedenen Betrachtungsebenen (aus: MEYER 2004 in SCHLUMPRECHT ET AL. 2005)

Die Bewertung der Sensitivität der Fließgewässer basiert im Wesentlichen auf der Auswertung des Niederschlags-Abfluss-Unterschieds-Atlasses (NAU-Atlas, Grundlage: Datenreihe 1921 bis 1940) für den Regierungsbezirk Leipzig. Im Abstand von 1 000 m zur Quelle wurden dazu die entsprechenden Fließgewässereinzugsgebiete einbezogen. Mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors [31,557 mm/a = 1l/(s*km²)] wurde daraus für die Fließgewässer der entsprechende mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) errechnet. Die Spanne des MNQs reicht von 0,24 bis 7,68 l/s. Bereits heute wenig Wasser führende Gewässer sind in einer voraussichtlich wasserärmeren Zukunft einer höheren Austrocknungsgefahr ausgesetzt. Die Bewertung der Sensitivität der Fließgewässer erfolgte in drei Kategorien: „sehr hohe Sensitivität“ (0,24 bis 2,73 l/s), „hohe Sensitivität“ (> 2,73 bis 5,19 l/s) und „Sensitivität vorhanden“ (> 5,19 bis 7,68 l/s). Fließgewässer, die ihre Quelle nicht im Untersuchungsgebiet haben, wurden in dieser Analyse nicht betrachtet.

Darüber hinaus wurde der Fließgewässertyp in die Bewertung einbezogen und damit die Fähigkeit eines Gewässers, Wassermengen ohne größere (Sicker-)Verluste zu transportieren. Insbesondere für lößlehmgeprägte und sandgeprägte Tieflandsbäche kann eine erhöhte Sensitivität gegenüber Austrocknung angenommen werden. Fließgewässertypen dieser Kategorie wurden separat gekennzeichnet (vgl. Abbildung 5-3). In der weiteren Projektbearbeitung werden auf Grundlage der projizierten Niederschlagsverringerungen die zu erwartenden MNQs berechnet und den bisherigen Analysen gegenüber gestellt.

5.3.2. Naturräumlich bedingte Sensitivität von Standgewässern

Aufgrund der sich in weiten Gebietsteilen voraussichtlich verschärfenden negativen Wasserbilanz, können in Zukunft vor allem flachere Gewässer im Zusammenhang mit wasserzehrenden Nutzungen austrocknen. Aber bereits ein sinkender Wasserstand erhöht die Sensitivität gegenüber Cyanobakterien sowie Makrophytenmasse-entwicklung und bedingt damit eine nachlassende Wassergüte (NIXDORF 2009). Damit einher geht auch eine erhöhte Gewässertemperatur.

Bei Standgewässern, die bereits heute durch eine geringere Tiefe gekennzeichnet sind, ist die Sensitivität gegenüber Austrocknungen und Verlandungen besonders hoch. Ihre Standorte können zum großen Teil aus der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005) entnommen werden. Sensitive Typen sind temporäre Kleingewässer, Tümpel, natürliche dystrophe Moor- und Torfstichgewässer, ausdauernde Kleingewässer, Altwasser sowie Teiche. Darüber hinaus wurden jene Restgewässer und Abbaugewässer einbezogen, die durch die historische Lehm- und Tongewinnung entstanden sind (RPV 2007). Bei diesen ist – im Vergleich mit den z. B. durch den Braunkohleabbau entstandenen weiteren Rest- und Abbaugewässern – von einer ebenfalls geringeren Gewässertiefe auszugehen. Als vergleichsweise tief und damit austrocknungssicher sind Staugewässer (mit Staumauer) einzuschätzen. Sie bedürfen daher keiner weiteren Betrachtung (keine Einstufung).

Ermittelte sensitive Flachgewässer wurden mit Hilfe der GIS-gestützten „Moving-Window“-Technik einer Dichteanalyse nach dem „Simpel-Density“-Verfahren (Suchradius 3 000 m) unterzogen. Räumliche Konzentrationen von 0,0 bis 0,05 ha/km² konnten einer geringen, > 0,05 bis 3 ha/km² einer mittleren und > 3 bis 5,8 ha/km² einer hohen Dichte zugewiesen werden.

Zur Verdeutlichung der Bedeutung bzw. individuellen Sensitivität von Standgewässern wurden Naturschutz- und FFH-Gebiete dargestellt, in denen sensitive Stillgewässer vorkommen.

Für drei stehende Gewässer in der Region, den Ammelshainer See, den Auensee Leipzig und den Kulkwitzer See erfolgte darüber hinaus eine Auswertung vorhandener Messdaten hinsichtlich der Entwicklung ihrer Oberflächenwassertemperatur (vgl. Kap. 5.6).

5.3.3 Nutzungsbedingte Sensitivität

Vielseitige z. T. sehr wasserintensive Nutzungen erhöhen die Sensitivität empfindlicher Bereiche. Dazu gehören größere direkte Entnahmen zur Trink- und Brauchwassergewinnung, Grundwasserabsenkungen zur Rohstoffgewinnung und eine erhöhte Wasserzehrung durch spezifische landwirtschaftliche Nutzungen.

Insbesondere die Entnahme von Grundwasser für die Trink- und Brauchwassergewinnung in einer Größenordnung von mehr als 100 m^3/d bedingt eine erhöhte Gefährdung dieser Gewässer.

Darüber hinaus stellen Rohstoffabbaugebiete mit potentieller Grundwasserbeeinflussung eine weitere Gefährdung dar. So erfordert z. B. die Freimachung der Braunkohlelagerstätten die temporäre Entwässerung des Deckgebirges und damit zusammenhängend die Entspannung der Liegendgrundwasserleiter. Die für 2015 bzw. 2020 prognostizierten Grundwasserabsenkungstrichter durch den Braunkohleabbau wurden deshalb kartographisch dargestellt (vgl. Abbildung 5-3, Karte 5_2).

Die landwirtschaftliche Nutzung kann ebenfalls eine kumulative Wirkung auf die Austrocknungsgefährdung haben. Dazu wurden Anteile besonders wasserzehrender Fruchtarten aus Agrarstrukturerhebungen von 2003 und 2007 für die Region betrachtet (STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2003/2007). Die Auswahl der Fruchtarten basiert auf Lysimeterversuchen in Dedelow (SCHINDLER 2007), die anhand besonders geringer Sickerwasserabflüsse auf einen intensiven Wasserverbrauch schließen lassen. Als wasserzehrende Fruchtarten wurden Winterraps (ca. 33 mm/a), Sommergerste (ca. 29 mm/a) und Energiemais (ca. 27 mm/a) eingestuft. Diese Werte unterscheiden sich deutlich von Winterweizen und Zuckerrüben mit einem Sickerwasserabfluss von 64 mm/a bzw. 53 mm/a.

Sonstige Entwässerungsmaßnahmen im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung, sogenannte Meliorationsmaßnahmen, wurden (wie auch der Gewässerausbau) aufgrund der eingeschränkten Datenlage nicht in die Betrachtungen einbezogen.

5.4 Anpassungskapazität

Zur Ermittlung der Vulnerabilität gegenüber einer Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots wurden aufgrund eingeschränkter Datenlage – z. B. zur detaillierten landwirtschaftlichen Nutzung – keine Anpassungskapazitäten einbezogen. Dennoch bestehen durch eine angepasste Land- und Gewässernutzung vielfältige Möglichkeiten mit der in Kapitel 5.3 erläuterten Sensitivität in Zukunft umzugehen. Diese sind auf nachfolgenden Planungsebenen detaillierter zu betrachten.

5.5 Vulnerabilität

5.5.1 Fließgewässer

Die Vulnerabilität gegenüber der Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots versteht sich im Zusammenhang mit Fließgewässern als jene Verletzlichkeit, die sich vor allem im Zusammenspiel aus bereits besonders geringem mittleren Niedrigwasser, sensitiven Fließgewässertypen und kumulierenden Wirkungen (bspw. von Grundwasserentnahmen, Rohstoffabbau und vor allem klimatischen Veränderungen) ergeben (vgl. Kap. 5.3).

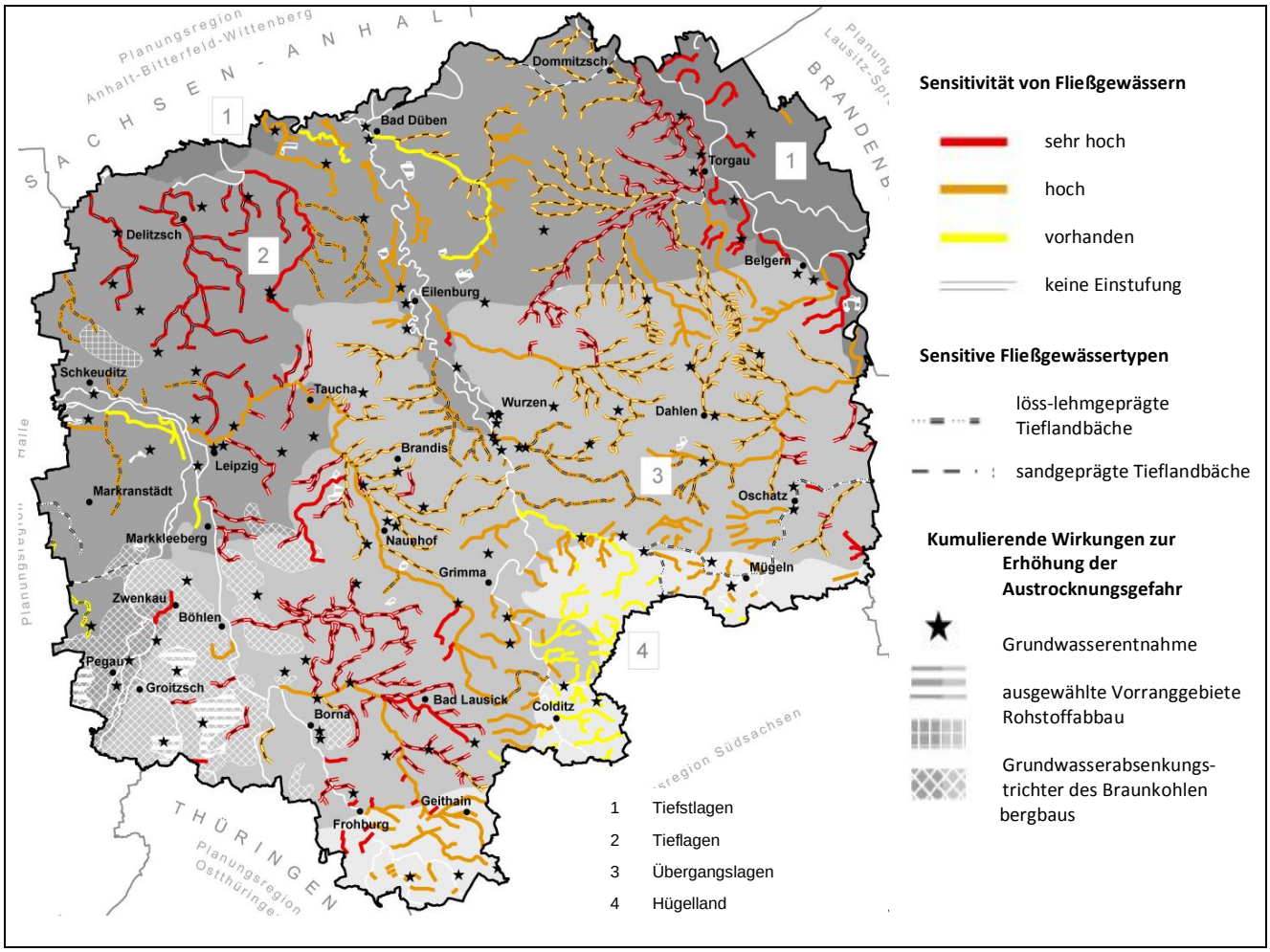

Abbildung 5-3: Sensitivität und Exposition von Fließgewässern bzw. ihrer Vulnerabilität gegenüber Austrocknung (vgl. Karte 5_2)

Ergebnis

Vor allem im Bereich der Delitzscher und Brehnaer Platte und in der Umgebung von Torgau, aber auch im Südraum Leipzig zwischen Böhlen und Bad Lausick, finden sich Fließgewässer von höchster Vulnerabilität gegenüber Austrocknungen (vgl. Abbildung 5-3, Karte 5_2). Hier zeigt sich der höchste Handlungsbedarf in der Region.

Im Nordosten der Region sind u. a. Weinske, Schwarzer Graben und Staritzer Bach mit ihren Zuflüssen zu nennen. Die räumliche Nähe zum besonders trockenen und warmen Klimaraum der Tiefstlagen wirkt hier verstärkend. Im Raum Delitzsch können die Gewässer Lober, Leine und Gienickenbach – einschließlich ihrer Zuflüsse – als besonders vulnerabel eingestuft werden. Sie sind aufgrund ihres Fließgewässertypus und der überwiegend sehr geringen Durchflussmengen (MNQ), aber auch der zu erwartenden deutlichen Rückgänge in der klimatischen Wasserbilanz einer besonderen temporären Austrocknungsgefährdung ausgesetzt.

Im Süden der Region können insbesondere die Einzugsgebiete von Eula und Gösel als vulnerabel einschätzt werden. Neben besonders geringen mittleren Niedrigwasserabflüssen (MNQ) und ihrem Charakter als lößlehmgeprägte Tieflandbäche führen die Auswirkungen des Braunkohlenbergbaus und die besonders ausgeprägt nachlassenden Niederschlagsmengen zu einer hohen Vulnerabilität.

5.5.2 Standgewässer

Die Vulnerabilität gegenüber der Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots versteht sich im Zusammenhang mit Standgewässern als Verletzlichkeit, die sich vor allem im Zusammenspiel aus geringen aktuellen Standgewässertiefen und kumulierenden Wirkungen (bspw. von Grundwasserentnahmen, Rohstoffabbau und vor allem klimatischen Veränderungen) ergeben (vgl. Kap. 5.3). Bereits 2005 zeitweilig ausgetrocknete Flachgewässer (vgl. BTLNK 2005) besitzen bereits heute eine akute Vulnerabilität.

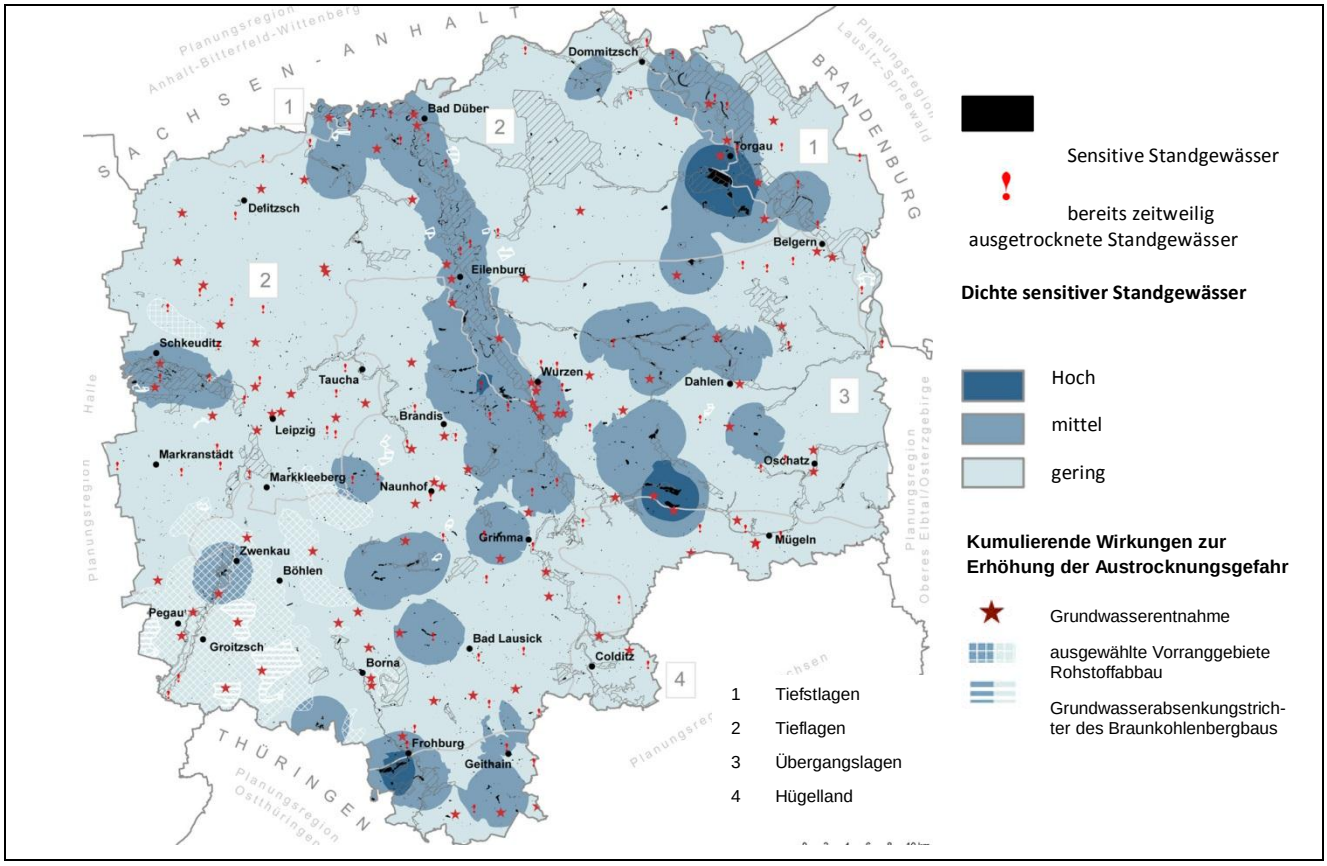

Abbildung 5-4: Sensitivität und Exposition von Standgewässern bzw. ihrer Vulnerabilität gegenüber Austrocknung (vgl. Karte 5_3)

Ergebnis

Vor allem in den Auen von Elbe, Mulde und nördlicher Weißere Elster, aber auch bei Frohburg und im Raum Wermsdorf finden sich die höchsten Dichten sensitiver Stillgewässer (Abbildung 5-4, Karte 5_3). Gleichzeitig konzentrieren sich in den Auen von Elbe und Mulde Standorte für die Trink- und Brauchwasserentnahme. Die Bereiche besonders niedriger Wasserbilanz im Norden der Region zeichnen sich – wie z. B. um Torgau und Bad Düben – durch einen beträchtlichen Bestand an sensitiven Stillgewässern aus, welche einer besonders hohen Bestandsgefährdung ausgesetzt sind und als vulnerabel eingestuft wurden. Hier zeigt sich der höchste Handlungsbedarf in der Region, der in einem feineren Maßstab auch eine vertiefende Betrachtung notwendig machen könnte. Darüber hinaus befindet sich in der südlichen Elsteraue zwischen Pegau und Zwenkau ein Dichtebereich sensitiver Standgewässer, der direkt von großflächigen Grundwasserabsenkungen überlagert wird.

5.6 Analyse der Temperaturentwicklung drei ausgewählter Seen der Region

In einer vertiefenden Untersuchung wurden Temperaturmesswerte (BÖHM UND PRETZSCH 2011) für drei Standgewässer im „Leipziger Neuseenland“ ausgewertet, um mögliche Folgen der Klimaerwärmung regional spezifisch zu analysieren. Es handelt sich um Restgewässer des Kiesabbaus (Ammelshainer See und Auensee) bzw. des Braunkohlenbergbaus (Kulkwitzer See). Geschichtet sind der Kulkwitzer See (150 ha, tiefste Stelle 32 m) und der Ammelshainer See (53 ha, tiefste Stelle 25 m). Der Auensee (12 ha) fällt mit einer maximalen Tiefe von 10 m knapp in die Kategorie der ungeschichteten Seen.

Die Datengrundlage setzte sich aus vorhandenen Gewässeruntersuchungen[9] zusammen, wodurch die Messungen qualitativ sehr verschieden sind. Der Datensatz umfasst Temperaturen (täglich, monatlich und jährlich) in °C im Zeitraum von:

- Kulkwitzer See (1976-2009)
- Ammelshainer See (1985-2009)
- Auensee (1979-2006)

Die Daten enthalten keine Aussagen:

- zur Tageszeit der Messung sowie
- zur Lufttemperatur (bzw. anderer meteorologischer Messgrößen) zum Zeitpunkt der Messung.

Vorgehensweise

Aufgrund beträchtlicher Datenlücken bzw. sehr unregelmäßiger Testreihen war eine statistische abgesicherte Auswertung der Temperaturdaten nicht möglich. Es war erforderlich, mit Stichproben zu arbeiten, die vollständige Einzeldaten enthalten bzw. nur eine geringfügige Menge an fehlenden Daten aufweisen. Hierzu wurden Zeitfenster mit einer besonders hohen Datendichte ausgewählt, um Aussagen zu einer möglichen Erwärmung treffen zu können.

These 1: Um eine mögliche **Temperaturzunahme** festzustellen wurden die Durchschnittstemperaturen der einzelnen Monate über den Verlauf der Jahre 1990 bis 2006 dargestellt. Um eventuelle Ausreißer zu glätten wurde das Instrument des 10-jährigen gleitenden Mittels angewandt. Hierbei wird der abzulesende Wert des jeweiligen Jahres aus den Mittelwerten der neun davor liegenden Jahre einschließlich dem des abgebildeten Jahres gebildet. So stellt bspw. der Wert 1990 im Diagramm den Mittelwert sämtlicher Monatsmittel der Jahre 1980 bis 1990 dar.

These 2: Um eine mögliche **Temperaturzunahme zweier unterschiedlicher Vergleichszeiträume** festzustellen wurden Zeitfenster mit einem möglichst großen Abstand zueinander gewählt. Um die Auswirkung einer zufälligen Wahl nicht repräsentativer Werte zu minimieren wurden jeweils drei Jahre durch Monatsmittelwertbildung zu einem Jahresgang zusammengefasst. Anhand der graphischen Darstellung ist zu erkennen, ob Temperaturdifferenzen zwischen den zwei Zeitfenstern vorhanden sind und wie stark diese ausgeprägt sind (vgl. Abbildung 5-6 bisAbbildung 5-8). Es handelt sich aufgrund der Datenlage um relativ enge Zeitfenster (3 Jahre), die zur Mittelwertbildung gewählt wurden. Eine Mittelung über zehn Jahre wie in gängigen Klimadarstellungen[10] war nicht möglich. Es war deshalb auch nicht möglich eine Auswahl der Zeiträume auf Basis von spezifischen Temperaturausprägungen zu treffen, um repräsentative Daten einzurechnen.

[9] LUA (Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen): Untersuchung Naturbadegewässer nach EG-RL 76/160/EWG
OFM (Oberflussmeisterei)/LUA: Tiefenserien
Hygieneinstitut Leipzig: Mikrobiologische, biologische und chemische Untersuchung von Naturbadegewässern nach EG-Richtlinie 76/160/EWG
Rat des Bezirkes Leipzig, Bezirkshygieneinspektion: Mikrobiolog., biolog. und chem. Untersuchung von Naturbadegewässern nach EG-Richtlinie 76/160/EWG
Unterlagen des Staatlichen Umweltfachamtes Leipzig: Dateien für den Ammelshainer See

[10] http://www.forsten.sachsen.de/umwelt/download/klima/Udo_Mellentin.pdf

Ergebnisse

These 1: Die Auswertung der Temperaturverläufe für den Kulkwitzer See und den Auensee unterstützte insgesamt die Annahme eines Temperaturanstiegs: Im Auensee ist in allen untersuchten Monaten eine Erhöhung der Temperatur zwischen 1990 und 2006 zu beobachten. Beim Kulkwitzer See ist dieser Trend weniger eindeutig, jedoch konnte in fünf von acht Monatsmitteln eine Erwärmung nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 5-1). Die Anwendung des 10-jährigen, gleitenden Mittels hat sich als sinnvoll herausgestellt, da die Wirkung nicht repräsentativer Einzeldaten auf den Gesamttrend abgeflacht wurde.

Tabelle 5-1: Anzahl der Monate mit positivem bzw. negativem Temperaturtrend über die untersuchten Jahre, für den Kulkwitzer See und den Auensee

Monat	Kulkwitzer See	Auensee
April	Trendlinie neg.	Trendlinie pos.
Mai	Trendlinie pos.	Trendlinie pos.
Juni	Trendlinie neg.	Trendlinie pos.
Juli	Trendlinie neg.	Trendlinie pos.
August	Trendlinie pos.	Trendlinie pos.
September	Trendlinie pos.	Trendlinie pos.
Oktober	Trendlinie pos.	-
November	Trendlinie pos.	-

Zur Stärke der Temperaturzunahme in beiden See können keine qualitativen Aussagen getroffen werden, da diese von Monat zu Monat stark schwankte. Hierbei ist auch kein System (besonders starker Temperaturanstieg in den Sommermonaten etc.) erkennbar. Eindeutig ist jedoch, dass im flacheren Auensee ein Anstieg in sämtlichen Monaten zu verzeichnen ist, im Kulkwitzer See jedoch nicht.

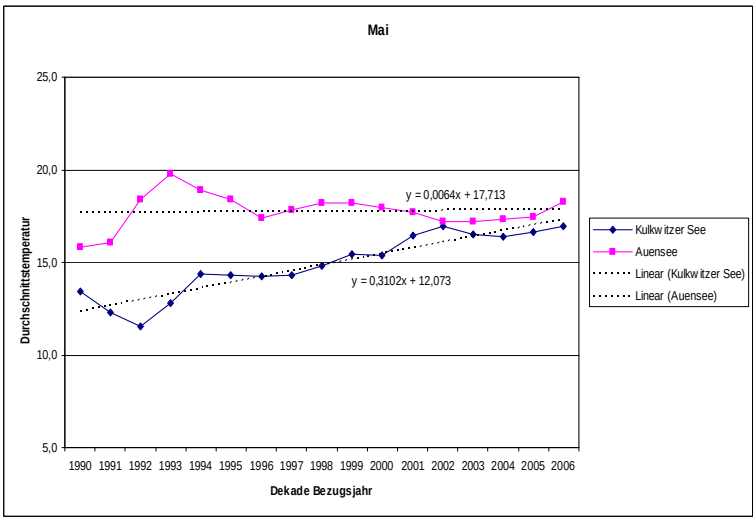

Abbildung 5-5: Temperaturverlauf des Monatsmittelwertes Mai unter Anwendung des gleitenden 10-jährigen Mittel (1990-2006) ermittelt. Kulkwitzer See/ Auensee. (BÖHM UND PRETZSCH 2011)

These 2: In insgesamt 21 der 28 betrachteten Monate (aller Seen) ist eine Erwärmung nachzuweisen, die Eindeutigkeit der Erwärmung ist jedoch in den drei Gewässern unterschiedlich stark nachzuweisen. Im Vergleich der Temperaturverläufe in getrennten Zeitfenstern zeigt der flachere Auensee stärkere Signale als der Ammelshainer oder der Kulkwitzer See. Eine deutlichere Temperaturerhöhung zeigt wiederum der flache Auensee als die tieferen und geschichteten Standgewässer (Ammelshainer und Kulkwitzer See).

Tabelle 5-2: Vergleich der Temperaturkurven für zwei Zeitfenster für den Kulkwitzer See, den Ammelshainer See und den Auensee
(BÖHM UND PRETZSCH 2011)

	Auensee	Ammelshainer See	Kulkwitzer See
Mittel des Monats des jüngeren Zeitfensters liegt über dem des älteren Zeitfensters	in 9 von 9 Monaten der Fall	in 6 von 9 Monaten der Fall	in 6 von 10 Monaten der Fall
Mittel des Monats des jüngeren Zeitfensters liegt unter dem des älteren Zeitfensters	in 0 von 9 Monaten der Fall	in 3 von 9 Monaten der Fall	in 4 von 10 Monaten der Fall

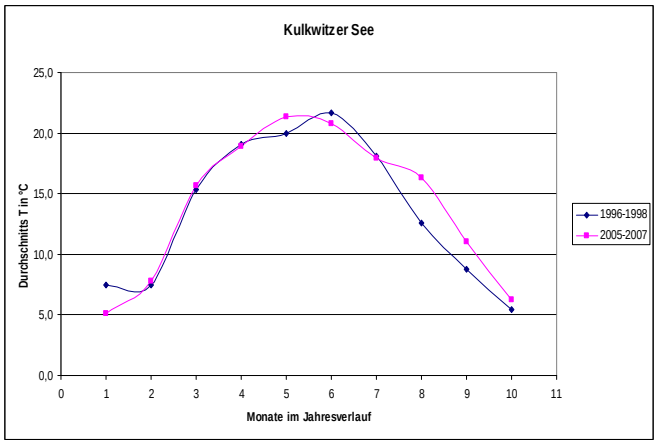

Abbildung 5-6: Gemittelte monatliche Durchschnittstemperaturen des Kulkwitzer Sees im Vergleich der Zeiträume 1996-1998 und 2005-2007 (BÖHM UND PRETZSCH 2011)

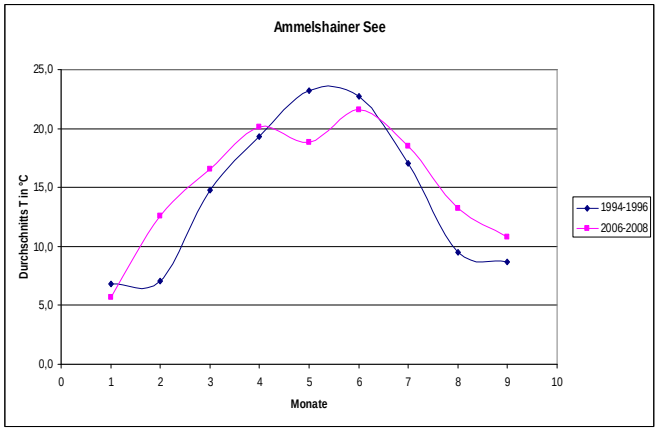

Abbildung 5-7: Gemittelte monatliche Durchschnittstemperaturen des Ammelshainer Sees im Vergleich der Zeiträume 1994-1996 und 2006-2008 (BÖHM UND PRETZSCH 2011)

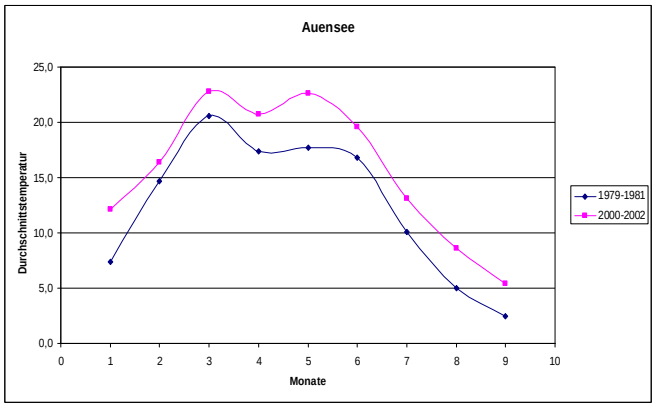

Abbildung 5-8: Gemittelte monatliche Durchschnittstemperaturen des Auensees im Vergleich der Zeiträume 1979-1981 und 2000-2002 (BÖHM UND PRETZSCH 2011)

6 Vulnerabilität von Raumnutzungen gegenüber Klimaveränderungen

Zusammenfassend sollen für einzelne Raumnutzungen und Raumfunktionen Aussagen getroffen werden. Diese basieren überwiegend auf den dargestellten Themenkomplexen der Kapitel 2 bis 5, werden jedoch nutzungsbezogen verfeinert oder ergänzt.

6.1 Wasserver- und -entsorgung

6.1.1 Methodischer Ansatz

Bei der Betrachtung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserver- und -entsorgung wurden analog zu allen anderen Raumnutzungen grundsätzlich die Faktoren der Exposition, der Sensitivität und der Anpassungskapazität berücksichtigt. Allerdings erfolgten keine flächendeckenden Bewertungen für die Region, sondern es wurden mögliche Auswirkungen des Klimawandels mit zwei Unternehmen der Wasserver- und –entsorgung der Region diskutiert. Dazu fanden zwei Fachgespräche[11] "**Wasserver- und -entsorgung"** statt, die im Folgenden zusammengefasst werden. Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH – als eines der beiden Unternehmen - agiert länderübergreifend und beliefert den gesamten Norden der Region sowie Teile Sachsen-Anhalts mit Trinkwasser (vgl. bbildung). Die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH versorgen hingegen die Stadt Leipzig und umliegende Kommunen mit Trinkwasser und sind zugleich für die Abwasserentsorgung in ihrem Einzugsgebiet verantwortlich (vgl. Abbildung 6-2).

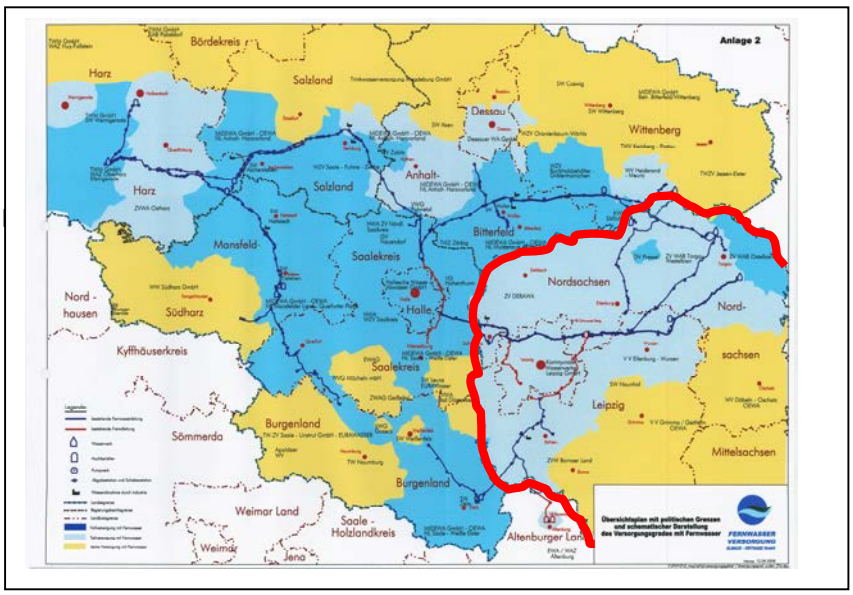

Abbildung 6-1: Einzugsbereich der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH in der Region Westsachsen (STANDFUß 2009)
(hellblau – teilweise Versorgung, dunkelblau – Vollversorgung)

[11] Fachgespräche am 01.10.2009 und 13.11.2009 mit Vertretern der Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (KWL) und der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (FWV)

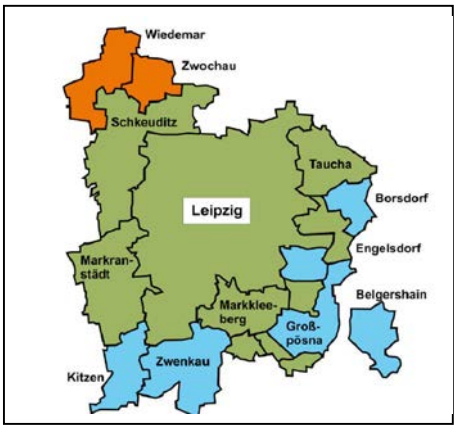

Abbildung 6-2: Einzugsbereich der Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (WINKLER 2009) (grün: Trink- und Abwasser, Blau: Trinkwasser; Orange: Abwasser)

6.1.2 Exposition

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die für die Region zu erwartende Verschärfung der klimatischen Wasserbilanz (vgl. Kapitel 1) auch ein Indikator dafür ist, dass sich insgesamt das Wasserdargebot bedingt durch den Klimawandel verringern kann. Quantitative und qualitative Folgen für die Trinkwasserversorgung sind deshalb zu diskutieren.

Darüber hinaus wird die Zunahme an Extremsituationen und zugleich die Verringerung des sommerlichen Niederschlags (vgl. Kapitel 1) zu größeren Gegensätzen zwischen Niedrigwassersituationen und Starkregenereignissen, zwischen einem „Zu viel“ an Wasser und einem „Zu wenig“, führen. Dies kann mit wachsenden Problemen in der Abwasserentsorgung verbunden sein.

6.1.3 Sensitivität

Sensitivität der Trinkwasserversorgung

Empfindlich gegenüber einer **Verringerung des Wasserdargebots** ist das System der Trinkwasserversorgung in der Region grundsätzlich. Allerdings hängt die Sensitivität des Systems auch von vielen anderen Faktoren ab, so von den zur Verfügung stehenden Grundwasserreservoirs, aber auch vom Trinkwasserbedarf in der Region. In den Fachgesprächen wurde dabei deutlich, dass sich der gegenwärtig abzeichnende Klimawandel sehr maßgeblich mit dem demographischen Wandel überlagert.

Der Trinkwasserverbrauch ist in der Region in der Vergangenheit maßgeblich gesunken. Im Einzugsbereich der Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH entsprach dieser 2010 in etwa dem Stand des Jahres 1945.

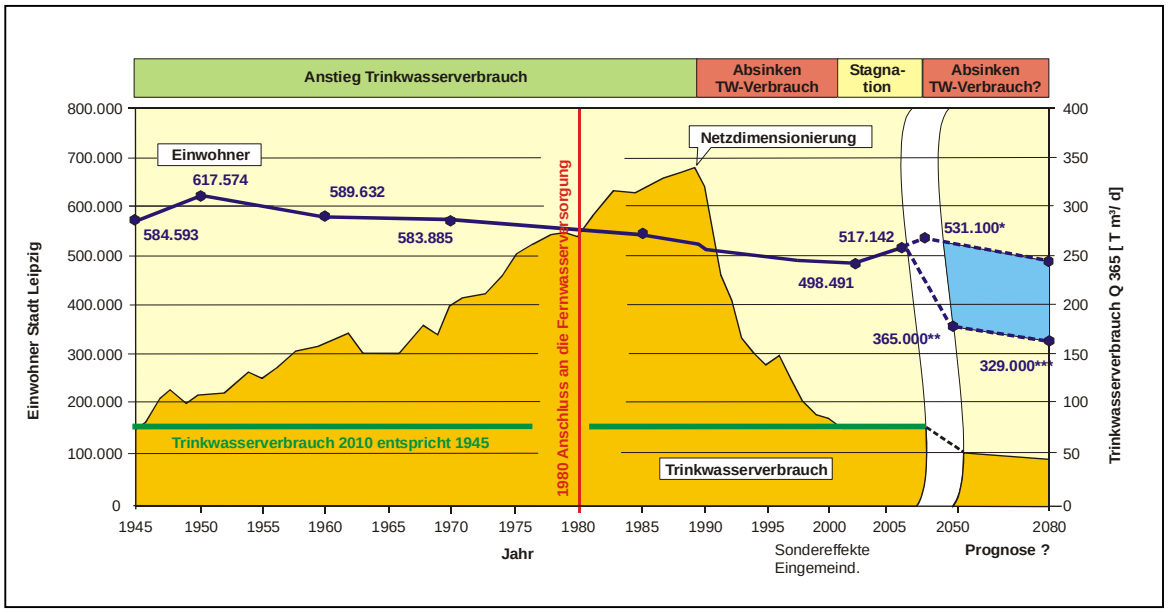

Abbildung 6-3: Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs im Einzugsbereich der Kommunalen Wasserwerke Leipzig (WINKLER 2009)

Im Einzugsbereich der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH ging der Absatz an Trinkwasser zwischen 1990 und 2008 um 66 % (!) zurück. Ursachen dafür sind zum einen der Bevölkerungsrückgang, zum anderen aber auch der Rückgang des spezifischen Trinkwasserverbrauchs sowie die Reduzierung von Rohrleitungsverlusten infolge der Sanierung der Netze.

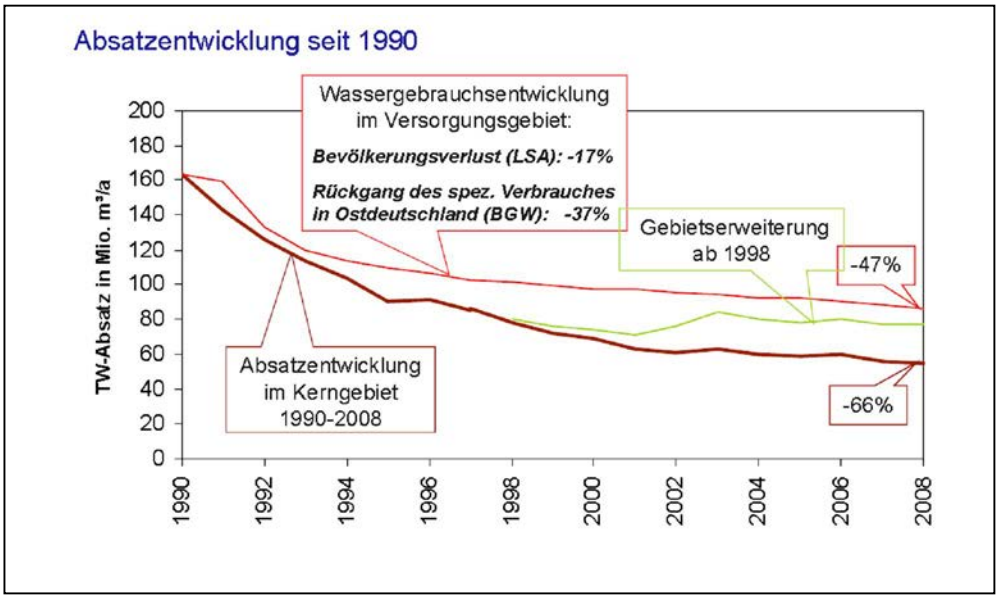

Abbildung 6-4: Entwicklung des Trinkwasserabsatzes im Einzugsbereich der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (STANDFUß 2009)

Da für den größten Teil der Region weitere Bevölkerungsrückgänge zu erwarten sind, werden selbst bei einem Wiederanstieg des spezifischen Wasserverbrauchs und einer klimatisch bedingten Verringerung des Wasserdargebots infolge des Klimawandels keine Kapazitätsengpässe erwartet. Die Sensitivität des Trinkwasserversorgungssystems gegenüber den Folgen des Klimawandels ist insofern **relativ gering**.

Sensitivität der Abwasserentsorgung

Empfindlich gegenüber einer **Zunahme sowohl an Niedrigwassersituationen als auch an Starkregenereignissen** ist zunächst jedes Abwasserentsorgungssystem, wie die nachfolgende Abbildung zum Ausdruck bringt.

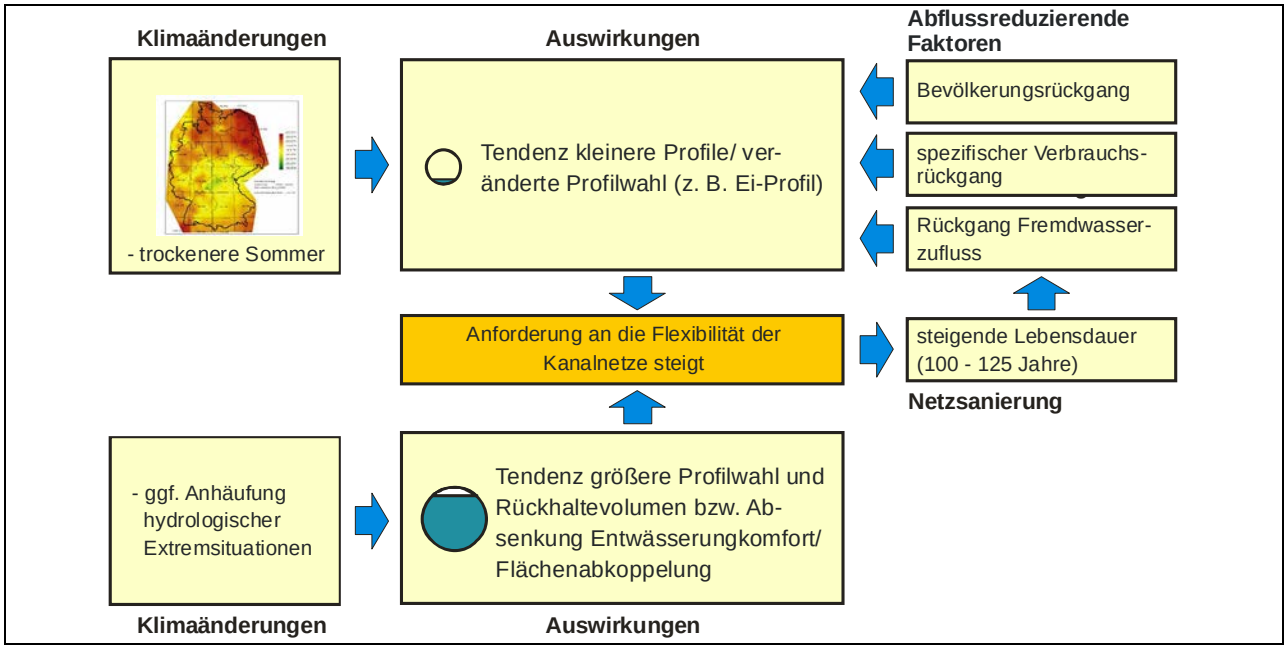

Abbildung 6-5: Mögliche Auswirkungen abflussreduzierender Faktoren sowie von Klimaänderungen auf die Abwassernetze (Darstellung nach WINKLER 2010)

Die Wirkungsweisen des veränderten Abwasseranfalls sind grundsätzlich differenziert im oberen und unteren Nutzungsbereich der Kanäle zu betrachten. Die Reduzierungen der Abflussmengen infolge von Bevölkerungs- und spezifischen Verbrauchsrückgängen führen bei konstanten Verhältnissen zu verringerten Fließgeschwindigkeiten im Trockenwetterfall. In den Sommermonaten werden sich zudem infolge des Klimawandels mit einer Ausdehnung der Phasen längerer Trockenheit die Spülintervalle durch Niederschläge verlängern. Damit kommt es zur zunehmenden Häufigkeit von Phasen mit geringerer bzw. ohne eine ausreichende Remobilisierung von Ablagerungen in den Netzen. Tendenziell ist mit einer erhöhten Häufigkeit von Ablagerungen im Kanalnetz zu rechnen. Eine praktikable Möglichkeit zur Gegensteuerung stellt bei gewachsenen innerstädtischen Kanalnetzen die Reduzierung von Nennweiten (Beachtung Mindestnennweiten) bzw. eine veränderte Profilwahl (z. B. Ei-Profil) dar.

Auf der anderen Seite erfolgt ggf. durch eine tendenzielle Häufung von hydrologischen Extremsituationen eine stärkere hydraulische Belastung von Kanälen zur Niederschlagswasserableitung. Ingesamt ergibt sich eine gegenüber den heutigen Verhältnissen erhöhte Schwankungsbreite der Belastungen für das Kanalnetz. Insbesondere beim Mischsystem, wo die Ableitung des Trockenwetteranfalls und des Niederschlagsabwassers in einem Rohr erfolgt, steigen die Anforderungen an die betriebliche Flexibilität der Netze.

Am 01.03.2010 trat zudem das veränderte Wasserhaushaltsgesetz in Kraft (WHG 2010). Einer der Grundsätze ist nach § 5 die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und eine Erhöhung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden. Die im Kapitel 3 des WHG 2010 enthaltenen neuen Regelungen zur Abwasserbeseitigung sind Bestandteil eines sich seit mehreren Jahren schrittweise vollziehenden **grundsätzlichen Paradigmenwechsels** im Umgang mit dem Niederschlagswasser, der auf eine weitgehende Vermeidung/Verringerung der Ableitung des Niederschlagswassers abzielt. Nach § 55, Abs (2) WHG soll Niederschlagswasser ortsnah versickert, verrieselt oder direkt über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen. Im § 57 WHG wird zudem als Voraussetzung für die Erteilung einer Erlaubnis

für die Einleitung in ein Gewässer (Direkteinleitung) gefordert, die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering zu halten, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist.

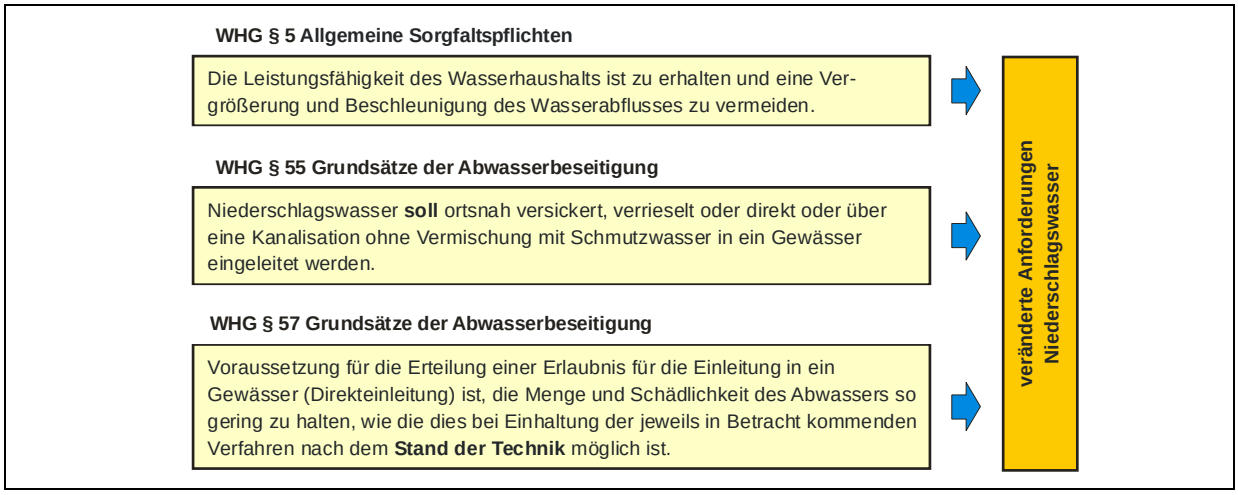

Abbildung 6-6: Auszug aus dem WHG 2010 (Darstellung nach WINKLER 2010)

Im Einzelfall hängt die Sensitivität des Entsorgungssystems von vielen Faktoren ab, u. a. von der jeweiligen Dimensionierung und dem Alter der Netze, den spezifischen Anteilen der Zuflüsse etc. – Faktoren, die primär auf der städtischen, weniger auf der regionalen Ebene beeinflussbar sind.

6.1.4 Anpassungskapazität

Möglichkeiten der Anpassung der Wasserver- und –entsorgung werden zusammenfassend im Kapitel 6.1.6 benannt.

6.1.5 Vulnerabilität

Die Fachgespräche lassen die nachfolgenden Schlüsse in Bezug auf die Vulnerabilität der Wasserver- und -entsorgung in der Region Westsachsen zu:

1. **Quantitative Einschränkungen der Trinkwasserversorgung sind in der Region trotz Klimawandel nicht zu erwarten.**

Die Vulnerabilität der Trinkwasserversorgung gegenüber dem Klimawandel ist insbesondere aufgrund des bislang stattgefundenen und voraussichtlich auch in den nächsten Jahren anhaltenden Bevölkerungsrückganges als insgesamt gering einzuschätzen.

2. **Bestimmte Einrichtungen der Trinkwasserversorgung sind ebenso wie teilweise Trinkwasserqualitäten als vulnerabel einzuschätzen.**

Viel stärker als quantitative Engpässe sind mögliche qualitative Beeinträchtigungen der Trinkwasserressourcen zu erwarten, denn die stofflichen Belastungen von Grundwasserkörpern haben bereits erhebliche Ausmaße und die Nutzungskonkurrenzen auf der Fläche nehmen permanent zu. Umso wichtiger ist der vorsorgende Schutz hochwertiger Trinkwasserressourcen vor jedweden Beeinträchtigungen und einer Inanspruchnahme der relevanten Flächen durch konkurrierende Nutzungen. Beispielsweise wurde das Wasserwerk Thallwitz im Augusthochwasser 2002 infolge eines Deichbruches überschwemmt. Die Vulnerabilität wasserwirtschaftlicher Einrichtungen gegenüber Hochwasser wird in Kapitel 4 im Einzelnen bewertet.

3. Die Fernwasserversorgung kann unter dem Aspekt des Klimawandels als nachhaltiges und robustes Wasserversorgungssystem einschließlich ihrer Netze bewertet werden.

Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH fördert das Trinkwasser aus einem Wasserreservoir von ca. 700 Mio. m³ - der sog. Elbtalwanne. Diese erhält jährlich einen Zufluss von 16,2 Mio. m³, der sich aus einem landseitigen Grundwasserzustrom und dem Uferfiltrat der Elbe zusammensetzt. Vergleicht man das MNQ der Elbe von 117 m³/s mit der Spitzenentnahme der Elbaue-Wasserwerke von 2 m³/s, wird deutlich, dass die Elbtalwanne auch bei einer voraussichtlichen Abnahme der Niedrigwasserführung einen ausreichend großen Zufluss erhalten wird, um die Nachhaltigkeit der Wasserversorgung abzusichern.

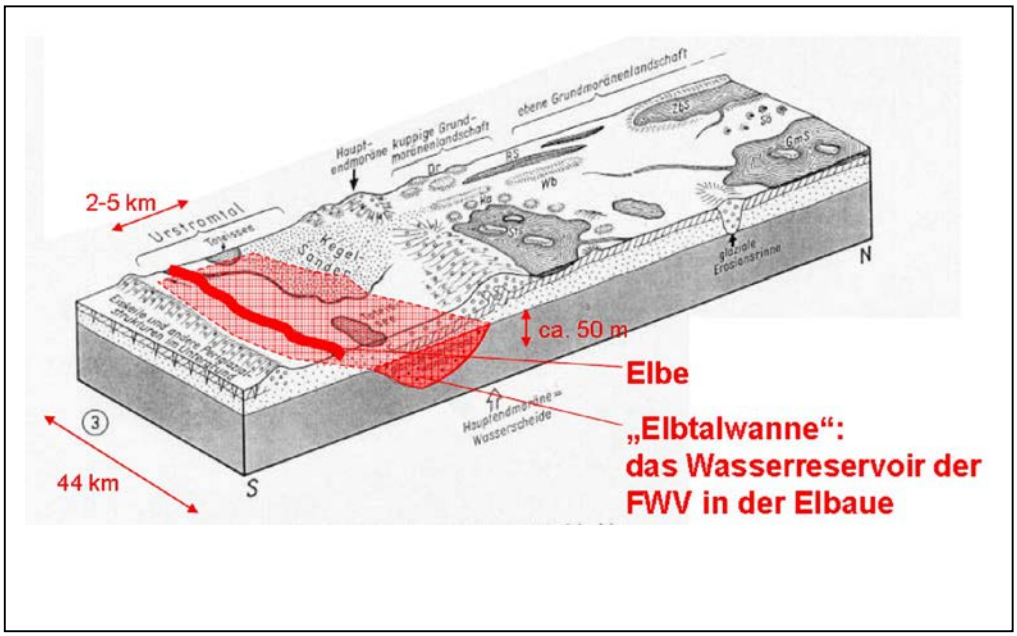

Abbildung 6-7: Die Elbtalwanne (STANDFUß 2009)

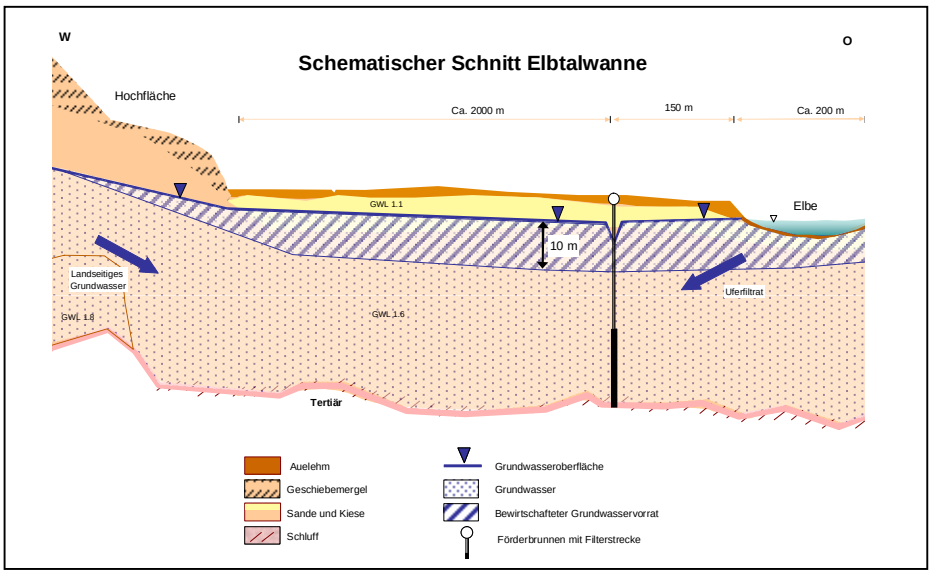

Abbildung 6-8: Schnitt durch die Elbtalwanne (STANDFUß 2009)

Betrachtet man demgegenüber die hohe Empfindlichkeit der Wasserressourcen im Gebiet der Dübener Heide gegenüber einer Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots, dürfte eine Wassergewinnung in der Elbaue durch die Fernwasserversorgung unter den Bedingungen des Klimawandels erhebliche Vorteile aufweisen. Bedingt durch den demographischen Wandel sowie den reduzierten Wasserverbrauch der Wirtschaft (überlagert durch

geringere Leitungsverluste) ergeben sich jedoch verstärkt Probleme der Netzauslastung des Fernwasserversorgungssystems, wie die nachfolgende Abbildung verdeutlicht.

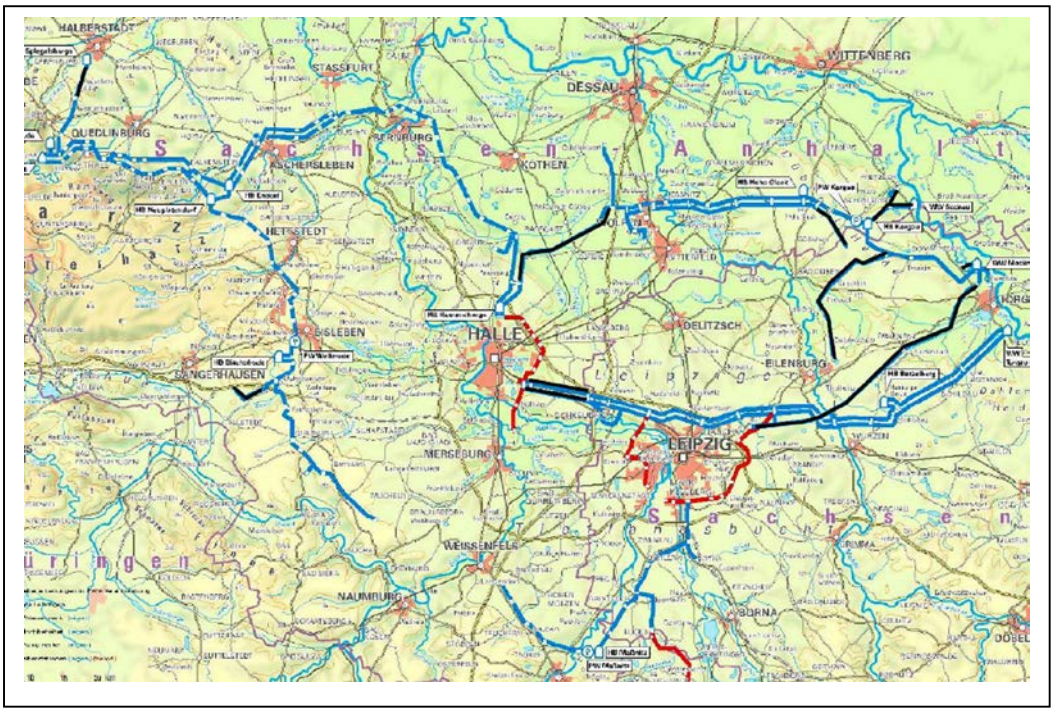

Abbildung 6-9: Netzbereiche mit Stagnationsgefahr in dunkelblau (STANDFUß 2009)

Eine Stilllegung von Teilen des Fernwasserversorgungsnetzes in den dünn besiedelten Heidelandschaften wäre allerdings vor dem Hintergrund des Klimawandels kontraproduktiv, da der lokale Wasserhaushalt schon heute durch eine negative Wasserbilanz gekennzeichnet ist und ein Rückgriff auf lokale Wasserressourcen zu einer Potenzierung von Problemen im Wasserdargebot führen würde.

4. **Die Anforderungen an die Flexibilität der Kanalnetze steigen. Je nach spezifischer Situation sind die Entsorgungssysteme als vulnerabel einzuschätzen und bedürfen auf kommunaler Ebene einer konkreteren Betrachtung.**

6.1.6 Ergebnisse

Aus den dargestellten Vulnerabilitäten lassen sich zumindest erste Schlussfolgerungen für die regionale Betrachtungsebene ziehen:

- Zur Gewährleistung der Trinkwasserqualität ist ein Schutz geeigneter und hochwertiger Wasserressourcen künftig notwendiger denn je. Die Festlegung von **Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Wasserressourcen** im Regionalplan sollte langfristig vorsorgend die qualitativ hochwertigsten Wasserressourcen der Region umfassen, unabhängig davon, ob diese als Trinkwasserschutzgebiete festgesetzt sind oder nicht.

- Regional bedeutsame Trinkwassergewinnungsanlagen sind als **kritische Infrastrukturen** bei ggf. zunehmenden Hochwasserrisiken im Zuge des Klimawandels besonders zu schützen. Mögliche konfligierende Anlagen (Siloanlagen, Öltanks etc.) sind zum Schutz der Trinkwasserressourcen vorrangig zu verlagern.

- Die Fernwasserversorgung ist unter dem Aspekt des Klimawandels als nachhaltiges und robustes Wasserversorgungssystem einschließlich ihrer Netze und Anlagen zu erhalten. Insbesondere die Versorgung der Dübener Heide ist angesichts eines zunehmend angespannten lokalen Wasserdargebots sicherzustellen.

- Die künftige Sicherung der Wasserversorgung muss nicht nur den Schutz der Wasserressourcen, sondern auch die Sicherung der Versorgungsnetze und -anlagen umfassen.

- Maßnahmen der Regenwasserversickerung und der Grünflächenentwicklung in stadtklimatisch geeigneten Bereichen können der Stabilisierung der jeweiligen Entsorgungssysteme dienen.

Das Grünflächensystem in städtischen Bereichen sollte strategisch so weiterentwickelt werden, dass es zugleich der Regenwasserrückhaltung und der Stabilisierung des Wasserabflusses dient. Bei der Auswahl geeigneter Bereiche zur Begrünung von Brachen sind deshalb künftig verstärkt auch stadttechnische Aspekte zu berücksichtigen (z. B. Stagnationsgefahren in Netzen bei zu geringer Auslastung).

Den veränderten strukturellen Anforderungen an die Niederschlagswasserbeseitigung infolge des Klimawandels (längere Trockenwetterperioden im Sommer, erhöhte Starkregenwahrscheinlichkeiten) kann mit dezentralen Konzepten der Niederschlagswasserbehandlung langfristig Rechnung getragen werden. Zur praktischen Realisierung einer dezentralisierten Niederschlagswasserbehandlung ist allerdings die Verfügbarkeit von geeigneten Flächen bzw. eine gezielte Entsiegelung von Flächen in den Städten erforderlich. Innerhalb der Stadtplanung sind damit folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Ausweisung von Flächen für dezentrale Anlagen der Niederschlagswasserbehandlung (z. B. auf Industriebrachen und zentralen Grünbereichen in Wohngebieten),

- Abstimmung der Anforderungen und Belange des Straßenverkehrs (z. B. Verkehrsbelastungen) mit den Auswirkungen/Anforderungen der Niederschlagswasserbehandlung,

- Entwicklung von langfristigen Zielvorgaben und Monitoring für die gezielte Reduzierung des Anteils von befestigten Flächen in den Städten.

Insbesondere mit der Schaffung von naturnahen Anlagen der Niederschlagswasserbehandlung mit einer ansprechenden und funktionalen Integration in das Stadtbild können sowohl wasserwirtschaftliche als auch verschiedene städtebauliche Zielstellungen miteinander kombiniert werden. Dazu zählt die Schaffung von Transformationskernen für eine positive Beeinflussung der strukturellen Stadtentwicklung, die Integration von Zonen für Erholung, den Naturschutz und die Klimaanpassung oder die Reduzierung von Feinstaubbelastungen. Dies gilt insbesondere unter der Maßgabe, dass die zu berücksichtigenden Transformationsprozesse infolge des demographischen Wandels in den Stadtumbaugebieten vieler Städte sehr langsam und primär dispers verlaufen. Flächenhafte Rückbaukonzepte bilden in der Praxis die Ausnahme, wodurch sich besonders umfassende Freiräume für die Flächennutzung/Integration der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung ergeben.

6.2 Forstwirtschaft

Die Abhängigkeit der Forstwirtschaft von den Auswirkungen des Klimawandels ist unmittelbar. Ihre Vulnerabilität hängt maßgeblich von den Veränderungen in der Wasserbilanz, aber auch dem Grad der Temperaturerhöhung sowie der Zunahme von Extremereignissen wie Dürreperioden oder Stürmen ab. Neben den klimatischen Einflussfaktoren ist es die Sensitivität des Standorts und der Baumarten, die über Vulnerabilität von Wäldern entscheidet. Neben ihrer wirtschaftlichen Funktion erfüllen die Wälder Funktionen zur Regulierung des Wasserhaushalts, des Boden-, Klima- und Immissionsschutzes, des Arten- und Biotopschutzes, des Denkmalschutzes und der Erholung. Schwerpunktmäßig wird daher die Vulnerabilität der Forstwirtschaft in Bezug zu anderen Raumnutzungen und Raumfunktionen betrachtet.

6.2.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

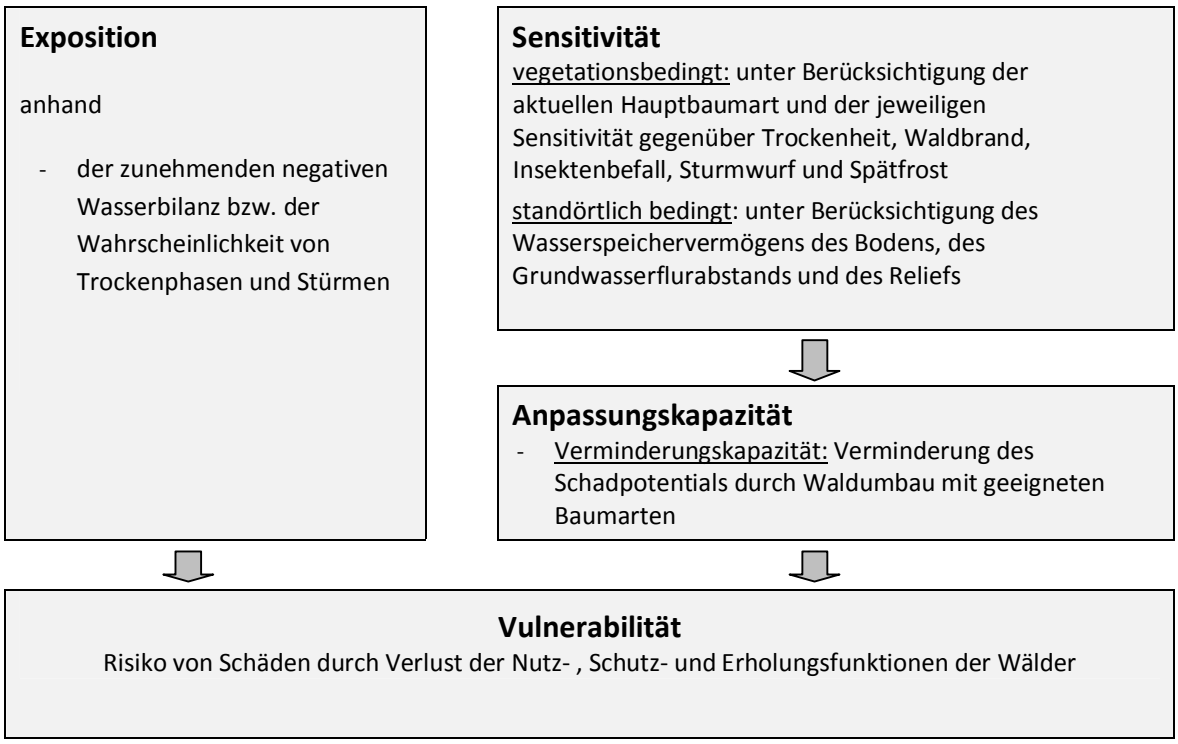

Abbildung 6-10: Überblick über den methodischen Ansatz

6.2.2 Exposition

Die klimatische Wasserbilanz wird im Laufe des Jahrhunderts angespannter und fällt häufiger in den negativen Bereich. Den Wäldern steht somit weniger Bodenwasser zur Verfügung. Insbesondere im Tiefland ist eine erhebliche **Wasserverknappung** über den Sommer hinaus zu erwarten. Bereits heute ist das Sommerhalbjahr im Tiefland von Phasen negativer klimatischer Wasserbilanz gekennzeichnet. Drastische Veränderungen sind auch in den Hügelländern wahrscheinlich, die bisher gut mit Wasser versorgt sind. In diesen bleibt die Wasserbilanz zwar positiv, die Änderungsrate fällt jedoch nach den vorliegenden Prognosen höher als im Tiefland aus. Eine **Zunahme von Stürmen** wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel angenommen (RAHMSTORF 2005), eine Projektion liegt bisher jedoch noch nicht vor. Auch anhand der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2010) ist keine räumliche Differenzierung möglich, da im regionalen Vergleich in allen Waldgebieten die geringsten Windgeschwindigkeiten gemessen wurden (vgl. Kap. 1.4.6).

6.2.3 Sensitivität

Standörtliche Sensitivität gegenüber Trockenheit

Die standörtliche Sensitivität wurde anhand des Reliefs, des Wasserspeichervermögens des Bodens und des Grundwasserflurabstandes bewertet. Die Methodik ist in der Ableitung der standörtlichen Vulnerabilität im Kapitel 6.2.5 näher erläutert.

Vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Trockenheit

Die **vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Trockenheit** ist je nach Baumart verschieden und noch nicht ausreichend erforscht. Besonders unkalkulierbar erweist sich auch das Verhalten der Gehölze unter Konkurrenzbedingungen. In Westsachsen werden zukünftig Baumarten benötigt, die:

- mit wärmeren Temperaturen zurechtkommen und
- mit weniger Niederschlag auskommen bzw. ein häufigeres und längeres Auftreten von Trockenphasen ertragen.

Die projizierten Temperaturerhöhungen wirken auf viele Baumarten in unseren Breiten eher wachstumsfördernd (vgl. PIK 2009). Dem steht jedoch eine sich deutlich verknappende Wasserbilanz gegenüber. Einige Baumarten können längeren Trockenzeiten nicht Stand halten, da sie bspw. anfälliger gegenüber Schädlingsbefall werden und nur noch eingeschränkte Wuchsleistung zeigen. Andere Baumarten verfügen hingegen über ein ausgeprägtes Adaptationsvermögen. Hierbei werden auch fremdländische Baumarten intensiv diskutiert. ROLOFF UND GRUNDMANN (2008) fassen die spezifische Eignung von Baumarten auf trockenen Standorten zusammen (vgl. Tabelle 6-1).

Als trockenheitsempfindlichste Baumart der Region Westsachsen tritt die Fichte hervor. Aber auch die häufig verwendeten Baumarten Rotbuche und Douglasie sind für austrocknungsgefährdete Standorte nur bedingt geeignet. Die räumlich konkrete Vulnerabilität wird erst in der Überlagerung mit den standörtlichen Verhältnissen deutlich, je nachdem wie häufig ein Boden von Trockenphasen gekennzeichnet ist (vgl. Kap. 6.2.5). Aber auch waldbauliche Aspekte wie das Baumartenmischungsverhältnis, der Unterbau oder das Alter geben für die tatsächliche Betroffenheit der Wälder wichtige Hinweise.

Die Einschätzung der vegetationsbedingten Sensitivität wurde überwiegend anhand der Hauptbaumarten vorgenommen, da diese Information für alle Waldflächen der Region vorlag (Quelle: BTLNK 2005).

Tabelle 6-1: Eignung von Baumarten auf trockenen Standorten nach ROLOFF und GRUNDMANN (2008)
fett gedruckt: derzeit waldbaulich interessante Arten; normal gedruckt: Arten mit Relevanz (z. B. als Unterwuchs, Nebenbaumart) oder potentielle „Zukunftsbäume“

Eignung auf trockenen bis sehr trockenen Standorten	Art	Eignung auf trockenen bis sehr trockenen Standorten	Art
ungeeignet	Alnus glutinosa (Schwarz-Erle)	**sehr gut geeignet**	Acer campestre (Feld-Ahorn)
	Picea abies (Gemeine Fichte)		**Acer platanoides (Spitz-Ahorn)**
	Populus nigra (Schwarz-Pappel)		**Betula pendula (Sand-Birke)**
	Salix alba (Silber-Weide)		**Carpinus betulus (Hainbuche)**
bedingt geeignet	**Fagus sylvatica (Rotbuche)**		Pinus nigra (Schwarz-Kiefer)
	Fraxinus excelsior (Gemeine Esche)		Pinus strobus (Weymouth-Kiefer)
	Prunus padus (Traubenkirsche)		**Pinus sylvestris (Gemeine Kiefer)**
	Pseudotsuga menziesii (Douglasie)		Populus tremula (Zitter-Pappel)
	Ulmus laevis (Flatter-Ulme)		Prunus avium (Vogel-Kirsche)
	Ulmus minor (Feld-Ulme)		**Quercus petraea (Trauben-Eiche)**
gut geeignet	Acer pseudoplatanus (Bergahorn)		Robinia pseudoacacia (Robinie)
	Castanea sativa (Esskastanie)		Sorbus aria (Echte Mehlbeere)
	Larix decidua (Europäische Lärche)		Sorbus domestica (Speierling)
	Quercus cerris (Zerr-Eiche)		Sorbus torminalis (Elsbeere)
	Quercus pubescens (Flaum-Eiche)		**Tilia cordata (Winter-Linde)**
	Quercus robur (Stiel-Eiche)		
	Quercus rubra (Rot-Eiche)		
	Sorbus acauparia (Eberesche)		
	Taxus baccata (Eibe)		
	Tilia platyphyllos (Sommer-Linde)		
	Ulmus glabra (Berg-Ulme)		

Vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Schädlingsbefall

Unter wärmeren Temperaturen und einer längeren Vegetationsperiode ist ein erhöhter **Schädlingsbefall** durch Insekten zu befürchten. Ein verstärkter Befall durch Pilze ist unter den kontinentaleren Bedingungen Westsachsens weniger wahrscheinlich als in stärker ozeanisch geprägten Gebieten Deutschlands. Die Auswirkungen auf die Kiefer unter den vorliegenden Projektionen sind daher umstritten (GEMBALLA, STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010, mdl.). Ihre Sensitivität in der Region Westsachsen wurde als mittel eingestuft. Die Eiche weist je nach Witterung ebenfalls eine mittlere Sensitivität auf. Als besonders betroffen gilt die Fichte. Ihre sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Insektenkalamitäten äußert sich aktuell im Befall der Fichtenbestände durch den Borkenkäfer u. a. im Colditzer Forst. Das Ergebnis einer ersten Bewertung der vegetationsbedingten Sensitivität gegenüber Schädlingsbefall zeigt Abbildung 6-15.

Vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Sturmwurf

Sturmereignisse können erheblichen Schaden in Wäldern bewirken, wie der Tornado im Mai 2010 eindrücklich zeigte. Die höchste Sensibilität gegenüber Stürmen weist derzeit in der Region die Fichte auf (vgl. Tabelle 6-2, Abbildung 6-15). Gleichwohl sind auch waldstrukturelle Parameter entscheidend dafür, wie sturmfest ein Waldbestand ist. Diesbezügliche Daten lagen nur für Teile der Regionen vor, weshalb für die Bewertung die Hauptbaumart als Ausschlag gebendes Kriterium verwendet wurde.

Tabelle 6-2: Vegetationsbedingte Sensitivitäten der Hauptbaumarten Westsachsens (verändert nach ALTENKIRCH et al. 2002 und BRUNS 2008 in DICK 2009)

	Sensitivität gegenüber:			
Gehölzart	**Waldbränden**	**Insektenkalamitäten**	**Sturmwurf**	**Spätfrost**
Picea abies (Gemeine Fichte)	**hoch**	**sehr hoch**	**hoch**	keine
Pinus sylvestris (Gemeine Kiefer)	**sehr hoch**	**mittel**	keine	keine
Larix decidua (Europäische Lärche)	**hoch**	gering	keine	keine
Quercus spec. (Eiche)	gering	**mittel**	keine	gering
Fagus sylvatica (Rotbuche)	gering	keine	mäßig	gering
Fraxinus excelsior (Gemeine Esche)	gering	gering	keine	**hoch**
Robinia pseudoacacia (Robinie)	gering	gering	mäßig	**hoch**
Populus spec. (Pappel)	gering	gering	keine	keine
Betula pendula (Sand-Birke)	gering	gering	keine	keine

Vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Spätfrost

Des Weiteren wird die **Spätfrostgefährdung** als Ausschlusskriterium für neue Baumarten diskutiert. Auch wenn die Sommermonate ein mediterranes Niveau hinsichtlich Temperatur und Niederschlag erreichen, werden Baumarten wie Esskastanie oder Steineiche durch sporadische strenge Winter und eine wachsende Spätfrostgefahr an der Ausbreitung gehindert werden (STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010, mdl.).

Vegetationsbedingte Sensitivität gegenüber Waldbrand

Neben der Sensitivität von Wäldern gegenüber Trockenheit sind weitere Faktoren zu beachten, die mit den prognostizierten Klimaveränderungen einhergehen. So ist aufgrund der steigenden Dürrephasen mit einer erhöhten Zünd- und Brennbereitschaft in sensitiven Beständen zu rechnen. In Westsachsen zählen dazu Reinbestände der Kiefer aber auch der Fichte und Lärche (vgl. Tabelle 6-2).

Neben der Sensitivität einzelner Baumarten in Bezug auf Brände sind zweifelsohne auch waldstrukturelle Aspekte relevant. So kann in Kiefernbeständen die reelle Waldbrandgefahr trotz hoher Sensitivität der Hauptbaumart im Einzelfall niedriger ausfallen als z. B. in stark vergrasten Pappelreinbeständen der Bergbaufolgelandschaften (PADBERG, STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010, mdl.). LEUTERER (2008) untersuchte Ursachen und Ausbreitung von Waldbränden. Es zeigte sich, dass in lichten, grasbewachsenen Beständen vornehmlich kleinere Lauffeuer entstehen können. Erst wenn diese auf geschlossene Bestände übergreifen, entstehen schwer zu kontrollierende Vollfeuer (EBD.). Für die Vulnerabilitätsanalyse waren äußerst differenzierte Informationen notwendig, um die Sensitivität eines Bestandes gegenüber Waldbrand abschätzen zu können. Daten zur Baumartenschichtung und dem krautigen Unterwuchs liegen bspw. nicht für alle Waldflächen der Region Westsachsens vor. In der angewandten Methode wurde die Sensitivität eines Bestandes anhand des Waldtyps und zusätzlich für Landeswaldflächen anhand des Unterstandes abgeschätzt (vgl. Tabelle 6-3).

Für die Analyse wurde einerseits die BTLNK 2005 verwendet, da sie Daten für alle Waldflächen Westsachsens zur Verfügung stellt. Daneben konnte im Bereich des Landeswaldes auf detaillierte Daten des Staatsbetriebs Sachsenforst über Bestandsalter und Bestandsstruktur zurückgegriffen werden (FORSTGRUNDKARTE 2010). Es war jedoch notwendig, für flächendeckende Regionsaussagen den Detaillierungsgrad der Landeswalddaten mit der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung abzugleichen. Im regionalen Maßstab erwies sich dieses Vorgehen in Abstimmung mit den Forstbehörden als hinreichend aussagekräftig (STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010, mdl.), um Handlungsschwerpunkte zu lokalisieren.

Tabelle 6-3: Methodik zur Abschätzung der Sensitivität gegenüber Waldbrand

Landeswald (auf Basis der FORSTGRUNDKARTE 2010)

Waldtyp		
hoch	*mittel*	*gering*
- Kieferntyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Kieferntyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - Lärchentyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Lärchentyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - sonstige Nadelbaumarten mit hohem Nadelbaumanteil	- Fichtentyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Fichtentyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - Kieferntyp mit hohem Laubbaumartenanteil	- sonstige Waldtypen

Sonstige Wälder (auf Basis der BTLNK 2005)

Waldtyp		
hoch	*mittel*	*gering*
- Hauptbaumart Kiefer, Lärche, Pappel ohne Mischbaumart vorhanden	- Hauptbaumart Fichte ohne Laubbaumbegleiter - Hauptbaumart Kiefer, Lärche, Pappel mit Laubbaumanteil	- Fichte mit Laubbaumbegleiter - sonstige Waldtypen (überwiegend Laubbäume)

Unterstand		
-1 Stufe	*+ 1 Stufe*	*Keine Änderung*
Unterstand vorhanden (nicht feuergefährdet)	feuergefährdeter Unterstand (dicht stehend, bis Stangenholz)	kein Unterstand vorhanden

Sensitivität des Bestandes gegenüber Waldbrand
(hoch | mittel | gering)

Die dargestellte Methodik zur Abschätzung regionaler Schwerpunkte erhöhter Waldbrandgefahr steht bewusst nicht im Zusammenhang mit der Zuordnung der Wälder in Waldbrandgefahrenklassen. Diese Klassifizierung beruht auf langjährig statistisch erfassten Waldbränden. Die administrative Abgrenzung der einzelnen Waldbrandgefahrenklassen erfolgt auf Basis der Gemeinden in Anlehnung an die VO (EG) Nr. 804/94 sowie VO (EG) Nr. 1737/2006. Die Waldbrandgefahrenklassen repräsentieren insofern im Wesentlichen den Ist-Stand und sind nicht als Prognose zu verstehen (vgl. Abbildung 6-11). In der Vulnerabilitätsanalyse wurde daher ein Vergleich der aktuellen Waldbrandgefahrenklassen mit den Ergebnissen der ermittelten regionalen Schwerpunkte künftig erhöhter Waldbrandgefahr vorgenommen (vgl. Kap. 6.2.5), der erste Empfehlungen für eine vorsorgende Planung ermöglicht.

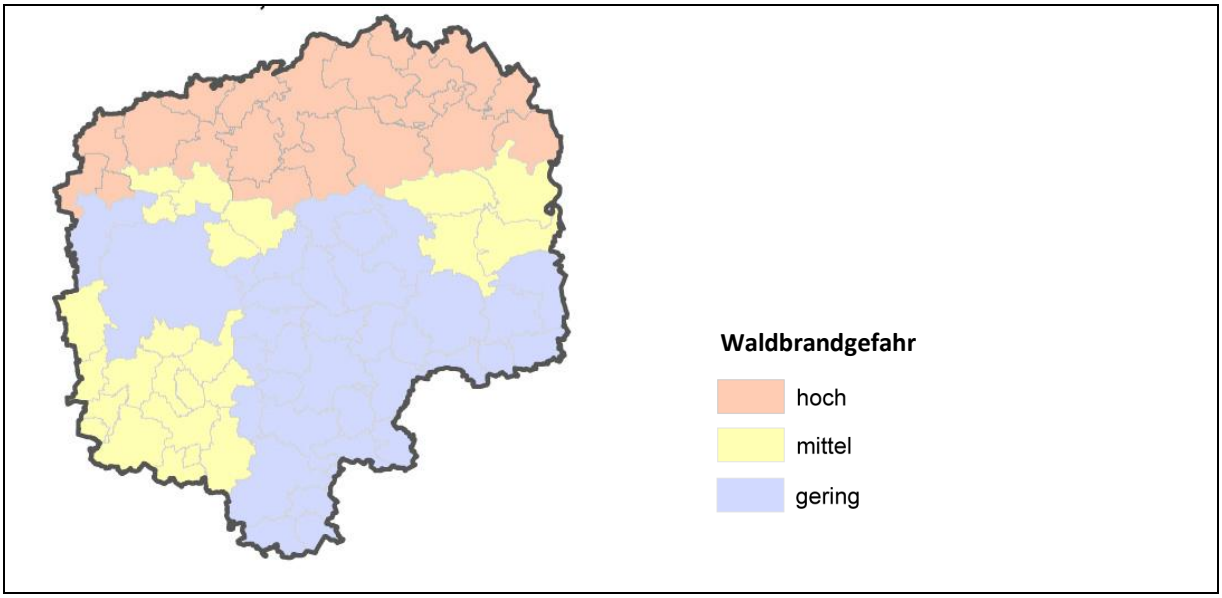

Abbildung 6-11: Aktuelle Waldbrandgefahrenklassen (STAATSBETRIEB SACHSENFORST)

6.2.4 Anpassungskapazität

Die Wälder Westsachsens werden zu großen Teilen forstwirtschaftlich genutzt und sind in ihrer Bestandsstruktur anthropogen bestimmt. Vielfach stehen Forstgehölze unter Ausschluss anderer konkurrierender Baumarten und an Standorten außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsareals. So waren Fichte und Lärche in der Region niemals heimisch. Ihre standörtliche Eignung ist daher bereits vorbelastet, wodurch die Baumarten deutlich empfindlicher auf steigende Temperaturen und abnehmende Niederschläge reagieren können. Zudem kommen Gehölze wie Fichte und Kiefer in Naturwaldbeständen der gemäßigten Zone überwiegend als Begleitbaumart vor. Werden diese Baumarten in Monokultur im einschichtigen Aufbau und auf großer Fläche angebaut, zeigen sie erhöhte Empfindlichkeiten gegenüber Waldbrand, Sturmwurf und Insektenbefall.

Als Anpassungs- und Vermeidungskapazität ist daher der Umbau sensibler Bereiche in naturnähere standortangepasste Waldbestände anzusehen. Seit fast zwei Jahrzehnten initiiert und begleitet die sächsische Forstverwaltung den Waldumbau im Staats- und Kommunalwald. Ziel ist der Aufbau mehrschichtiger Mischbestände bestehend aus Baumarten, die sich an der hpnV (heutigen potentiellen natürlichen Vegetation) orientieren. Zwar ist die hpnV unter den klimatischen Veränderungen nicht mehr uneingeschränkt auf die realen Bedingungen zu übertragen, dennoch wird angenommen, dass Mischbestände insgesamt eine höhere Stabilität sowie einen günstigeren Wasserhaushalt aufweisen und damit auch eine höhere Anpassungskapazität an den Klimawandel besitzen (FÜRST ET AL. 2009). Die Anpassungskapazität der Region ist insgesamt erheblich. Allerdings ist vor dem Hintergrund der großräumig zu erwartenden Veränderungen und Sensitivitäten im forstlichen Bereich zu fragen, wo im regionalen Maßstab Schwerpunkte des Waldumbaus in Anpassung an den Klimawandel gesetzt werden sollten.

6.2.5 Vulnerabilität

Für alle Wälder der Region ist eine Beeinträchtigung durch häufigere Stressphasen anzunehmen – bedingt durch den höheren Verdunstungsanspruch der Atmosphäre in Verbindung mit geringeren Niederschlägen in der Vegetationszeit und der Tendenz für häufigere Extremwetterlagen (GEMBALLA, STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010). Gleichwohl lassen sich räumliche Schwerpunkte sowohl anhand der spezifischen Eigenschaften der Baumarten setzen, als auch über die naturräumlichen Eigenschaften wie Wasserspeichervermögen und Relief, welche die klimatischen Wirkungen puffern oder verstärken können. Um die Vulnerabilität und den künftigen Handlungsbedarf für die Forstwirtschaft abzuleiten, müssen alle Einzelfaktoren der Sensitivität mit der Exposition überlagert werden.

Im Folgenden sind zunächst methodische Schritte zur Ableitung der Vulnerabilität dargestellt. Ergebnisse und Handlungserfordernisse schließen sich unter Punkt 6.2.6 an.

Standörtliche Vulnerabilität gegenüber Trockenphasen

In Kapitel 1 wurde eine zunehmend kritischere negative klimatische Wasserbilanz deutlich, die für die Waldbestände der Region von entscheidender Bedeutung ist. Für die Wälder entscheiden die Standort-eigenschaften, in welchem Umfang pflanzenverfügbares Wasser über einen längeren Zeitraum gespeichert werden kann und damit auch in Trockenperioden verfügbar ist. Das Wasserspeichervermögen wurde bereits im Zusammenhang mit Starkregen für die Region abgeleitet (vgl. Kap. 3) und ergibt sich aus der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum sowie der Hangneigung, wobei das Relief nur in Teilräumen der Region Auswirkungen auf den Wasserhaushalt hat (z. B. Dahlener Heide). Das Wasserspeichervermögen wurde anschließend mit der Exposition gegenüber Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz zur Vulnerabilität verschnitten. Aus dem Blickwinkel der Forstwirtschaft sind Standorte mit einem Grundwasserflurabstand unter einem Meter als potentiell nass einzustufen. Tabelle 6-4 verdeutlicht die Methodik. Als Datengrundlage diente die Bodenkarte BK 50 (LFULG 2009).

Tabelle 6-4: Vulnerabilität des Standorts gegenüber Trockenphasen unter veränderter klimatischer Wasserbilanz
(verändert nach DICK 2009)

Bodenfeuchte \ Klimatische Wasserbilanz		Tieflagen (regional höchste Temperaturen geringster Niederschlag)	Tiefland (regional hohe Temperaturen, geringe Niederschläge)	Übergangslagen	Hügelland (regional tiefste Temperaturen, höchster Niederschlag)
Wasserspeichervermögen nach SCHMIDT 2002 (vgl. Tabelle 3-1)	gering	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität
	mittel	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität
	hoch	sehr hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	mäßige Vulnerabilität
	sehr hoch	hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	mäßige Vulnerabilität	mäßige Vulnerabilität
	Grundwasser-flurabstand < 1 m	mäßige Vulnerabilität	mäßige Vulnerabilität	geringe Vulnerabilität	geringe Vulnerabilität

Die „Vulnerabilität gegenüber Trockenphasen“ drückt aus, inwieweit ein Standort längere und häufigere Trockenphasen im Zuge des Klimawandels durch seinen Wasserspeicher abpuffern kann. Eine besonders hohe Vulnerabilität des Standorts gegenüber Trockenphasen ergibt sich im Tiefland und den Tieflagen (Prellheide, Dübener, Dahlener und Annaburger Heide), da die klimatische Wasserbilanz ganzjährig im negativen Bereich liegt, sowie auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit insbesondere auf bergbaulichen Rekultivierungsflächen (vgl. Abbildung 6-12 und Karte 6_2).

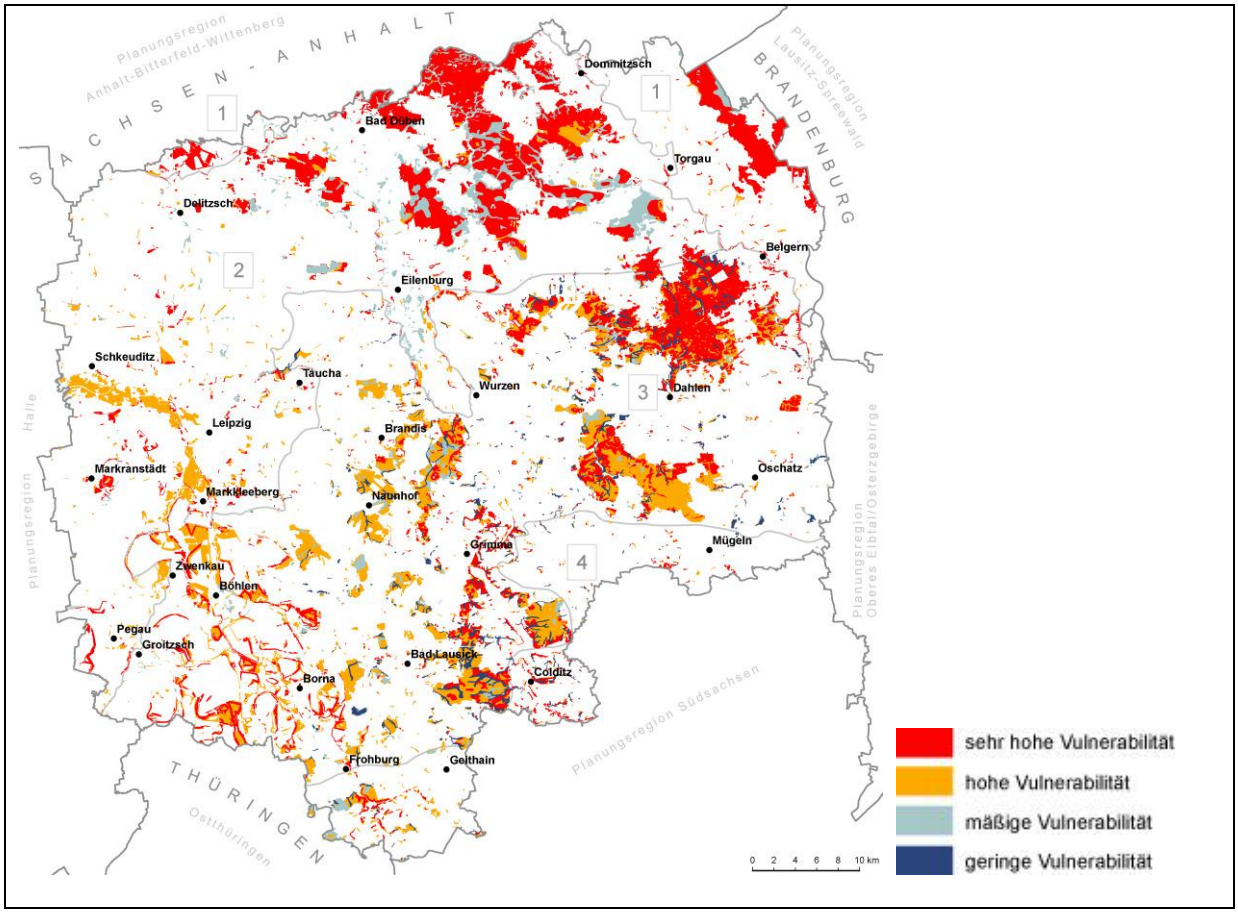

Abbildung 6-12: Vulnerabilität von waldbaulich genutzten Standorten gegenüber Trockenphasen (vgl. Karte 6_2)

Abbildung 6-12 stellt jedoch nicht die Vulnerabilität von Wäldern, sondern zunächst die Vulnerabilität der waldbaulich genutzten Standorte gegenüber Trockenphasen dar. Die Vulnerabilität der Wälder hängt maßgeblich von der jeweiligen Trockenheitsempfindlichkeit der vorhandenen Baumarten ab.

Auf sehr hoch vulnerablen Standorten gegenüber Trockenphasen besteht die Möglichkeit einer Entwicklung von „Trockenwäldern“. Auf hoch vulnerablen Standorten gegenüber Trockenphasen (Abbildung 6-12) könnten in besonderem Maße südexponierte Hänge mit erhöhter Einstrahlung und verringerter Wasserrückhaltefähigkeit dazu tendieren, Trockenwäldern auszubilden. Sie werden in Abbildung 6-13 als *„besonders vulnerable Standorte in Bezug auf die Ausbildung von Trockenwäldern“* gekennzeichnet, alle anderen sehr hoch vulnerablen Standorte gegenüber Trockenphasen als „vulnerabel in Bezug auf die Ausprägung eines Trockenwaldcharakters“. Wenn es zur Absenkung des oberflächennahen Grundwasserspiegels infolge des Klimawandels käme, könnte sich die Verteilung dieser vulnerablen Standorte deutlich erweitern. Letztendlich entscheiden über die Ausbildung von Trockenwäldern nicht nur Standort und Relief, sondern maßgeblich die aktuelle (und zukünftige) Bestockung.

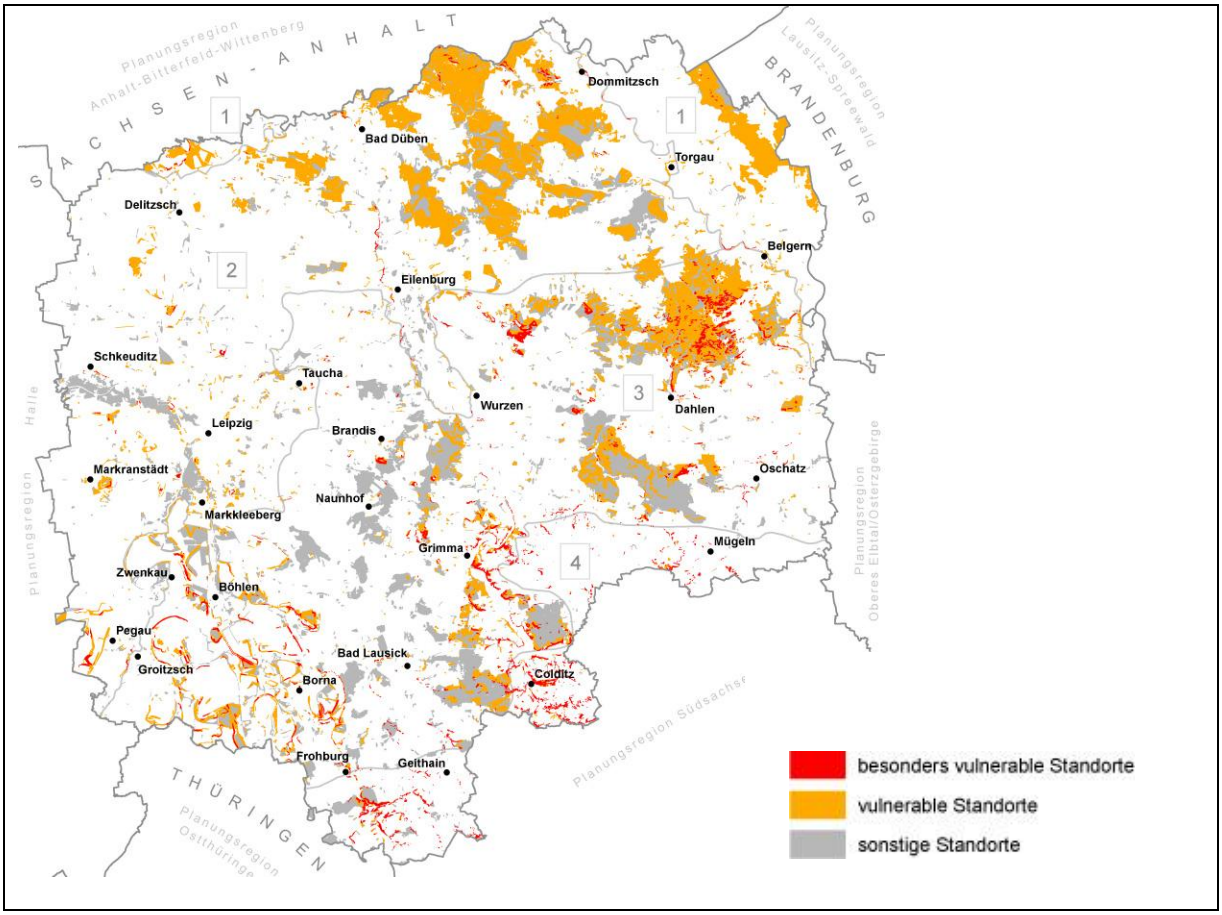

Abbildung 6-13: Vulnerable Standorte in Bezug auf die Ausbildung von Trockenwäldern (vgl. Karte 6_3)

Vulnerabilität der Wälder gegenüber Trockenphasen

Erst in der Überlagerung sensitiver Bereiche mit trockenheitsempfindlichen Baumarten ergibt sich die Vulnerabilität der Wälder. Die Fichte zeigt die höchste Vulnerabilität gegenüber Vitalitätseinbußen durch Trockenheit, bei der Buche sind Vitalitätseinbußen auf Standorten mit längeren Trockenphasen nicht unwahrscheinlich (vgl. Tabelle 6-5).

Tabelle 6-5: Methodik zur Einschätzung der Vulnerabilität von Wäldern mit den Hauptbaumarten Buche und Fichte gegenüber Trockenheit

Sensitivität von Baumarten gegenüber Trockenheit / Vulnerabilität des Standorts gegenüber Trockenphasen	Fichte: ungeeignet für trockene bis sehr trockene Standorte	Buche: bedingt geeignet für trockene bis sehr trockene Standorte
sehr hoch	sehr hohe Vulnerabilität	mittlere Vulnerabilität
hoch	hohe Vulnerabilität	keine Vulnerabilität
mäßig	mittlere Vulnerabilität	keine Vulnerabilität
gering	keine Vulnerabilität	keine Vulnerabilität

Abbildung 6-14 zeigt, dass sich die **Bereiche höchster Vulnerabilität gegenüber Trockenphasen** im Colditzer Forst und im Wermsdorfer Wald sowie im Thümmlitzwald konzentrieren, darüber hinaus u. a. in einzelnen Bereichen der Dübener und Dahlener Heide. Eine flächenhafte Entwicklung von Trockenwäldern, wie sie zunächst standört-

lich denkbar wäre, ist unter Berücksichtigung des aktuellen Bestandes demnach nicht zu erwarten. Auch der Staatsbetrieb Sachsenforst geht derzeit von keiner flächenhaften Entwicklung von Trockenwäldern und „Waldsteppen“ in Sachsen aus, wobei die Tendenzen von den zugrunde gelegten Klimaszenarien abhängen (SONNEMANN, STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010). Gleichwohl besteht in den Bereichen höchster Vulnerabilität dringender Handlungsbedarf für einen vorsorgenden Waldumbau.

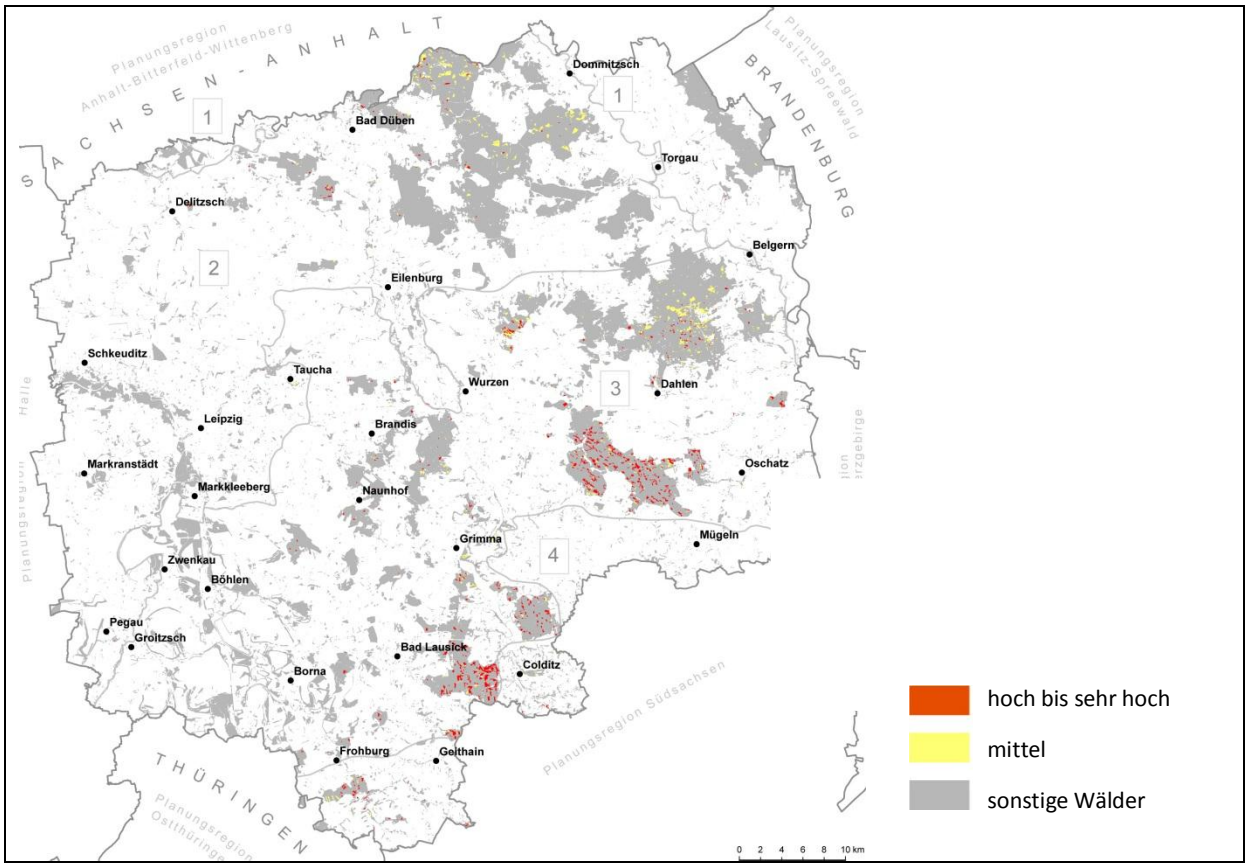

Abbildung 6-14: Vulnerabilität der Wälder gegenüber Trockenphasen anhand der Hauptbaumarten (Fichte, Buche) (Karte 6_4)

Vulnerabilität gegenüber Schädlingsbefall

Mit Verlängerung der Vegetationsperiode und höheren Temperaturen steigt die Gefahr, dass mehrere Generationen von Schadinsekten auftreten können. Eine räumliche Differenzierung innerhalb Westsachsens erweist sich als schwierig, da sich die Temperaturen in allen Landschaftsräumen erhöhen. Bisher kühlere Bereiche in den Hügellagen erwärmen sich deutlicher als ohnehin warme Tieflagen. Aus diesem Grund wurde im Falle des Schädlingsbefalls von einer weiteren räumlichen Differenzierung abgesehen. Die Vulnerabilität gegenüber Schädlingsbefall deckt sich mit den in Abbildung 6-15 dargestellten Verteilungen.

Vulnerabilität gegenüber Sturmwurf

Es wird angenommen, dass Stürme im Zuge des Klimawandels an Stärke und Frequenz zunehmen (KÜCHLER 2005). Allerdings liegen keine Prognosen dazu vor, in welcher Stärke und in welchen Regionen mit höherer Sturmgefährdung zu rechnen ist. Daher ist auch eine weitere räumliche Differenzierung, über die Sturmwurfsensitivität der Baumarten hinaus, nicht möglich.

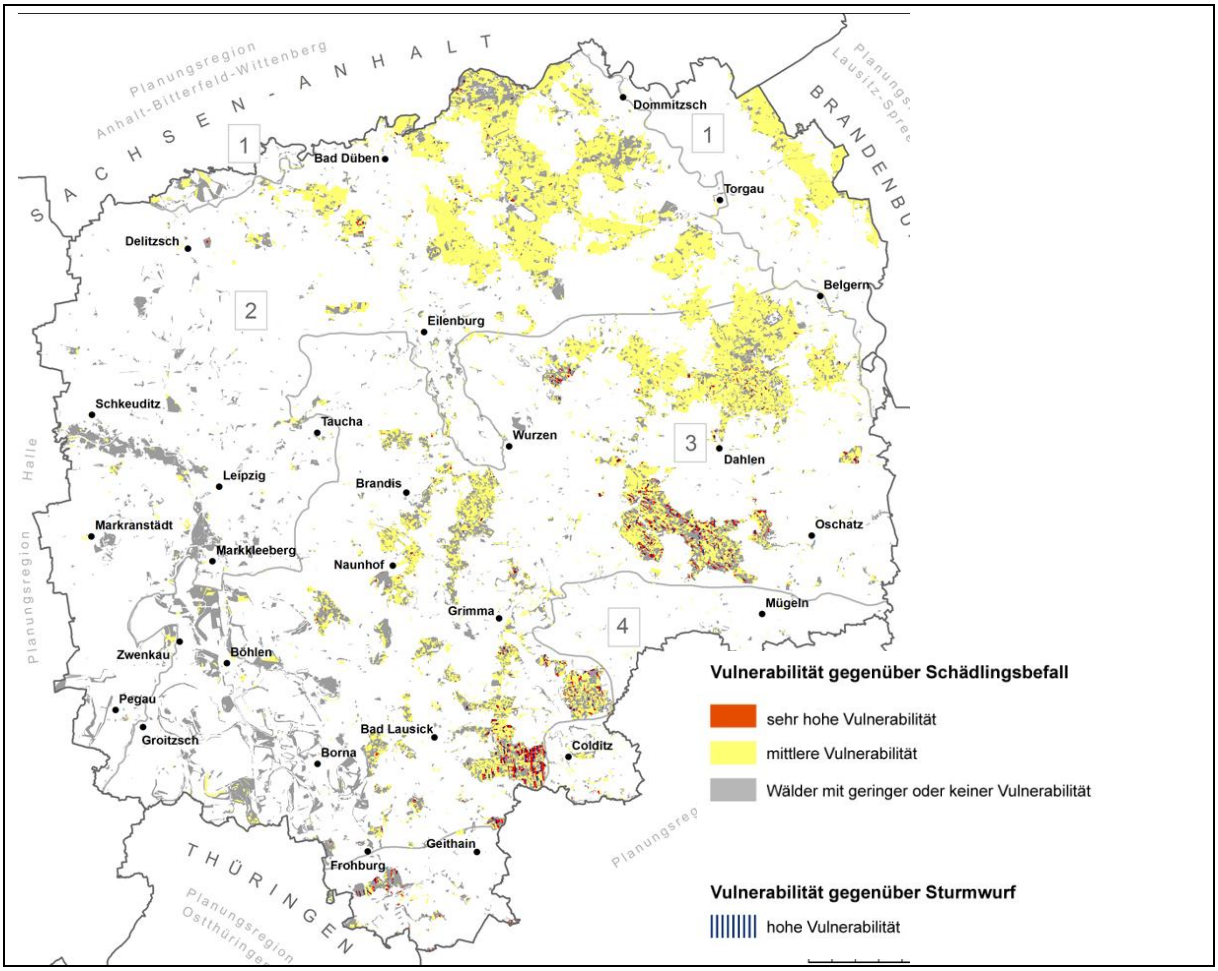

Abbildung 6-15: Vulnerabilität von Wäldern gegenüber Schädlingsbefall und Sturmwurfgefahr (vgl. Karte 6_1)

Vulnerabilität gegenüber Waldbrand

Neben der Sensitivität der Waldbestände wurden für die Bewertung der Vulnerabilität gegenüber Waldbrand die Exposition und die standörtliche Sensitivität überlagert.

Auf Standorten mit hohem Wasserspeichervermögen oder auf vernässten Bereichen wird angenommen, dass das Bestandsinnenklima ausgeglichener ist und der Bewuchs, vor allem in der Kraut- und Strauchschicht, weniger stark austrocknet. Dem gegenüber ist auf Standorten mit geringem Wasserspeichervermögen eine hohe Austrocknungsgefahr des Unterwuchses gegeben und damit die Zündungsgefahr erhöht.

Als weiteres Kriterium wurden entwässerte Niedermoorstandorte ermittelt. Durch den hohen organischen Anteil der oberen Bodenschichten ist eine zusätzliche Entzündung unter extrem trockenen Bedingungen nicht auszuschließen. Potentielle Niedermoorstandorte wurden über Bodenkarten ermittelt und mit der aktuellen Nutzung überlagert. Ist die aktuelle Vegetation untypisch für vernässte Standorte, wurde eine potentielle Entwässerung angenommen. Es handelt sich überwiegend um Kleinststandorte mit einer Konzentration in den Heidegebieten.

Zur abschließenden Ermittlung der Vulnerabilität gegenüber Waldbrand wurden die Klimaräume hinzugezogen, um Bereiche mit zukünftig kritischer Wasserbilanz abzugrenzen. Die Methode ist in

Tabelle 6-6 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6-6: Abschätzung der Vulnerabilität der Wälder Westsachsens gegenüber Waldbrand

Landeswald (auf Basis der Forstgrundkarte)			Sonstige Wälder (auf Basis der BtLnk 2005)		
Waldtyp			**Waldtyp**		
hoch	*mittel*	*gering*	*hoch*	*mittel*	*gering*
- Kieferntyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Kieferntyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - Lärchentyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Lärchentyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - sonstige Nadelbaumarten mit hohem Nadelbaumanteil	- Fichtentyp mit geringem Mischbaumartenanteil - Fichtentyp mit hohem Nadelbaumartenanteil - Kieferntyp mit hohem Laubbaumartenanteil	- sonstige Waldtypen	- Hauptbaumart Kiefer, Lärche, Pappel ohne Mischbaumart vorhanden	- Hauptbaumart Fichte ohne Laubbaumbegleiter - Hauptbaumart Kiefer, Lärche, Pappel mit Laubbaumanteil	- Fichte mit Laubbaumbegleiter - sonstige Waldtypen (überwiegend Laubbäume)
Unterstand					
+ 1 Stufe	*keine Änderung*	*-1 Stufe*			
feuergefährdeter Unterstand (dicht stehend, bis Stangenholz)	kein Unterstand vorhanden	Unterstand vorhanden (nicht feuergefährdet)			

Sensitivität des Bestandes gegenüber Waldbrand
(hoch | mittel | gering)

Sensitivität des Standorts		
- 1 Stufe	*keine Änderung*	*-1 Stufe*
- Standorte mit sehr hohem Wasserspeichervermögen, GWA < 1m, - vernässte Niedermoore	- Standorte mit hohem bis mittlerem Wasserspeichervermögen	- Standorte geringem Wasserspeichervermögen - potentiell entwässerte Niedermoore
Klimaräume		
+2 Stufe	*+ 1 Stufe*	*keine Änderung*
Tieflagen (längste Phasen negativer klimatischer Wasserbilanz)	Tiefland (längere Phasen negativer klimatischer Wasserbilanz)	Übergangslagen, Hügelland (kürzere Phasen negativer klimatischer Wasserbilanz)

Vulnerabilität des Bestandes gegenüber Waldbrand
(hoch | mittel | gering)

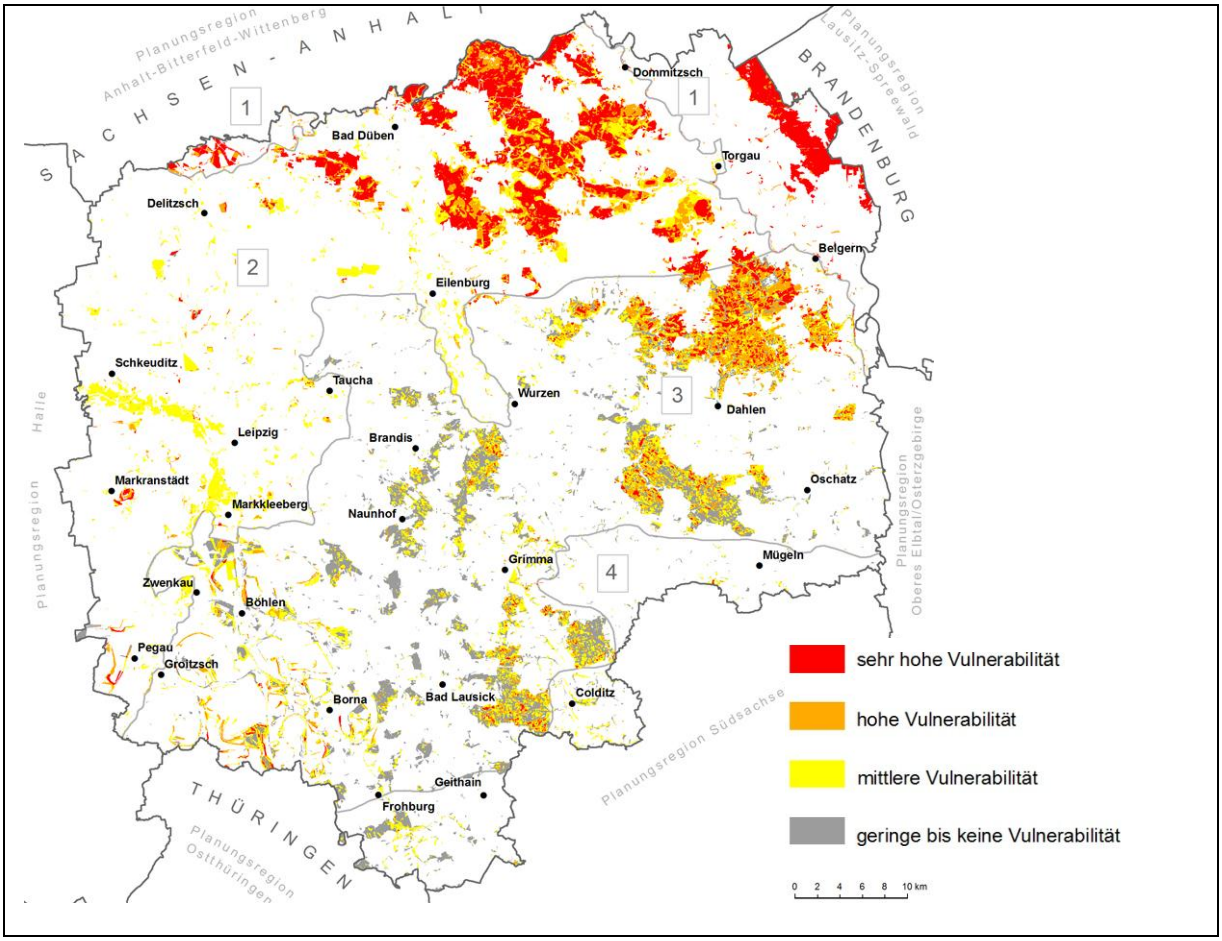

Abbildung 6-16: Vulnerabilität der Wälder gegenüber Waldbrand (vgl. Karte 6_5)

Gesamtvulnerabilität der Wälder

Wälder sind in komplexer Weise einer Vielzahl von Gefährdungsfaktoren ausgesetzt wie die vorangestellten Untersuchungen zeigen. Gleichwohl galt es regionale Schwerpunkte für die Waldbehandlung aufzuzeigen. Dazu wurden alle Gefährdungsfaktoren (Standort, trockenheitsempfindliche Hauptbaumart, Sturmwurf, Schädlingsbefall und Waldbrand) mit der Vulnerabilität „hoch“ und „sehr hoch“ überlagert (vgl. Abbildung 6-17). Bei einer Überlagerung von 2 Faktoren ist von einer mittleren Handlungsdringlichkeit auszugehen. Überdecken sich Bereiche höchster Vulnerabilität drei- bis maximal fünfmal ist eine hohe Handlungsdringlichkeit zu konstatieren. Diese Wälder besitzen oberste Priorität für den Waldschutz und den Waldumbau.

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse der Wälder Westsachsens ersetzt nicht die verfeinerte Betrachtung im lokalen Maßstab, sondern dient lediglich einer ersten Schwerpunktsetzung auf regionaler Ebene. In den einzelnen Waldgebieten sollte die Einschätzung der Sensitivitäten anhand von Baumartenmischungen und -schichtungen, der Bestandsstruktur, dem Lokalklima u. a. verfeinert werden. Zu beachten ist weiterhin, dass die vorliegende Vulnerabilitätsanalyse auf den aktuellen, nicht auf den im Zuge des Waldumbaus geplanten Forstbeständen beruht. Sie zeigt dementsprechend die Vulnerabilität von Waldbeständen, wenn keine waldbaulichen Anpassungsmaßnahmen getroffen werden würden, um auf der Basis der vorliegenden Daten erste Hinweise auf Prioritäten des Waldumbaus im regionalen Maßstab zu erhalten. Die derzeitigen Bestrebungen zum Waldumbau werden dadurch nicht missachtet, sondern erhalten durch die Vulnerabilitätsanalyse eine höhere Bedeutung. Derzeit wird eine langfristige Zielbestockungsplanung durch den Staatsbetrieb Sachsenforst erarbeitet, welche in den Fokusgebieten Dübener Heide und Colditzer Forst bereits Berücksichtigung findet.

In der Diskussion um eine nachhaltige, klimatolerante Forstwirtschaft sind nicht nur die Einflüsse auf den Wald sondern auch seine Wirkungen auf Landschaft und Mensch zu berücksichtigen. Im Rahmen des Modellvorhabens wurden daher auch die Auswirkungen auf die Kulturlandschaft und das Landschaftsbild sowie zusätzlich die Waldfunktionen (vgl. Kap. 6.2.7) und die CO_2-Bindungsfunktion des Waldes untersucht (vgl. Kap. 8.2).

6.2.6 Ergebnisse und Handlungserfordernisse

Trockenheitsempfindliche Baumarten, die zukünftig mit längeren Trockenperioden zurechtkommen müssen, verteilen sich recht kleinräumig über die Region. Sensitiv sind in besonderem Maße die Fichte und abgeschwächter die Buche (Abbildung 6-14). Betroffene Baumarten sind wiederum anfällig gegenüber Schädlingen oder Stürmen. In einigen Tälern des Colditzer Forstes ist bereits ein Zusammenbruch von Fichtenkulturen zu verzeichnen (STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010). In diesen Bereichen ist ein Schwerpunkt für den Waldumbau zu sehen. Ziel für die Region sollte es sein vitale Bestände zu erhalten und zu entwickeln, die robust gegenüber der Vielzahl klimatischer Einflüsse und deren Folgen sind.

Standorte mit der höchsten **Vulnerabilität gegenüber Trockenphasen** sind insbesondere im Nordosten zu erkennen. Im Bereich der Dübener, Dahlener und Annaburger Heide werden ausgeprägte Trockenphasen in den nächsten Jahrzehnten erwartet. Aber auch Hangwälder der Porphyrhügellandschaften im Süden der Region (z. B. Colditz-Glastener Forst, Wermsdorfer Forst, Thümmlitzwald) sowie besonders steile Böschungsbepflanzungen der Tagebaufolgelandschaften sind betroffen (Abbildung 6-12). Auf den benannten Flächen kann der Schutz bestehender Wälder trotz möglicher Bestandeseinbußen zur Stabilisierung des Landschaftshaushalts beitragen, da viele andere Nutzungen deutlich stärkere Beeinträchtigungen (Landwirtschaft) mit sich brächten. Der Naturhaushalt kann in ausgesprochen kritischen Bereichen über eine Entwicklung von Mischbeständen und unter extensiver Bewirtschaftung in besonderem Maße geschont werden. Bemerkenswert ist in den Heidegebieten der Wechsel von Trocken- und Feuchtstandorten, der wohl auch zukünftig erhalten bleibt. Hier liegen besondere Chancen für die Waldnutzung und -gestalt.

Eine sehr hohe **Vulnerabilität gegenüber Insektenkalamitäten** zeigen die Bestände mit Fichte im Bereich der Hügelländer**.** Der höchste Anteil vulnerabler Bestände tritt im Colditzer und Wermsdorfer Forst auf. Die Ergebnisse decken sich mit den Erfahrungen der Forstbezirksleiter, die bereits ein Managementkonzept für den Borkenkäfer im Colditzer Forst erarbeiten ließen (WITTIG 2010) und den Waldumbau eingeleitet haben. Gleichwohl ist auch für ausgedehnte Kiefernforste im Nordosten der Region eine erhöhte Sensitivität gegenüber Schädlingsbefall gegeben. Zunächst sollten Handlungsprioritäten auf die südlichen Waldbestände mit Fichte gelenkt werden (Abbildung 6-15).

Die **Sturmwurfvulnerabilität** konzentriert sich auf kleine Flächen, die sich vorrangig im Colditzer und Wermsdorfer Forst befinden. Es handelt sich maßgeblich um Fichtenkulturen. Ein Waldumbau ist auch vor dem Hintergrund kumulativer Vulnerabilitäten dringend geboten. Er hat in den Waldbeständen des Staatsbetriebes Sachsenforst bereits begonnen (Abbildung 6-15).

Bereiche mit **höchster Vulnerabilität gegenüber Waldbrand** zeigen sich großflächig in der Dübener und Annaburger Heide. In der Dahlener Heide ist ein kleinräumiger Wechsel zwischen mittlerer, hoher und sehr hoher Vulnerabilität festzustellen. Je südlicher die Wälder in der Region liegen, desto mehr schwächt sich die Waldbrandvulnerabilität ab. Gleichwohl weisen kleinere Flächen im Colditzer und Wermsdorfer Forst sowie auf den Bergbaukippen (Zusammenbruch der Pappelvorwälder, Vergrasung, grundwasserferne Hochkippen) eine sehr hohe Vulnerabilität auf. Damit ergibt sich insbesondere im Südwesten und Südosten der Region eine deutliche Abweichung zu dem aktuell mittels Waldbrandgefahrenklassen ausgewiesenen Waldbrandgefahrenpotential. Die Vulnerabilitätsanalyse stellt keine abschließende Gefahrenklassifizierung dar, wenn auch Tendenzen deutlich werden. Hierzu müssten weitere Faktoren wie bspw. die Waldstruktur (Baumarten, Mischung, Alter, Bestockungsgrad etc.), die Bodenvege-

tation, die Dürrholzanteile oder die Grundwasserverhältnisse nach Flutung der Tagebauseen einbezogen werden. Unter zunehmend trockeneren Sommern sollte die Waldbrandgefahrenklassifizierung, welche die Hügelländer zunächst nur in die Stufe „C – geringe Waldbrandgefahr“ einstuft, überprüft und ggf. angepasst werden (Abbildung 6-11). Zur Vermeidung von Waldbränden sind Maßnahmen und Systeme zur Waldbrandfrüherkennung zu optimieren, die regionale Löschwasserversorgung vorsorgend auszubauen sowie die Erreichbarkeit der Waldbestände im Brandereignisfall durch die Feuerwehr mittels bedarfsorientierter Walderschließung (LKW-befahrbares Wegenetz, Lichtraumprofile etc.) zu gewährleisten. Zum Schutz des Waldes und der Waldbesucher sollten weitere für die automatische Waldbrandfrüherkennung geeignete Standorte u. a. im Colditzer oder Wermsdorfer Forst aber auch im Südraum Leipzig erschlossen werden. Die im Westen der Region liegenden Auwaldstandorte und –bestockungen werden hingegen als geringer vulnerabel gegenüber Waldbränden eingestuft.

In einer Überlagerung der ermittelten naturraumbedingten und vegetationsbedingten Sensitivitäten der Waldbestände in Westsachsen und der Exposition ergab sich die höchste **Gesamtvulnerabilität der Wälder gegenüber Klimaänderungen** auf den fichtenbestockten Flächen im Colditzer Forst und etwas abgeschwächt im Wermsdorfer Forst (Abbildung 6-17). Hier sind deutliche Handlungsschwerpunkte anzusetzen. Die Vulnerabilität großflächiger Kiefernbestände gegenüber Klimaveränderungen bleibt in ihrem Ausmaß fachlich umstritten, sie wird insgesamt als mittel eingestuft. Während in der vorliegenden Vulnerabilitätsanalyse Empfindlichkeiten der Kiefer gegenüber einer erhöhten Waldbrandgefahr und Insektenkalamitäten aufgezeigt wurden und die im regionalen Maßstab besonders kritischen Standortverhältnisse der Heidelandschaften deutlich wurden, geht der Forstbetrieb davon aus, dass es sich bei der Kiefer um eine gut angepasste Baumart handelt (SONNEMANN, STAATSBETRIEB SACHSENFORST 2010).

Prinzipiell ist im Nordosten der Region im Bereich der Dübener und Dahlener Heide der Schutz bestehender Wälder auch vor dem Hintergrund eventueller wirtschaftlicher Einbußen zu unterstreichen. Gerade in diesem Bereich ist die Wasserverknappung bei gleichzeitiger Temperaturerhöhung bereits spürbar und nimmt tendenziell an Intensität zu. Zudem ist die ausgleichende Wirkung von Wäldern auf den Naturhaushalt von besonderer Bedeutung und künftig noch stärker zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wurden Folgen des Klimawandels und des Waldumbaus zum Zweck eines verbesserten Retentionsvermögens, eines wirksamen klimatischen Ausgleichs und der Erholungseignung in der Dübener Heide im weiteren Verlauf des Projektes näher betrachtet und mit den regionalen Akteuren diskutiert (vgl. Kap. 9.2).

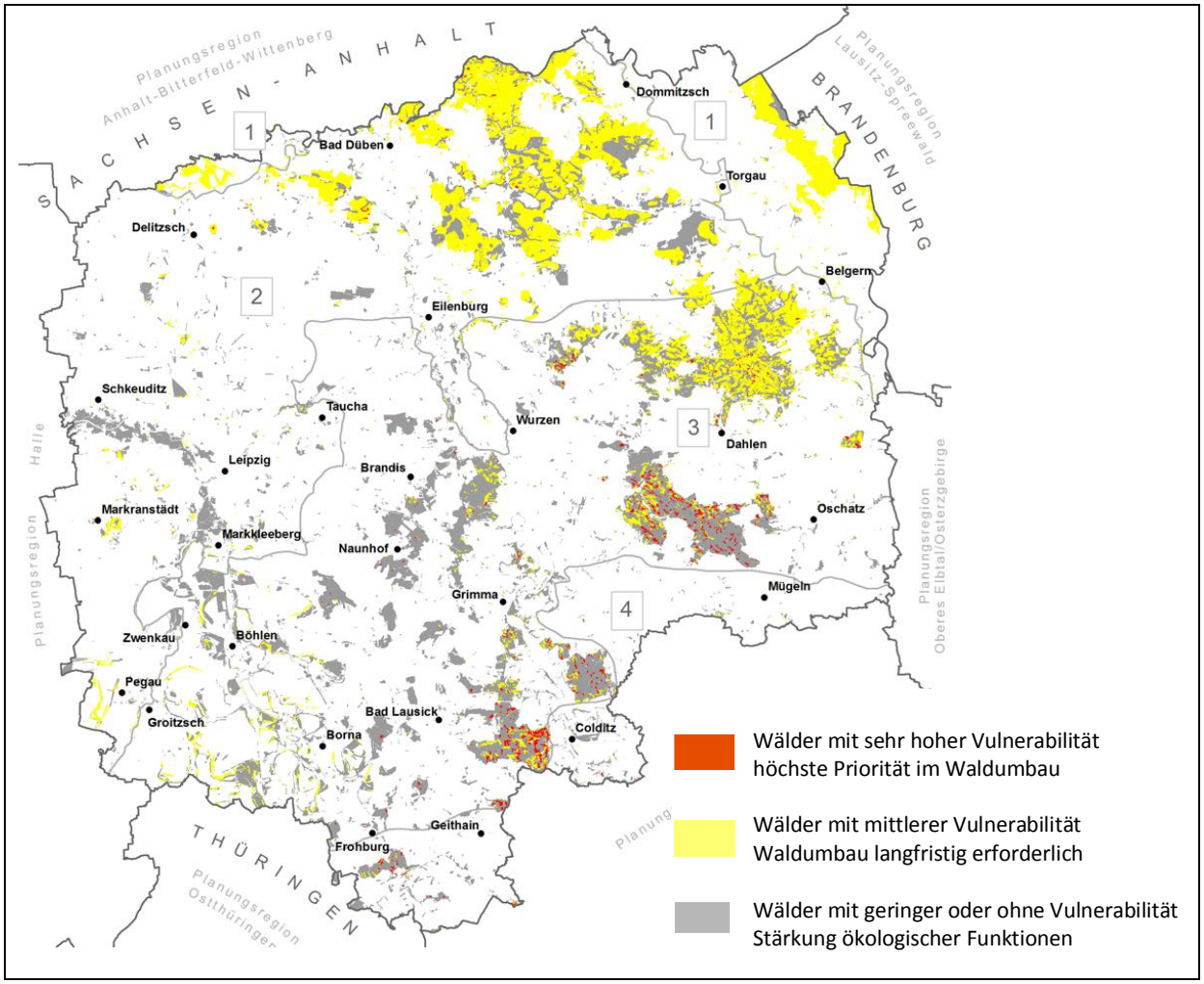

Abbildung 6-17: Vulnerabilität der Wälder Westsachsens
(vgl. Karte 6_5)

6.2.7 Waldfunktionenkartierung (WFK)

„Der Wald erfüllt zur gleichen Zeit und auf gleicher Fläche eine Vielzahl von Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen“ (LFP 2004).

Wälder und Forste der Region erfüllen zusätzlich zu ihrer Nutzfunktion – der wirtschaftlichen und nachhaltigen Erzeugung des nachwachsenden Rohstoffes Holz – auch besondere Schutz- und Gemeinwohlleistungen im Bereich Umwelt- und Naturschutz und gewährleisten zugleich vielseitige Freizeit-, Erholungs- und gesundheitsrelevante Funktionen für den Menschen.

Der Freistaat Sachsen hat diese vielfältigen Schutzfunktionen der Wälder in § 1 SächsWaldG gesetzlich fixiert. Trotz ihrer Multifunktionalität ist die Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder jedoch räumlich verschieden und nicht grundsätzlich überall und in gleicher Intensität vorhanden. Im Zuge der Waldfunktionenkartierung werden deshalb die jeweils gebietsspezifischen Waldfunktionen der Wälder im Freistaat räumlich differenziert erfasst, wobei Waldgebiete mit einer besonders starken Überlagerung von verschiedenen Schutz- und Gemeinwohlleistungen für die nachhaltige Sicherung von besonderer Bedeutung sind.

Aktualisierungen der WFK für die Planungsregion

Wie die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse belegen, können sich die prognostizierten Folgen des Klimawandels erheblich auf den Waldbestand der Region auswirken. Die Sicherung der Leistungsfähigkeit unserer Wälder für die Gesellschaft und den Naturhaushalt wird aber – auch vor dem Hintergrund des Klimawandels – weiter an Bedeutung gewinnen, insbesondere verschiedene Schutzfunktionen wie der Erosionsschutz und die Erholungsfunktion von Wälder in der Region wachsen beständig, Tendenz steigend. Konflikte zwischen verschiedenen Waldfunktionen und Waldnutzungsformen werden sich künftig weiter verstärken. Ein Anliegen des MORO Westsachsen ist es deshalb auch, die Bewusstseinsbildung zum Thema Waldfunktionen weiter voranzutreiben und die Aspekte Waldschutz und Waldmehrung stärker in die öffentliche wie politische Diskussion einzubinden.

Die WFK ist ein grundlegendes Instrumentarium für die forstliche Rahmenplanung (Fachplanung) und bietet wichtige Entscheidungshilfen für die Landes- und Regionalplanung. Ihre Aktualisierung und Fortschreibung in der Planungsregion stellt eine wichtige Schnittstelle zwischen dem MORO-Projekt, der Regionalplanung und der Forstwirtschaft dar. Ziel ist es, die räumliche Verteilung der verschiedenen Waldfunktionen aktuell zu ermitteln, jene Wälder in der Region mit einem besonders hohen Grad an Überlagerungen bedeutsamer Waldfunktionen zu identifizieren und Handlungsempfehlungen bspw. für die regionsweite Ausweisung von Vorranggebieten Waldschutz ableiten zu können.

Methodischer Ansatz

Aufbauend auf der Waldfunktionenkartierung des Freistaates Sachsen (SBS 2006) erfolgt im Rahmen des MORO Westsachsen eine Prüfung und Präzisierung der raumbedeutsamen Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder in der Planungsregion. Methodische Grundlage hierfür ist der veröffentlichte Kriterienkatalog des Staatsbetriebs Sachsenforst (ehemals Landesforstpräsidium, vgl. LFP 2004). Die Methodik der WFK wurde grundsätzlich beibehalten, flächendeckend auf Basis digitalisierter Datengrundlagen für die Planungsregion aktualisiert, an gesetzliche Novellierungen oder veränderte Schutzgebietsausweisungen angepasst und in Abstimmung mit den Vertretern der Forstwirtschaft um zusätzliche raumbedeutsame Aspekte ergänzt. Am Abstimmungsprozess für die WFK der Planungsregion Westsachsen waren folgende Vertreter beteiligt:

- Staatsbetrieb Sachsenforst, Obere Forstbehörde
- Staatsbetrieb Sachsenforst, Forstbezirk Leipzig
- Staatsbetrieb Sachsenforst, Forstbezirk Taura
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 55
- Untere Forstbehörden der Landkreise Nordsachsen und Leipzig sowie der Stadt Leipzig

Die besonderen Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder sind entsprechend der WFK 2006 gemäß ihrer raumrelevanten Wirkungen für Naturhaushalt und Mensch in 7 Funktionsbereiche – „Boden“, „Wasser“, „Klima, Luft, Lärm“, „Natur“, „Landschaft“, „Kulturgüter“ und „Erholung“ – untergliedert. Kartiert sind jene Waldflächen der Planungsregion, die

A) gemäß einer Rechtsvorschrift oder Schutzgebietsausweisung gesetzlich geschützt sind (so genannte **„Waldfunktionen mit speziellem Schutzstatus“**), sprich:

- Waldfunktionen, die per Rechtsvorschrift förmlich festgelegt sind (wie bspw. Wälder in Wasserschutzgebieten, Naturschutzgebieten, Landschaftsschutzgebieten etc.)
- Waldfunktionen, die kraft Gesetz bestehen (wie bspw. Bodenschutzwälder gemäß § 29 SächsWaldG, geschützte Waldbiotope gemäß § 26 SächsNatSchG, Kulturdenkmale nach § 2 SächsDSchG etc.)

oder aber

B) eine spezifische Waldfunktion in besonderem Maße erfüllen (so genannte „**besondere Waldfunktionen ohne speziellen Schutzstatus“**).

In der regionsbezogenen Fortschreibung der WFK sind ausschließlich flächige, raumbedeutsame Waldfunktionen erfasst; Punktdaten bzw. Liniendaten werden nicht verwendet. Auch die Waldfunktionen der Wälder in ausgewiesenen Vorranggebieten „Braunkohlenabbau“ sowie im Bereich künftig entstehender Tagebaurestseen sind nicht abgebildet. Tabelle 6-7 dokumentiert die verwendeten Kriterien und verfügbaren Datengrundlagen der 7 Funktionsbereiche überblicksartig (→ detaillierte Ausführungen siehe LFP 2004).

Tabelle 6-7: Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes in der Planungsregion (verändert nach LFP 2004)

Funktions-bereiche	**Wald mit gesetzlich vorgegebenen Funktionen** (mit speziellem Schutzstatus)		**Wald mit Funktionen von besonderer Bedeutung** (ohne speziellen Schutzstatus)
	förmlich festgesetzt	**per Gesetz bestehend**	
BODEN	**Anlagenschutzwald** (§ 29 Abs. 2 Nr. 2 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*	**Bodenschutzwald** (§ 29 Abs. 1 SächsWaldG) Daten: SBS 08/2006	**Wald mit besonderer Bodenschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Straßenschutzwald (§ 10 Bundesfernstraßengesetz) → *keine Gebietsausweisung*		**Wald mit besonderer Anlagenschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
WASSER	**Wald in Wasserschutz-gebieten** (§ 19 WHG i. V. m. §§ 48 und 139 SächsWG) *Aktualisierung:* *der Wasserschutzgbiete entsprechend den Schutzgebiets-ausweisungen (LFULG 2009a) einschließlich aktueller Streichungen bzw. Neufest-legungen (Stand 10/2010)*	**Wald in Über-schwemmungs-gebieten** (§ 32 WHG i. V. m. § 100 Abs. 1a und 3 SächsWG) *Aktualisierung:* *der Überschwem-mungsgebiete gemäß RPlWS 2008, Karte 10 „Hochwasserschutz" (RPV 2008)*	**Wald mit besonderer Wasserschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) **Wald mit besonderer Hochwasserschutz-funktion** (Kriterien gemäß LFP 2004) → *keine Gebietsausweisung* *Ergänzung:* ***Wälder im Bereich des Extremhochwassers*** *nach HWSK (HQ_{extrem}) sowie innerhalb von* ***Gebieten mit Vorranganspruch vorbeugender Hochwasserschutz*** *außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete gemäß RPlWS 2008, Karte 10 „Hochwasserschutz" (RPV 2008)*
	Wald in Heilquellenschutz-gebieten (§ 19 WHG i. V. m. §§ 46 und 48 SächsWG) → *keine Gebietsausweisung (Heilquelle Bad Lausick, im Stadtgebiet)*		
	Wasserschutzwald (§ 29 Abs. 2 Nr. 1 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*		
LUFT, KLIMA, LÄRM	**Klimaschutzwald** (§ 29 Abs. 2 Nr. 2 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*		**Wald mit besonderer lokaler Klimaschutz-funktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Immissionsschutzwald (§ 29 Abs. 2 Nr. 3 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*		**Wald mit besonderer regionaler Klimaschutz-funktion** (Kriterien gemäß LFP 2004) *Aktualisierung:* *von „Wäldern in Nachbarschaft von Städten mit > 20.000 EW im Verdichtungsraum Leipzig"* (Stand: 31.12.2009 → *Leipzig, Markkleeberg)* *Ergänzung:* ***regional bedeutsame Frischluftentstehungs-gebiete*** *gemäß RPlWS 2008, Karte 16 „Bereiche der Landschaft mit besonderen Nutzungsanforderungen" (RPV 2008)* **Wald mit besonderer Immissionsschutz-funktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) **Wald mit besonderer Lärmschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Lärmschutzwald (§ 29 Abs. 2 Nr. 3 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*		

Funktions-bereiche	**Wald mit gesetzlich vorgegebenen Funktionen** (mit speziellem Schutzstatus)		**Wald mit Funktionen von besonderer Bedeutung** (ohne speziellen Schutzstatus)
	förmlich festgesetzt	**per Gesetz bestehend**	
NATUR	**Wald im Nationalpark** (§ 17 SächsNatSchG) → *keine Gebietsausweisung*	**Geschütztes Biotop** (§ 26 SächsNatSchG; VwV Biotopschutz) *Aktualisierung:* *Übernahme der aktuellen Daten der Selektiven Biotop-kartierung zu § 26 Biotopen (LfUG 2005)*	**Wald mit besonderer Biotopschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004) *Aktualisierung:* *Übernahme der aktuellen Daten der Selektiven Biotopkartierung zu* ***wertvollen und potenziell wertvollen Biotopen*** *(LfUG 2005)* *Ergänzung:* ***Vorranggebiete Natur und Landschaft*** *gemäß RPlWS 2008, Karte 14 „Raumnutzung" (RPV 2008)*
	Wald in FFH- und Vogel-schutzgebieten (RL 92/43/EWG, RL 79/409/ EWG, § 22a SächsNatSchG) *Aktualisierung:* *der Natura 2000-Gebiete ent-sprechend aktueller Schutzge-bietsausweisung (LfULG, Stand 2007; vgl. RPlWS – Karte 9 „Schutzgebiete Natur und Landschaft", RPV 2008)*		**Restwaldfläche in waldarmer Region** (Kriterien gemäß LFP 2004) *Aktualisierung/Änderung:* *Modifizierung des Kriteriums „waldarme Regionen" durch Übernahme der Wälder in „Landschaftstypen mit einem Waldanteil < 10 %" (RPV 2008)*
	Wald in Naturschutzgebieten (§§ 16 und 64 SächsNatSchG) *Aktualisierung:* *der NSG entsprechend aktu-eller Schutzgebietsausweisung gemäß RPlWS – Karte 9 „Schutzgebiete Natur und Landschaft" (RPV 2008)*		**Wald auf Renaturierungsfläche** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) **Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Naturdenkmal (§§ 21 und 64 SächsNatSchG) *Aktualisierung:* *der FND entsprechend aktu-eller Gebietsausweisung (RP Leipzig Stand 2007; RPlWS – Karte 9 „Schutzgebiete Natur und Landschaft", RPV 2008)*		**Forstlicher Erntebestand und Samenplantage** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) **Wald für Forschung und Lehre** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Naturwaldzelle und wald-bestocktes Schutzgebiet (§ 29 Abs. 3 SächsWaldG) (Daten: SBS 08/2006)		**Wald mit besonderer Brandschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Wald in Wildschutzgebieten (§ 21 SächsLJagdG) → *keine Gebietsausweisung*		

Funktions-bereiche	**Wald mit gesetzlich vorgegebenen Funktionen** (mit speziellem Schutzstatus)		**Wald mit Funktionen von besonderer Bedeutung** (ohne speziellen Schutzstatus)
	förmlich festgesetzt	**per Gesetz bestehend**	
LAND-SCHAFT	**Wald in Landschaftsschutz-gebieten** (§§ 19 und 64 SächsNatSchG) *Aktualisierung:* *der LSG entsprechend aktueller Schutzgebietsausweisungen gemäß RPlWS – Karte 9 „Schutzgebiete Natur und Landschaft“ (RPV 2008)*		**Landschaftsbild prägender Wald** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) *Ergänzung:* ***„Landschaftsprägende Höhenrücken, Kuppen und Hanglagen“*** *gemäß RPlWS 2008, Karte 16 „Bereiche der Landschaft mit besonderen Nutzungsanforderungen“ (RPV 2008)*
	Geschützter Landschafts-bestandteil (§ 22 SächsNatSchG) → *keine Gebietsausweisung*		**Wald mit besonderer Sichtschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
KULTUR-GÜTER	**Wald im Biosphärenreservat** (§ 18 SächsNatSchG) → *keine Gebietsausweisung*	**Kulturdenkmal** (§§ 2, 10 und 38 SächsDSchG) Daten: SBS 08/2006 *Aktualisierung:* *der „Archäologischen Denkmale“ (LA für Archäologie, Stand: 2008)*	**Wald mit besonderer Denkmalschutzfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Wald in Denkmalschutz-gebieten (§ 21 SächsDSchG) → *keine Gebietsausweisung*		**Dokumentationsfläche historischer Waldbauform** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006)
	Wald in Grabungsschutz-gebieten (§ 22 SächsDSchG) → *keine Gebietsausweisung*		
	Wald im Archäologischen Reservat (§ 23 SächsDSchG) → *keine Gebietsausweisung*		
ERHOLUNG	**Erholungswald** (§ 31 SächsWaldG) → *keine Gebietsausweisung*		**Wald mit besonderer Erholungsfunktion** (Kriterien gemäß LFP 2004, Daten: SBS 08/2006) *Ergänzung:* ***Tourismusgebiete*** *und* ***Gemeinden mit besonderer Gemeindefunktion Fremdenverkehr“*** *gemäß RPlWS 2008, Karte 17 „Erholung und Tourismus“ (RPV 2008)*
	Wald im Naturpark (§ 20 SächsNatSchG) (Daten: SBS 08/2006)		

grau unterlegte Felder dokumentieren die verfügbaren Kriterien der Fortschreibung der WFK in der Planungsregion

Die Aktualisierung der WFK erfolgt GIS-basiert durch digitale Überlagerung und Verschneidung des Gesamtwaldbestandes der Region mit den aktuell verfügbaren Datengrundlagen der v. g. sieben Funktionsbereiche. Der Gesamtwaldbestand der Region ermittelt sich aus der digitalen Waldflächenkartierung des Staatsbetriebs Sachsenforst (SBS 2010), ergänzt um Aufforstungsflächen gemäß der aktualisierten Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) auf Basis der Colour-Infrarot-Luftbildauswertung (LFULG 2009b) und bereinigt im Abgleich mit aktuellen Orthofotos (GEOSN 2010), mit der Realnutzungskartierung (RENUK; RPV 2009) sowie den Originärausweisungen der Braunkohlenpläne der Planungsregion.

Ergebnisse

Die besonderen Waldfunktionen gemäß der WFK sind im Einzelnen je Waldfläche erfasst, funktionsbezogen ohne Rangfolge überlagert und in je einer Karte pro Funktionsbereich dokumentiert (vgl. Abbildung 6-18 bis Abbildung 6-24). Die **Übersichtskarten** der 7 Funktionskomplexe zeigen die räumliche Verteilung sowie besondere Schwerpunkte der verschiedenen Waldfunktionen in der Planungsregion.

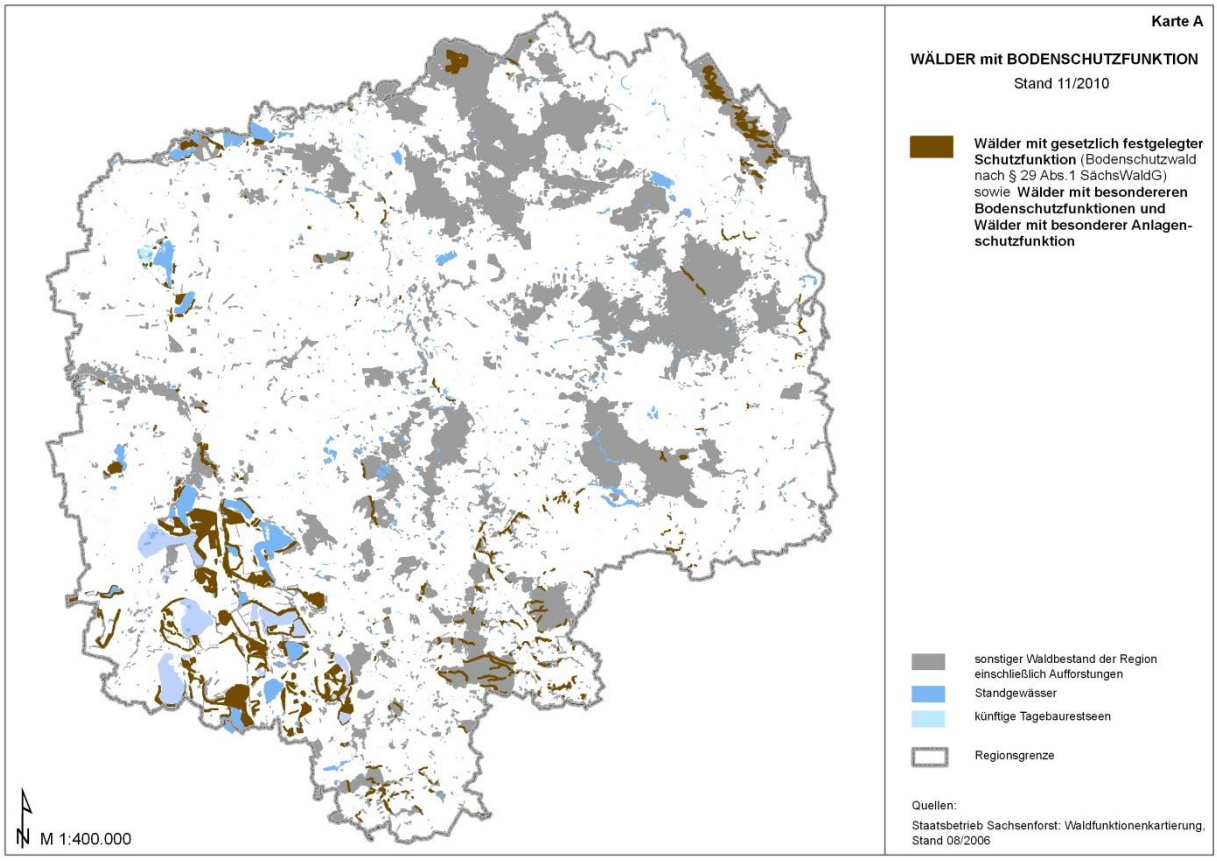

Abbildung 6-18: Wälder mit Bodenschutzfunktion in der Planungsregion

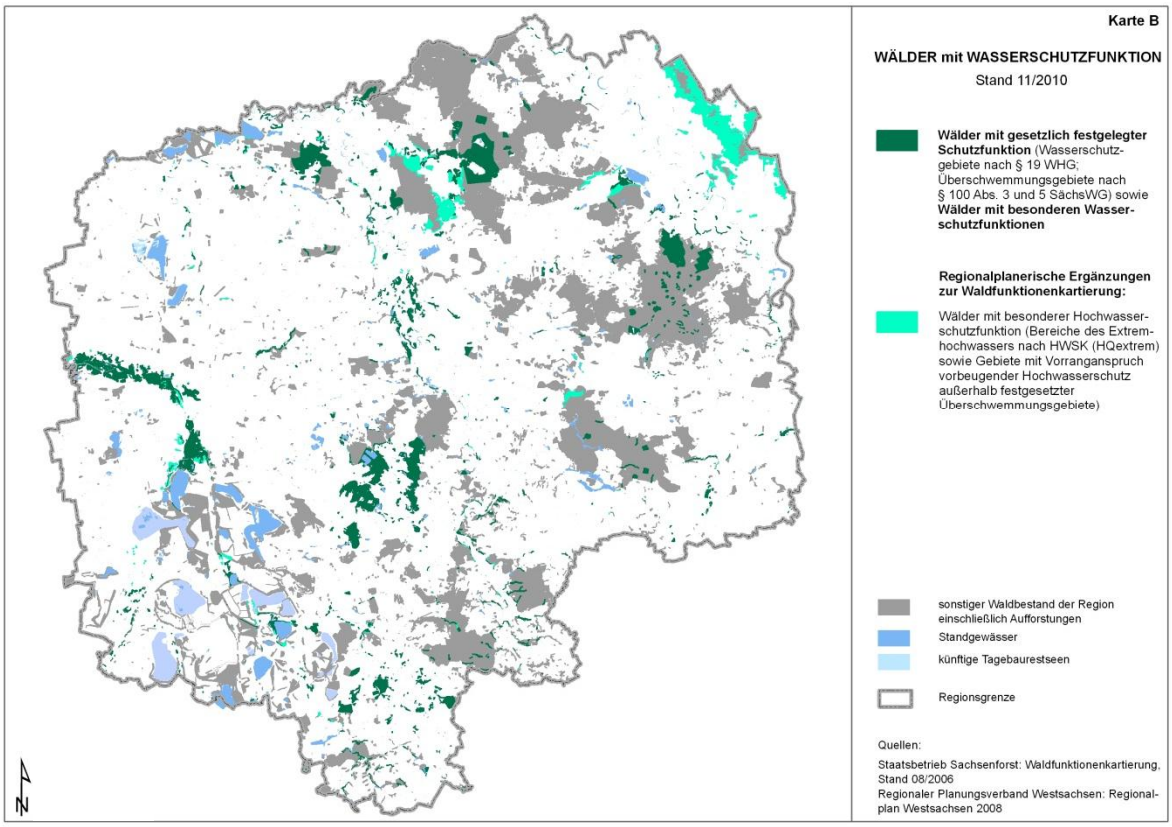

Abbildung 6-19: Wälder mit Wasserschutzfunktion in der Planungsregion

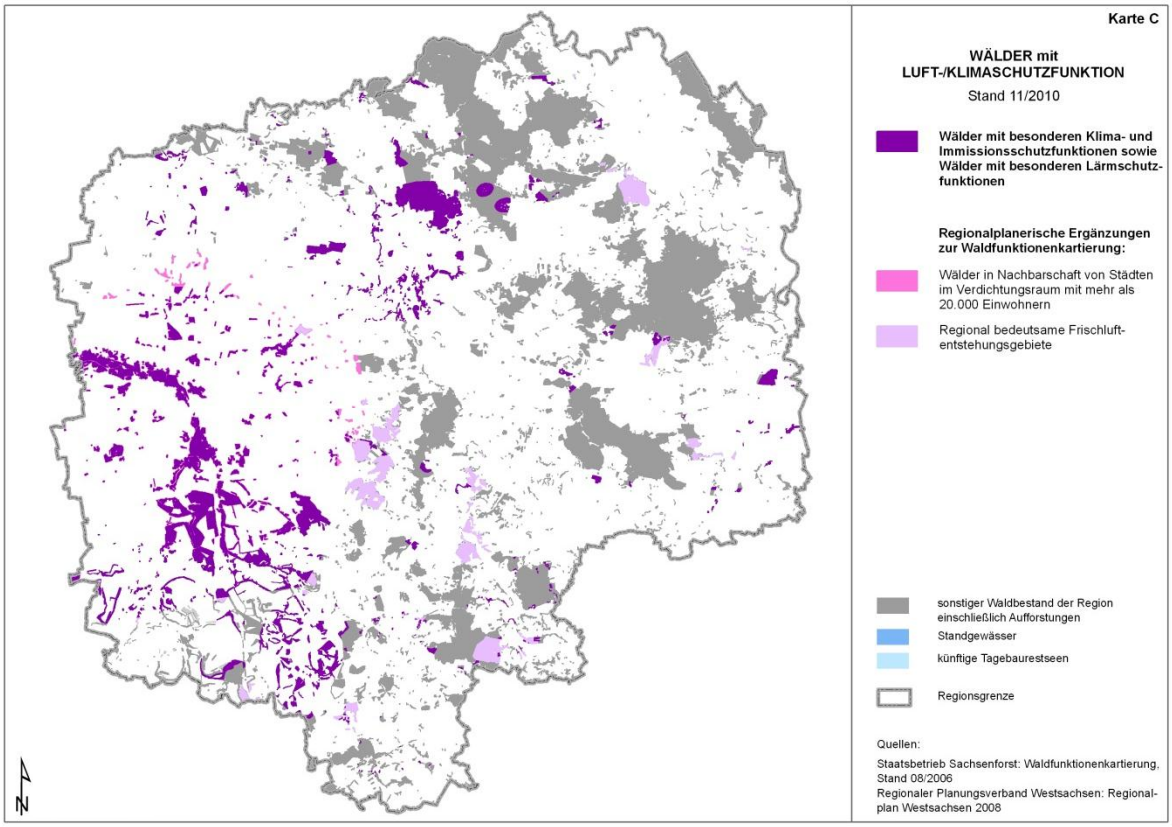

Abbildung 6-20: Wälder mit Luft- und Klimaschutzfunktion in der Planungsregion

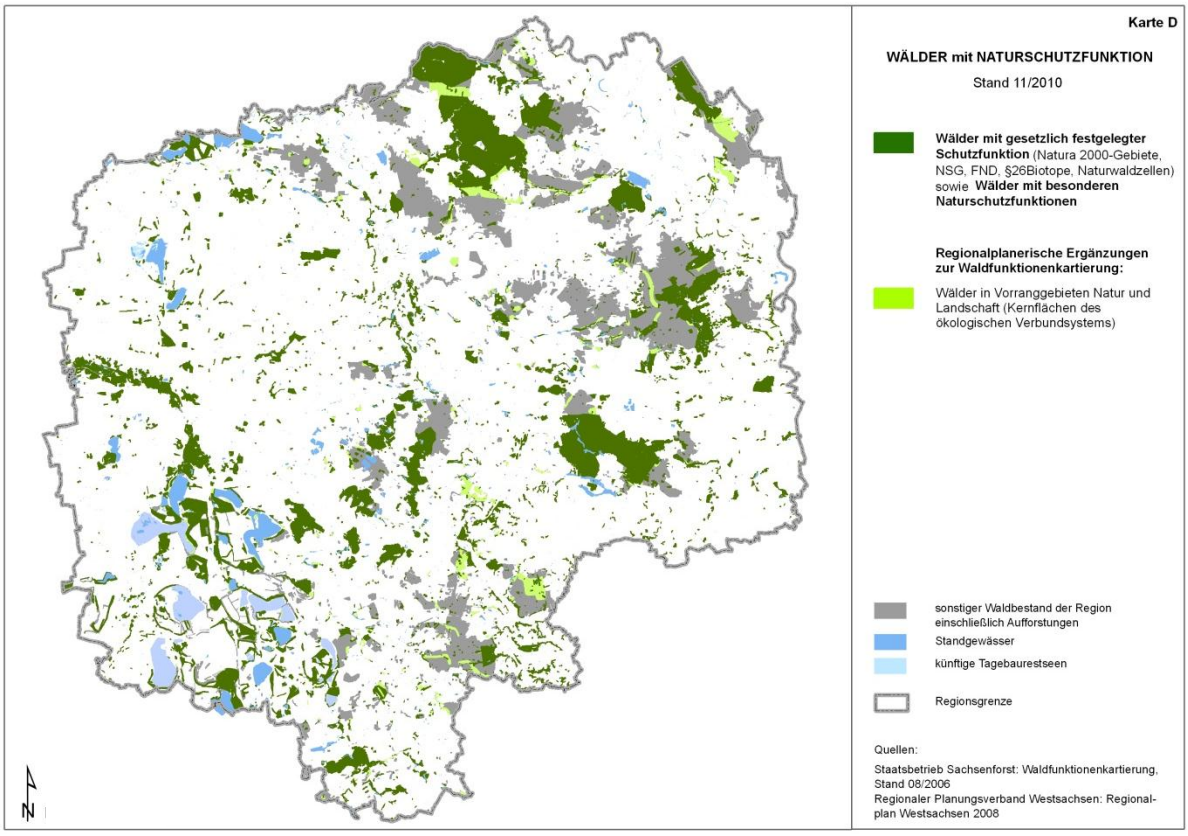

Abbildung 6-21: Wälder mit Naturschutzfunktion in der Planungsregion

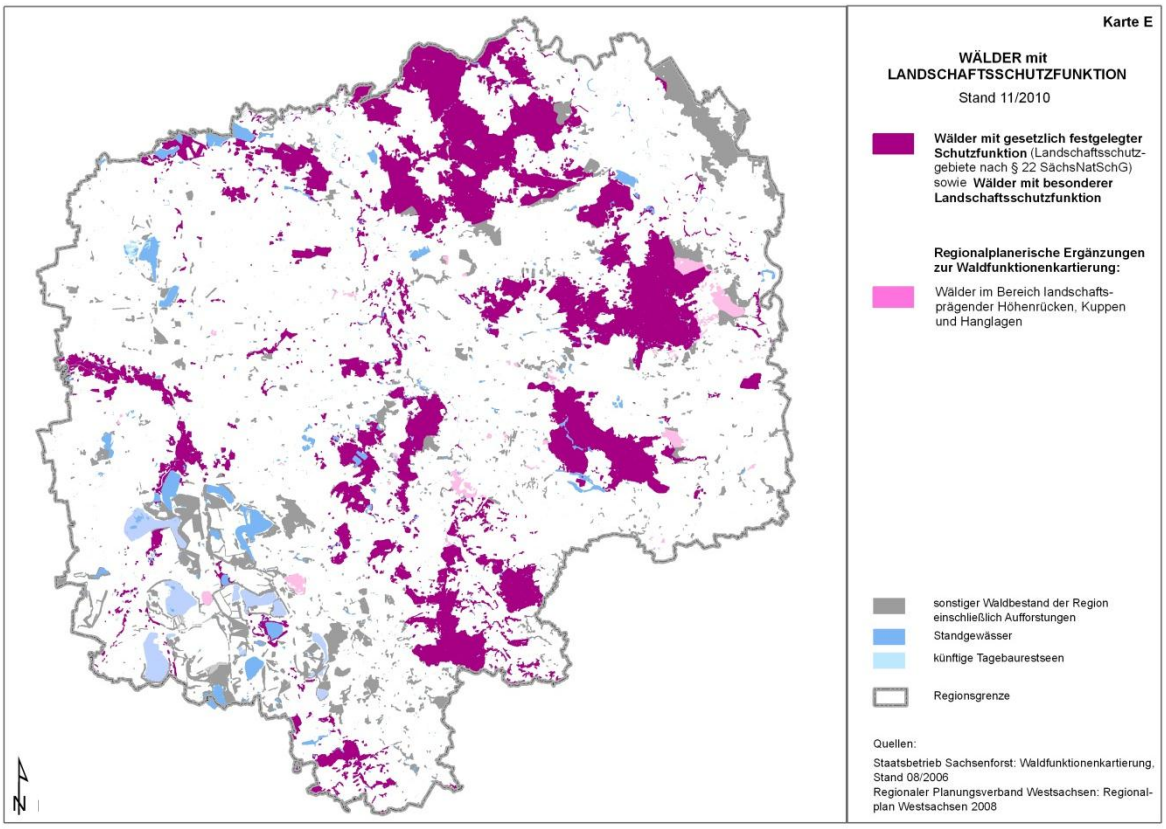

Abbildung 6-22: Wälder mit Landschaftsschutzfunktion in der Planungsregion

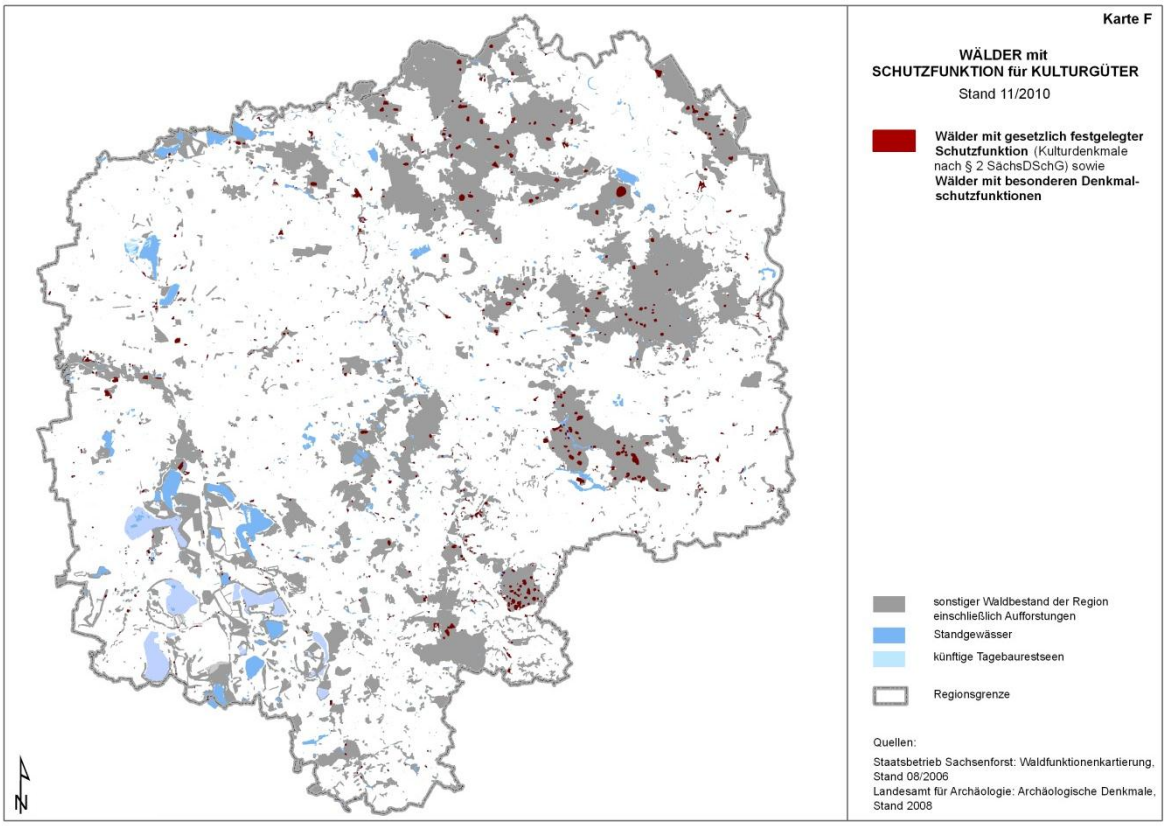

Abbildung 6-23: Wälder mit Schutzfunktion für Kulturgüter in der Planungsregion

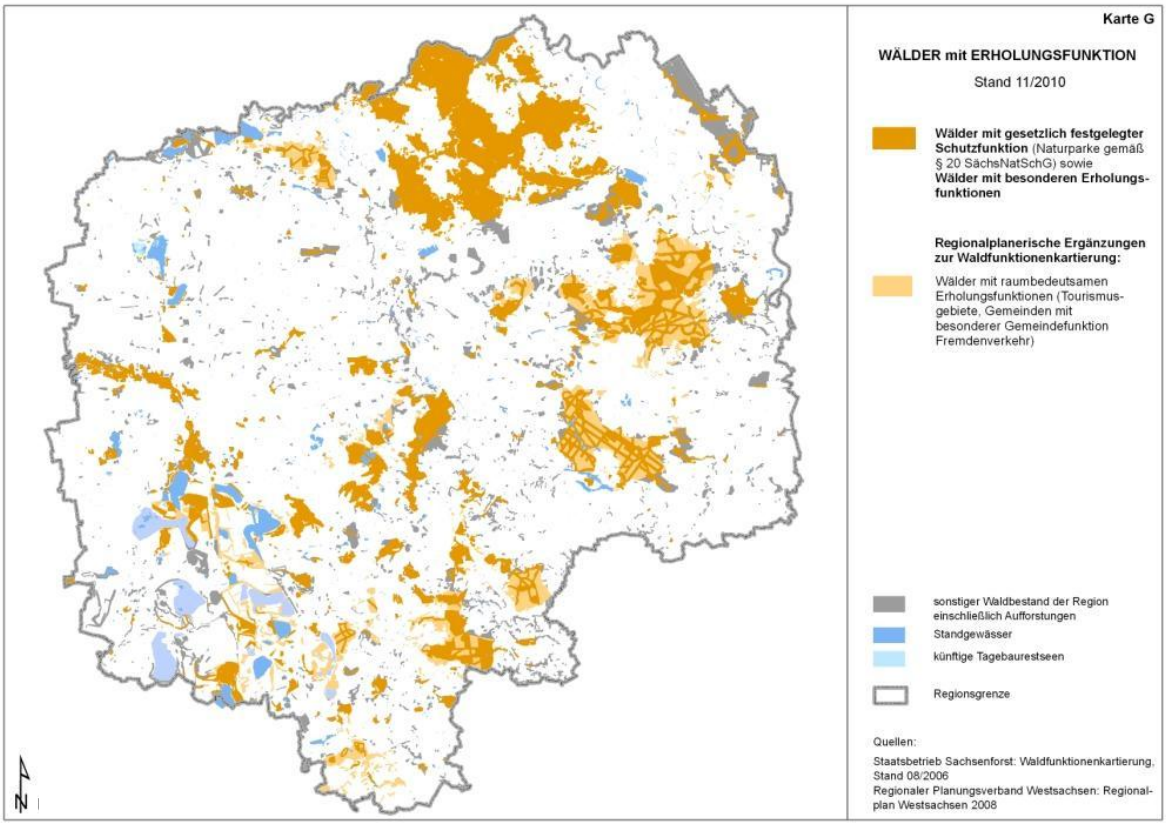

Abbildung 6-24: Wälder mit Erholungsfunktion in der Planungsregion

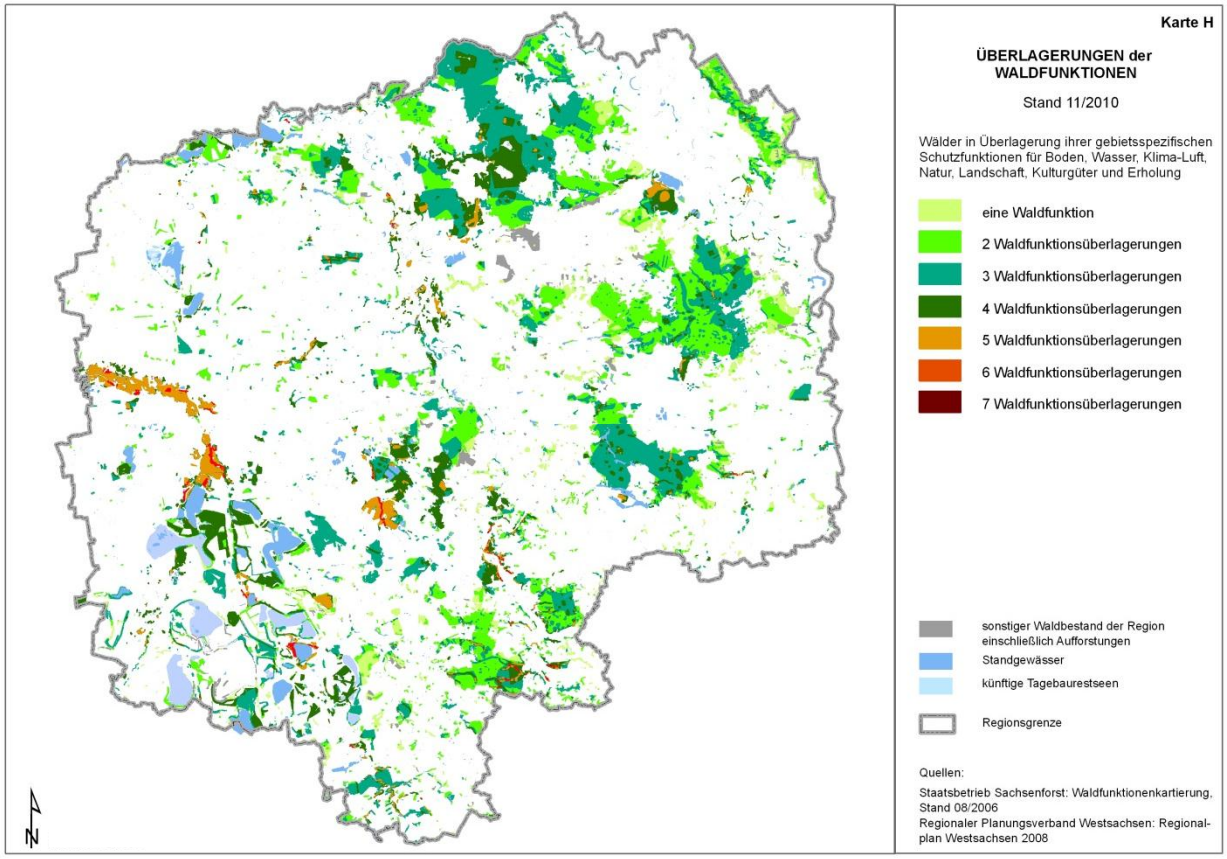

Abbildung 6-25: Überlagerungen der Waldfunktionen im Rahmen der WFK in der Planungsregion

Im **„2. Fachgespräch Forst“** und weiteren Gesprächsrunden im Rahmen des MORO Westsachsen wurden die im Einzelnen fortgeschriebenen Kriterien der WFK diskutiert und ein maximaler Überlagerungsfaktor von 7 Waldfunktionen (entsprechend der 7 Funktionskomplexe) für die Region definiert. Abbildung 6-25 (Karte H) visualisiert den Grad der Funktionsüberlagerung der Wälder und macht Waldgebiete mit einem besonders hohen Grad der Erfüllung von besonderen Schutz- und Erholungsfunktionen deutlich; folglich jene Wälder, für die auch aus regionalplanerischer Sicht ein besonderer Schutzbedarf besteht. Diese konzentrieren sich u. a. im nördlichen und südlichen Leipziger Auwald, im Südteil des Naunhofer Forstes, in Randlagen der Muldenaue südlich Grimma, im Kohlbachtal im Colditz Forst, im Torgauer Ratsforst sowie in der Bergbaufolgelandschaft des Südraums Leipzig (u. a. Pleißeaue Rötha, Stausee Witznitz, Haldes Trages). In den Waldgebieten mit einer besonders starken Überlagerung von verschiedenen Schutz- und Gemeinwohlleistungen sind der Walderhalt und die nachhaltige Sicherung der Waldfunktionen von besonderem Stellenwert.

Abbildung 6-26: Veranstaltungen zum Themenbereich „Forst/WFK“ im Rahmen des MORO Westsachsen

Im Ergebnis der überarbeiteten WFK konnte auf Basis der erstellten Kartengrundlagen für die Planungsregion ein regionsspezifischer Schwellenwert als Anspruchsfassung für die regionsweite Ausweisung von **Vorranggebieten Waldschutz** im Regionalplan bestimmt werden. Diese Anspruchsfassung umfasst einen rein fachplanerisch begründeten Schutzanspruch für bestehende Wälder ohne dass eine regionalplanerische Abwägung mit anderen raumbedeutsamen Belangen (z. B. Naturschutz, Erholung etc.) erfolgt ist.

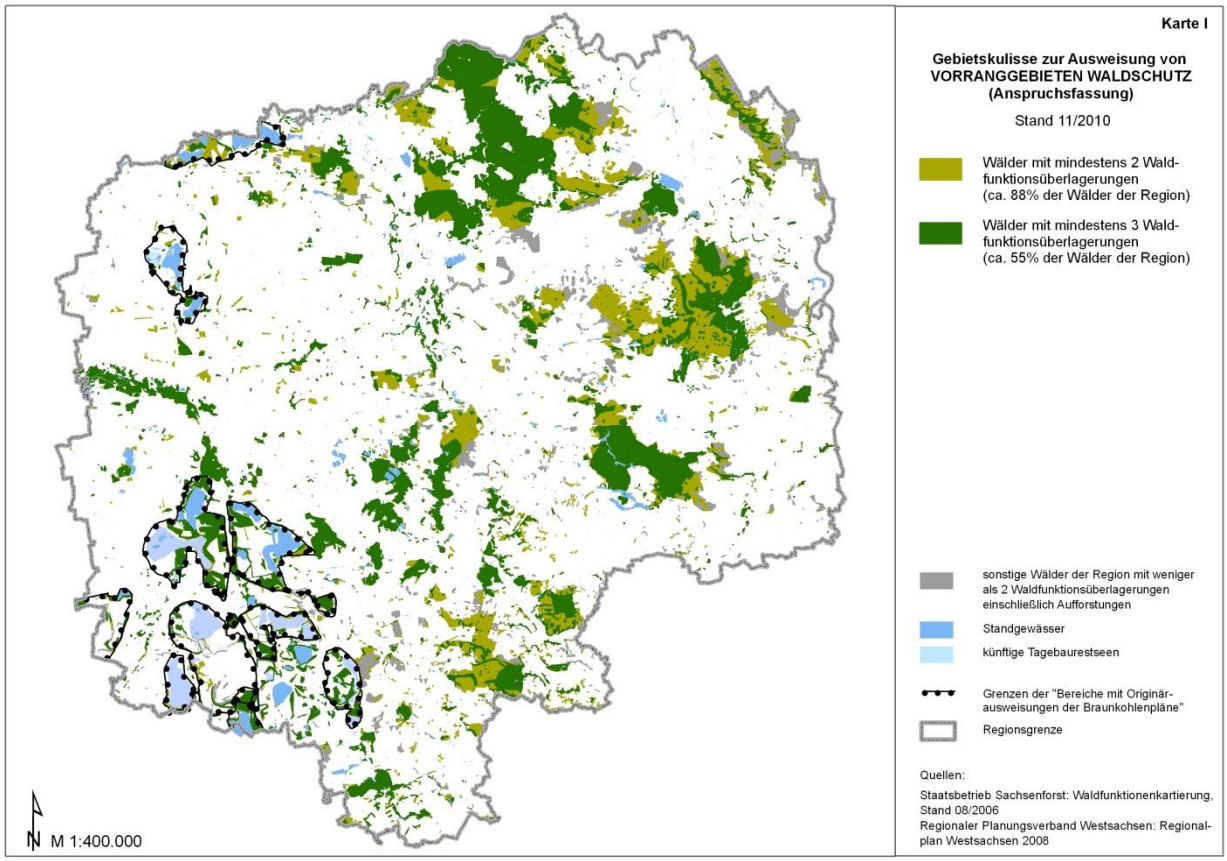

Abbildung 6-27: Gebietskulisse zur Ausweisung von Vorranggebieten Waldschutz (Anspruchsfassung)

Für die im Landesvergleich waldärmste Planungsregion Westsachsen wurde in Abstimmung mit den Vertretern der Forstwirtschaft das Kriterium **„Wälder mit mindestens 2 Funktionsüberlagerungen“** für die Ausweisung von **Vorranggebieten Waldschutz** (Anspruchsfassung!) festgelegt. Dieser deckt ca. 88 % des Gesamtwaldbestandes der Region ab (vgl. Abbildung 6-27, Karte I).

Fazit

Die WFK ist ein wichtiges Planungsinstrument der forstlichen Rahmenplanung, der Raumordnung sowie für alle Träger öffentlicher Vorhaben, um den gesetzlichen Verpflichtungen zur nachhaltigen Sicherung der Waldfunktionen gemäß den §§ 1, 6 und 7 SächsWaldG nachzukommen, den Wald zu erhalten und funktionsgerecht zu bewirtschaften.

Forstwirtschaft

Die Aktualisierung und Fortschreibung der WFK ist insbesondere für die **forstliche Rahmenplanung** nach § 6 Abs. 3 SächsWaldG von großem Interesse. Sie dient als wichtige Entscheidungsgrundlage für die Stärkung einer nachhaltigen Forstwirtschaft in der Region und deren zukunftsfähiger Anpassung an die veränderten Bedingungen des Klimawandels. Insbesondere der Überlagerungsfaktor der verschiedenen Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder ist als Kriterium für die Planung von forstwirtschaftlich bedeutsamen Waldschutz- oder Waldumbaumaßnahmen relevant.

Die im Rahmen der aktualisierten WFK erarbeiteten Fachgrundlagen können:

- geeignete fachplanerische Suchkriterien darstellen, um in verschiedenen Teilräumen der Planungsregion geeignete Schlüsselprojekte zur **Klimaanpassung** der Wälder auf den Weg zu bringen,
- zur Ableitung und Fokussierung von Teilräumen mit **besonderem Handlungsbedarf** herangezogen werden,
- als Argumentationsgrundlage den Waldumbau in besonderen Fokusgebieten stärken, fortwirtschaftlich bedeutsame Anpassungsmaßnahmen begründen und zur Unterstützung der **Öffentlichkeitsarbeit** der Forstbehörden beitragen.

Die ermittelten Schutz- und Gemeinwohlleistungen der Wälder gemäß WFK sind zudem wichtige, detaillierte Bausteine für eine fachlich begründete Umsetzung der **Waldmehrungsplanung**.
Gleichwohl ist der durch die WFK dokumentierte erhöhte Schutz- und Handlungsbedarf in der Region vielfach an erhebliche **personelle Investitionen** gebunden. Dies ist u. a. auch bei der personellen Ausstattung der Forstbehörden zu berücksichtigen und kann für den Diskurs zum Stellenabbau der Forstverwaltung argumentativ verwendet werden.

Raumordnung

Aus der Aktualisierung der Waldfunktionenkartierung ergeben sich **Handlungsempfehlungen** für die Regionalplanung, die in Kapitel 9.1 Handlungsempfehlungen zusammenfassend dargestellt werden.

Die WFK ist zugleich ein geeignetes Instrument zur Verdeutlichung wichtiger Synergieeffekte, bspw. zwischen nachhaltiger Waldbestockung und dem Boden- und Erosionsschutz, dem Wasser- und Hochwasserschutz, dem Klima- und Lärmschutz, dem Landschafts- und Naturschutz sowie der Erholungsvorsorge. Durch eine plakative, nachvollziehbare Dokumentation dieser positiven Synergien aus Klimaschutz, Klimaanpassung, Umwelt- und Ressourcenschutz können raumbedeutsame Aspekte des **Waldschutzes** und der **Waldmehrung** stärker in Abwägungsprozesse und -verfahren eingebunden werden und so eine nachhaltige Entwicklung der Region befördern.

Träger öffentlicher Vorhaben

Die Träger öffentlicher Vorhaben sind gemäß § 7 Abs. 1 Nr. 1 SächsWaldG rechtlich verpflichtet, bei Planungen oder Maßnahmen, welche in ihren Auswirkungen Waldflächen betreffen können, die Funktionen des Waldes nach § 1 SächsWaldG sowie die Waldfunktionskarte gemäß § 6a SächsWaldG, soweit diese vorliegen, zu berücksichtigen. Die WFK kann diesbezüglich als öffentlich verfügbare Informationsquelle dienen, zur Bewusstseins- und Meinungsbildung beitragen und fachliche Positionen begründen. Sie stellt ein geeignetes Instrument für die Moderation und Koordination von lokalen Projekten oder Prozessen bereit.

6.3 Landwirtschaft

6.3.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

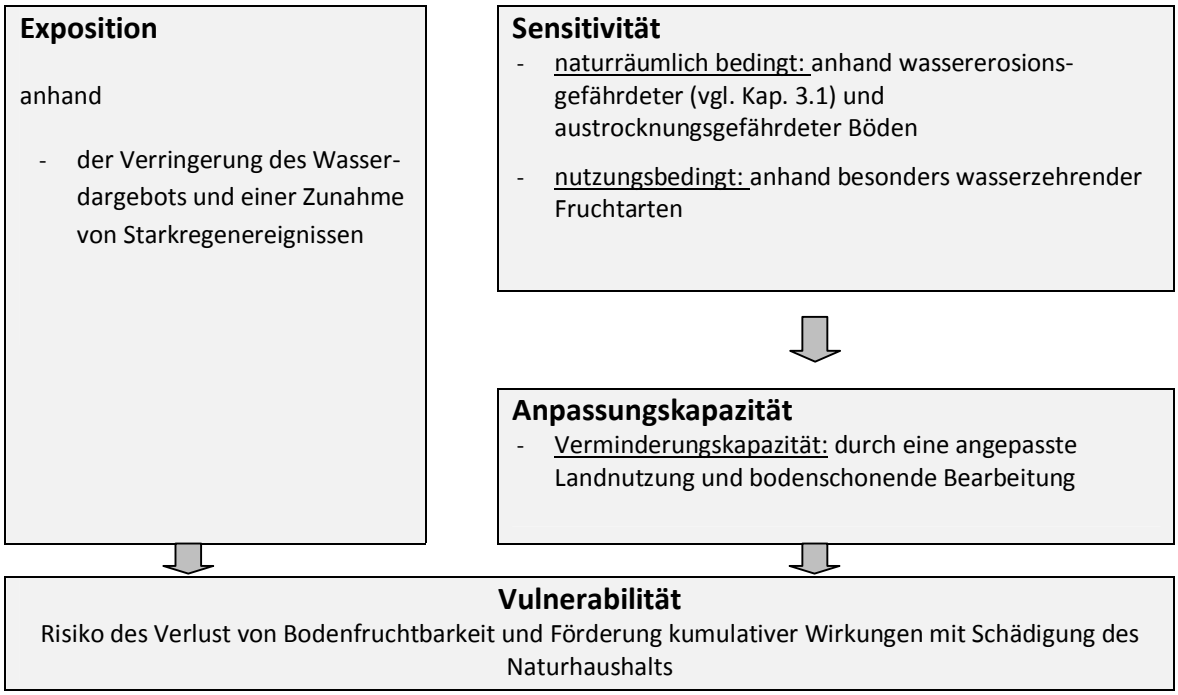

Abbildung 6-28: Überblick über den methodischen Ansatz

6.3.2 Exposition

Zukünftig wird die Landwirtschaft mit einem zunehmend angespannten Wasserhaushalt konfrontiert sein. Während die Tieflagen bereits heute eine negative klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode aufweisen, zeigen sich in den Hügelländern die deutlichsten Niederschlagsrückgänge (vgl. Kap. 1). Aber auch Extremereignisse wie Starkregen, Hagel und Stürme nehmen tendenziell an Stärke und Häufigkeit zu.

6.3.3 Sensitivität

Standörtliche Sensitivität

In Kapitel 3 „Starkregen“ wurde die Gefahr **steigender Wassererosion** durch tendenziell häufigere Starkregenniederschläge beschrieben (vgl. Kap. 3.3.1). Dabei fanden die naturräumliche Sensitivität eines Standorts gegenüber Wassererosion, aber auch die Landnutzung Eingang (höchste Disposition auf Ackerflächen). Für das Projekt lagen bereits berechnete Bodenerosionsklassen (LFULG 2009a) auf Grundlage der Bodenkarte im Maßstab 1:50000 (BK 50) vor, welche auf der allgemeinen Bodenabtragsgleichung beruhen.

Auf **austrocknungsgefährdeten Standorten** sind Kulturen von sinkenden Niederschlägen – insbesondere im Sommer – und der Zunahme von Dürrephasen besonders betroffen. Insbesondere flachgründige Böden und Standorte mit geringem Wasserrückhalt (niedrige nutzbare Feldkapazität) sind zukünftig tendenziell stärker betroffen. Für grundwassernahe Standorte wurde keine Veränderung angenommen, da Studien zur möglichen Entwicklung des bodennahen Grundwasserspiegels nicht vorlagen. Die Methodik wird in Tabelle 6-8 verdeutlicht.

Tabelle 6-8: Bewertung der standörtlichen Sensitivität von landwirtschaftlich genutzten Böden gegenüber Austrocknung

Grundwasserflurabstand (m) / nutzbare Feldkapazität (in mm/dm)	> 1	0,5 - 1	< 0,5
≤ 50	sehr hoch	hoch	gering
> 50 bis 90	hoch	mittel	gering
> 90	gering	gering	gering

Nutzungsbedingte Sensitivität

Eine Prognose der nutzungsspezifischen Sensitivität ist auf der regionalen Ebene nur eingeschränkt möglich, da sich die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft schnell ändern (Abhängigkeit von der jeweiligen Förderpolitik) und Entscheidungen zudem vorwiegend auf lokaler bzw. betrieblicher Ebene getroffen werden.

Generell wird in der landwirtschaftlichen Forschung derzeit diskutiert, in welchem Verhältnis Ertragszuwächse durch wärmere Temperaturen und Ertragseinbußen durch Extremwetterlagen einem zunehmend angespannten Wasserhaushalt gegenüberstehen. In der Studie des LFULG (2009) „Klimawandel und Landwirtschaft“ wurde anhand von Szenarien ermittelt, dass *„die ökonomischen Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die sächsische Landwirtschaft relativ gering“* sind. Danach werden in mittelsächsischen Lößgebieten in einem optimistischen Szenario Ertragszuwächse vor allem für Weizenkulturen prognostiziert. Die Heidegebiete reagieren am empfindlichsten auf klimatische Änderungen – auch unter optimistischen Annahmen. Für alle sächsischen Räume wird angenommen, dass das Ernte- und Ertragsrisiko durch Extremereignisse wie Überschwemmungen, Hitze und Dürreperioden sowie Hagel, Früh- und Spätfröste steigt.

Kumulative Wirkung auf die Austrocknungsgefährdung lassen sich aus Agrarstrukturerhebungen von 2003 und 2007 anhand der **Anteile besonders wasserzehrender Fruchtarten** (STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2003/2007) abschätzen. Die Auswahl der Fruchtarten basiert auf Lysimeterversuchen in Dedelow (SCHINDLER 2007), die Rückschlüsse über besonders geringe Sickerwasserabflüsse auf einen intensiven Wasserverbrauch zuließen. Als wasserzehrende Fruchtarten wurden Winterraps (ca. 33 mm/a), Sommergerste (ca. 29 mm/a) und Energiemais (ca. 27 mm/a) eingestuft. Diese Werte unterscheiden sich deutlich von Winterweizen und Zuckerrüben mit jeweils 64 bzw. 53 mm/a Sickerwasserabfluss.

Das Ergebnis wird in Abbildung 6-29 dargestellt. Danach hat sich der Anteil wasserzehrender Fruchtarten am gesamten Fruchtartenspektrum zwischen 2003 und 2007 in allen Landkreisen der Region deutlich, nämlich um bis zu 4,3 % erhöht. Setzt sich der Trend des Anbaus wasserzehrender Fruchtarten im Zuge des verstärkten Biomasseanbaus fort, ist auch nutzungsbedingt mit einer Verschärfung der sommerlichen Anspannung des Wasserhaushalts zu rechnen. Ob ein Ausbau der herkömmlichen Beregnungssysteme landwirtschaftlicher Flächen als Antwort darauf tatsächlich nachhaltig und langfristig sinnvoll ist, darf bezweifelt werden. Er dürfte eher zu einer Problemverlagerung und ggf. –potenzierung führen. Vielmehr ist eine Anpassung des angebauten Fruchtartenspektrums und die Entwicklung wassersparender landwirtschaftlicher Nutzungsformen zu empfehlen.

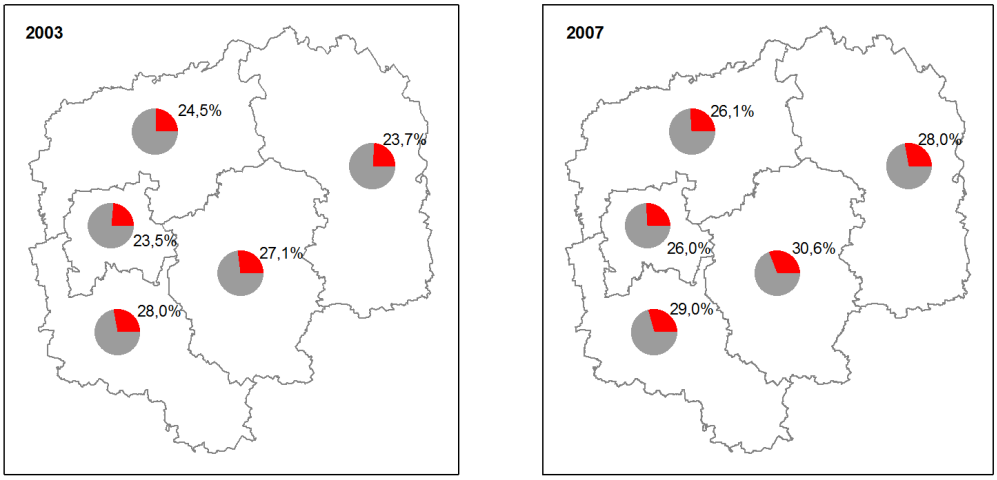

Abbildung 6-29: Anteile besonders wasserzehrender Fruchtarten aus Agrarstrukturerhebungen von 2003 und 2007 (STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN 2003/2007)

Sonstige Entwässerungsmaßnahmen im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung wie z. B. Meliorationsmaßnahmen konnten, wie auch der Gewässerausbau, aufgrund der eingeschränkten Datenlage nicht in die Betrachtungen einbezogen werden.

6.3.4 Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität im Bereich der Landwirtschaft ist insbesondere über eine an die Klimaveränderungen angepasste Landnutzung möglich. Dazu gehört vor allem die Verwendung trockenheitsresistenter Fruchtarten und –sorten. Eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung senkt nicht nur die Wassererosionsgefahr, sondern fördert zugleich den Wasserrückhalt. Ebenso wirken sich erhöhte Humusanteile im Oberboden günstig auf die Wasserspeicherfähigkeit und damit die Überdauerung von Trockenphasen aus.

Im regionalen Maßstab lagen Angaben für Westsachsen zu Bearbeitungsverfahren lediglich für Mulchsaatverfahren im Rahmen von Förderprogrammen vor. Mulchsaatverfahren können unter bestimmten Bedingungen erosionsmindernd wirken. Anzunehmen ist, dass neben den geförderten Flächen auch weitere – ohne Förderung – erosionsmindernd bewirtschaftet werden. Weitere Daten zur Bewirtschaftung und Fruchtartenverteilung waren für die Vulnerabilitätsanalyse jedoch leider nicht verfügbar und konnten deshalb nicht einbezogen werden. Dies muss bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden.

Im Bereich der Hügelländer können sich zudem Wassermassen auf großen unstrukturierten Feldschlägen ansammeln und Schäden durch Sturzfluten verursachen. Eine Verminderung kann durch eine stärkere Gliederung der Ackerflächen mit Hecken, Rainen oder Gräben unterstützt werden. Aber auch die Erhöhung der Fruchtartenvielfalt trägt dazu bei, dass insgesamt eine höhere Vegetationsdeckung besteht. So können unterschiedlich bewachsene Ackerflächen bei plötzlichen Starkregenereignissen Bodenabtrag und Wasseransammlungen eher vermindern als wenige, einheitlich bestandene Flächen.

6.3.5 Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Räume

In der Überlagerung von klimatischer Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität werden räumlich unterschiedliche Schwerpunkte und differenzierte Handlungserfordernisse deutlich. In Westsachsen sind maßgeblich folgende Vulnerabilitäten zu unterscheiden:

- eine hohe bis sehr hohe Vulnerabilität gegenüber sinkenden sommerlichen Niederschlägen bei gleichzeitig steigenden Temperaturen im Norden und Nordosten der Region und
- die steigende Wassererosionsgefahr in den landwirtschaftlich dominierten Lösshügelländern und Teilen der Übergangslagen.

Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Flächen gegenüber Trockenphasen

Vulnerable Bereiche wurden in Anlehnung an die Methode zur Ermittlung vulnerabler Standorte unter Wäldern ermittelt. Dazu wurde die Sensitivität landwirtschaftlich genutzter Böden mit der Exposition gegenüber Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz (Klimaräume) verschnitten (vgl. Tabelle 6-9). Für Standorte mit einem Grundwasserflurabstand unter einem Meter wird eine ausreichende Versorgung mit Wasser durch kapillaren Aufstieg angenommen.

Tabelle 6-9: Bewertung der Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden gegenüber zunehmenden Trockenphasen

Klimatische Wasserbilanz (Exposition) / Sensitivität der Böden gegenüber Austrocknung (Grundwasserflurabstand > 1 m)		Tieflagen (regional höchste Temperaturen geringster Niederschlag)	Tiefland (regional hohe Temperaturen, geringe Niederschläge)	Übergangslagen	Hügelland (regional tiefste Temperaturen, höchster Niederschlag)
Bewertung nach Tabelle 6-8	sehr hoch	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität
	hoch	sehr hohe Vulnerabilität	sehr hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	mittlere Vulnerabilität
	mittel	sehr hohe Vulnerabilität	hohe Vulnerabilität	mittlere Vulnerabilität	geringe Vulnerabilität
	gering	hohe Vulnerabilität	mittlere Vulnerabilität	geringe Vulnerabilität	geringe Vulnerabilität

Im Ergebnis wird deutlich, dass sich künftig vulnerable Bereiche nicht nur in der Heidelandschaft konzentrieren werden, sondern dass sich die Vulnerabilität landwirtschaftlicher Standorte auch deutlich in traditionellen Ackerbaulandschaften wie der Delitzscher und Brehnaer sowie Markranstädter Platte erhöhen wird und hier angepasste Lösungen gefragt sind. In die Analyse wurde neben derzeitigen Ackerflächen auch Grünland einbezogen, um die Risiken des Grünlandumbruchs auf austrocknungsgefährdeten Böden zu verdeutlichen (vgl. Abbildung 6-30).

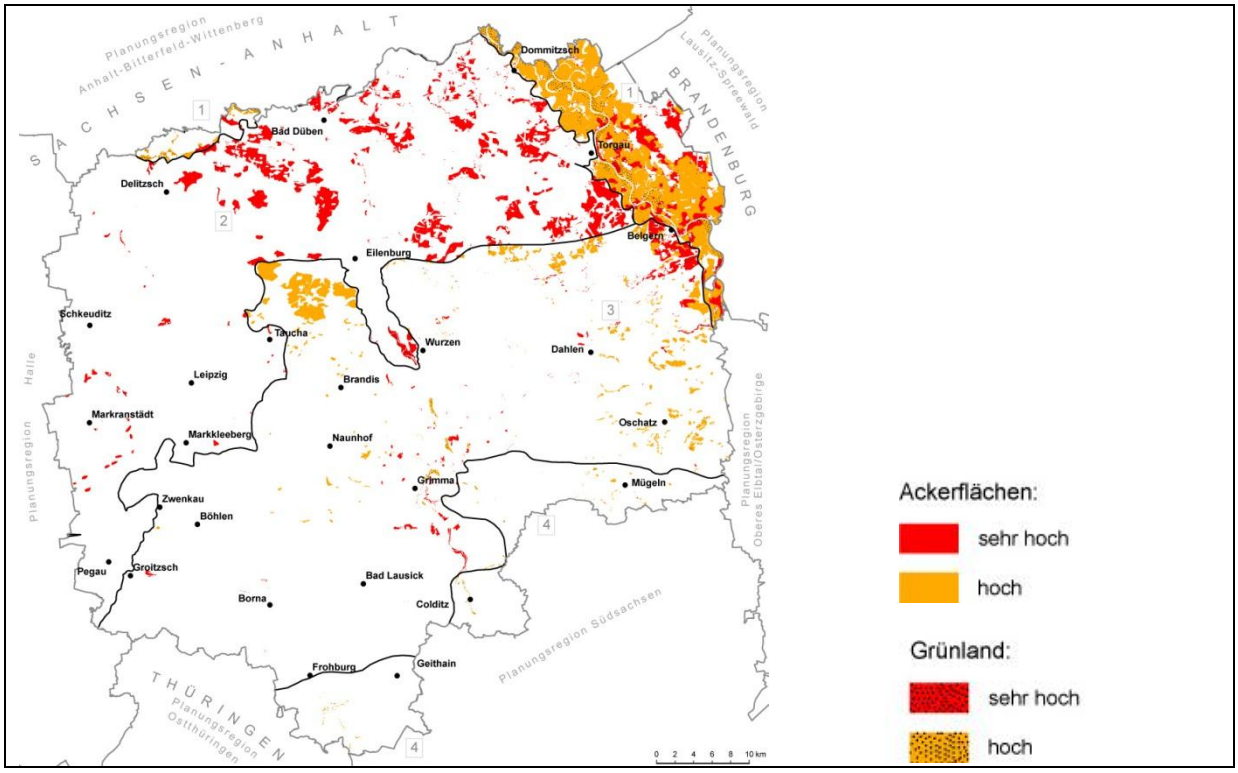

Abbildung 6-30: Vulnerabilität landwirtschaftlicher Böden gegenüber Austrocknung

Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Flächen gegenüber Wassererosion

Die Vulnerabilität gegenüber Wassererosion konzentriert sich dementgegen auf die Lößhügelländer. Sie wird im Kapitel 3.3 näher beschrieben und dargestellt.

6.3.6 Ergebnisse und Handlungserfordernisse

In den Lösshügelländern ist bereits heute ein erheblicher Verlust an fruchtbaren Ackerböden durch **Wassererosion** festzustellen. Dieses Gefährdungspotential erhöht sich tendenziell mit steigenden Starkregenniederschlägen. Damit einhergehen auch wirtschaftliche Schäden durch Verschlämmungen von Straßen und Grundstücken bzw. der Überschwemmung durch Sturzfluten. Als verstärkender Faktor sind zudem die großen, von wenigen Fruchtarten bestandenen Schläge zu sehen, die Starkregenereignissen eine große Angriffsfläche bieten. Gleichzeitig wuchs in den letzten Jahren die Anbaufläche von Mais als Futtermittel und der Bedarf desselben als nachwachsender Rohstoff. Mit dieser Fruchtart ist eine besondere Erosionsgefährdung verbunden, da der Boden bis weit in die Vegetationsperiode kaum von schützender Vegetation bedeckt ist (vgl. LFULG 2009).

Die Lößhügelländer sind im Regionalplan Westsachsen großflächig als Vorranggebiete Landwirtschaft ausgewiesen und insofern regionalplanerisch bereits mit einer besonderen Verantwortlichkeit zur nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit verbunden.

In den Heidegebieten und in der Elbaue besteht eine hohe bis sehr hohe Vulnerabilität gegenüber sinkenden sommerlichen Niederschlägen bei gleichzeitig steigenden Temperaturen (vgl. Abbildung 6-31, Karte 6_7). Die landwirtschaftliche Nutzung wird in diesen Räumen zunehmend unter erheblichem energetischem Aufwand bzw. mit einem höheren Ertragsrisiko betrieben werden können.

Die Auswirkungen der Klimaänderungen auf die **Zuwachsleistungen** für Fruchtarten werden insgesamt in den Lößhügelländern am günstigsten – wenngleich nur als verhältnismäßig gering – eingeschätzt. In den Heidegebieten wird dagegen mit deutlichen Beeinträchtigungen gerechnet. Das entspricht dem hohen Anteil besonders austrock-

nungsgefährdeter Böden in diesem Bereich. Gerade in diesem Raum ist der wachsende Anbau von wasserzehrenden Feldfrüchten wie Energiemais und Winterraps kritisch zu bewerten.

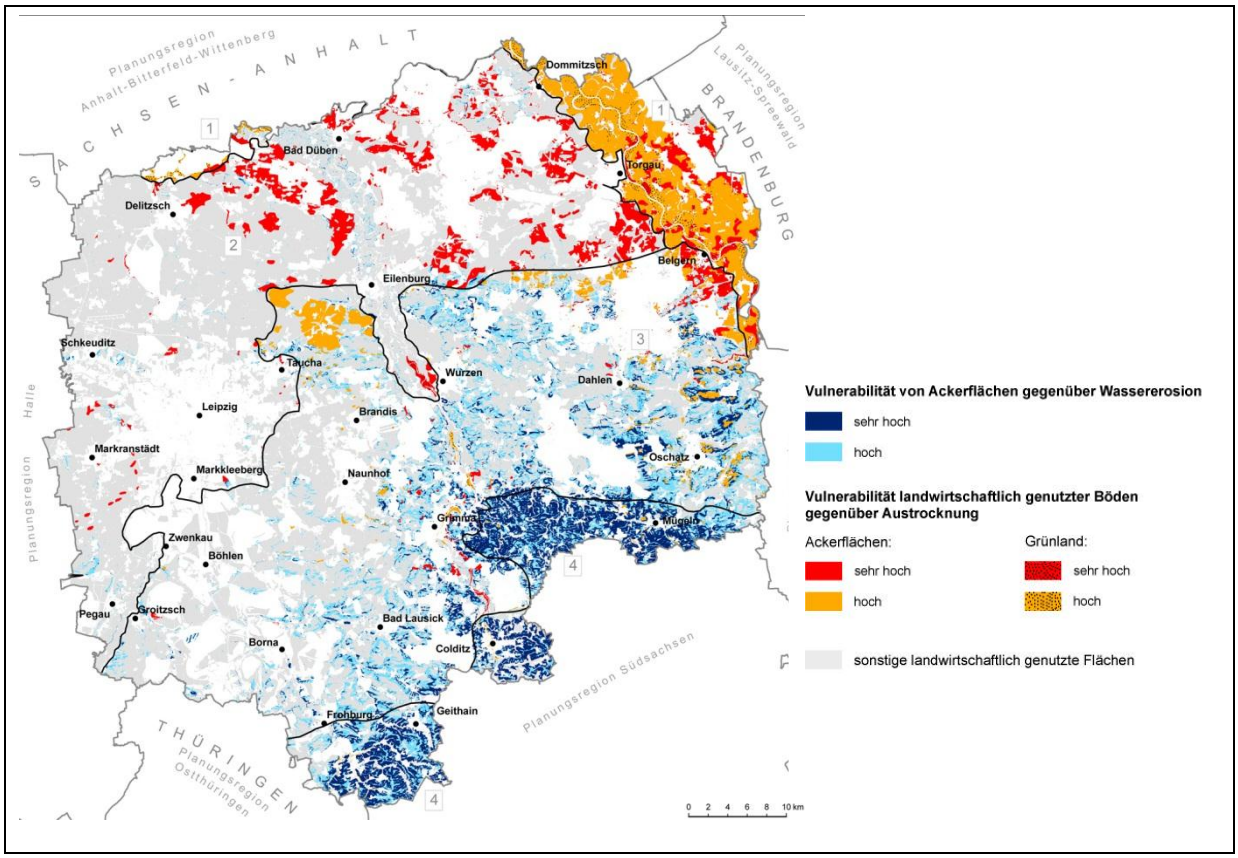

Abbildung 6-31: Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Flächen in der Region Westsachsen (vgl. Karte 6_7)

Aus den Untersuchungen der Vulnerabilitätsanalyse wird deutlich, dass die Konkurrenz um die Ressource Wasser in den nächsten Jahrzehnten deutlich steigen wird. Für die Landwirtschaft bedeutet dies auch, der Verantwortung als nachhaltige Landnutzungsform gerecht zu werden.

Konfliktträchtig und kontraproduktiv unter Aspekten des Klimawandels wären beispielsweise:

- die Einführung bzw. Ausdehnung wasserzehrender Fruchtarten in Räumen mit angespanntem Wasserhaushalt (Tief- und Tiefstlagen im Norden Westsachsens) sowie
- die zusätzliche Bewässerung trockenheitsempfindlicher Fruchtarten in Räumen mit angespanntem Wasserhaushalt (insbesondere in den Tief- und Tiefstlagen im Norden Westsachsens).

Potentiale zur Vermeidung von Klimarisiken durch die Landwirtschaft wären beispielsweise:

- die Erhöhung des Retentionsvermögens von Böden durch geeignete Bearbeitungsverfahren, möglichst ganzjährige Bodenbedeckung und Erhöhung des Humusanteils (vgl. LFULG 2009),
- die Anreicherung mit Dauervegetation zur Erosionsminderung, die Verzögerung von oberflächennahem Abfluss, die Verringerung von Windgeschwindigkeiten und dementsprechend die Verringerung der Austrocknungsgefahr sowie
- die Sicherung und Erhöhung der Grundwasserneubildung.

6.4 Naturschutz

Naturschutz umfasst als gesellschaftliche Aufgabe den Schutz und die Entwicklung von Natur und Landschaft insgesamt. Eine Reihe von potentiellen Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft wurde jedoch in vielfältigen Bezügen bereits in den vorangegangen Kapiteln thematisiert. Um Wiederholungen zu vermeiden, erfolgt deshalb im Kapitel „Naturschutz“ eine Fokussierung auf potentielle Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope. Und auch dort müssen aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten und zeitlichen Ressourcen des Projektes Einschränkungen gemacht werden: Beispielhaft herausgegriffen werden sensitive Biotoptypen und NATURA 2000-Arten. Damit sollen zumindest erste Hinweise ermöglicht werden, ob das im Regionalplan verankerte ökologische Verbundsystem auch unter den Bedingungen des Klimawandels tragfähig ist. Weiterführende und konkretisierende Untersuchungen sind in Bezug auf Flora und Fauna zweifelsohne sinnvoll und nötig, insbesondere auch, weil viele klimatische Auswirkungen auf Lebensraumveränderungen und Arealverschiebungen noch nicht hinreichend erforscht sind. Die vorliegende Vulnerabilitätsstudie ist insofern als erste Annäherung, nicht aber als erschöpfende Behandlung des Themas zu verstehen. Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft, die Erholung sowie Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft werden in folgenden Kapiteln betrachtet.

6.4.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

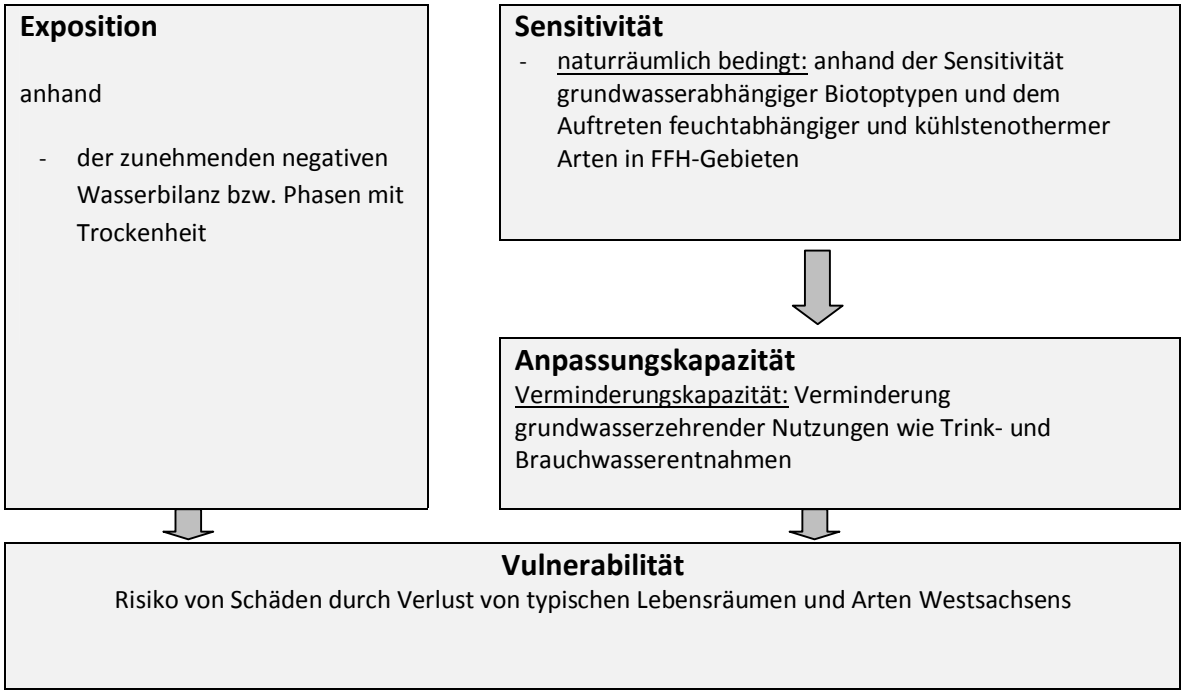

Abbildung 6-32: Überblick über den methodischen Ansatz

6.4.2 Exposition

Aus den Klimaprojektionen wird deutlich, dass sich das pflanzenverfügbare Wasser in der gesamten Region Westsachsen bis 2041-2050 bzw. 2091-2100 verknappen wird (vgl. Kap. 1). Es ist anzunehmen, dass dementsprechend auch der Grundwasserspiegel sinkt, wodurch sich weitreichende Konsequenzen für korrespondierende grundwasserabhängige Landökosysteme bzw. Biotoptypen ergeben können. Detailliertere Prognosen zur regionsweiten Entwicklung des Grundwasserstandes liegen nicht vor.

6.4.3 Sensitivität von grundwasserabhängigen Biotoptypen

Eine Abhängigkeit von Grundwasser ergibt sich in erster Linie für pflanzliche Lebensgemeinschaften, da sie ihren Wasserbedarf unmittelbar aus ihm decken. SCHLUMPRECHT et al. (2005) rechnen mit massiven Schädigungen der Moore in Nord- und Nordwestsachsen, indem durch Sukzessionsprozesse moortypische Flora und Fauna verdrängt werden könnte. Betroffene Biotoptypen umfassen in der Region vor allem Übergangs- und Niedermoore sowie Sümpfe. Daneben ist eine hohe Sensitivität für Feucht- und Nassgrünland, Ruderal- und Staudenfluren feuchter bis nasser Standorte sowie Feuchtgebüsche, Moor-, Bruch- und Sumpfwälder anzunehmen. Häufig handelt es sich um Biotope, die bereits durch Eutrophierung, Melioration oder Nutzungsaufgabe vorbelastet sind.

Grundwasserabhängige Biotoptypen sind auf einen spezifischen Grundwasserstand mit kennzeichnenden saisonalen Schwankungen angewiesen. Beispielsweise sind Quellen, Moore oder Feuchtwiesen bereits bei geringen Veränderungen des Grundwasserstands in ihrer Existenz gefährdet.

Die Auswahl der grundwasserabhängigen Biotoptypen basiert auf dem Fachbeitrag zum Landschaftsrahmenplan der Region Westsachsen (2007) und der selektiven Biotopkartierung Sachsens (SBK 2006). Enthalten sind grundwasserabhängige Biotoptypen aus der Gruppe der Wälder, Gebüsche, Hecken, Gehölze, Fließgewässer, Stillgewässer, Moore, Sümpfe, Grünland und Staudenfluren (vgl. Tabelle 6-10).

Tabelle 6-10: Liste der betrachteten grundwassersensitiven Biotope auf Basis der Auswertung der selektiven Biotopkartierung Sachsens (SBK 2006)

Wälder
Bruchwald, Moorwald, Birkenmoorwald, Kiefernmoorwald, Sumpfwald, Auwald, Weichholz-Auwald, Hartholz-Auwald, Erlen-Eschenwald der Auen und Quellbereiche
Gebüsche, Hecken, Gehölze
Feuchtgebüsch, Moor- und Sumpfgebüsch, Auengebüsch
Fließgewässer
naturnaher Bach, naturnaher Mittelgebirgsbach, naturnaher Flachlandbach, naturnaher Fluss, Graben/Kanal, naturnaher Quellbereich, Tümpelquelle, Sickerquelle
Stillgewässer
naturnahes Kleingewässer, naturnahes und ausdauerndes Kleingewässer, naturnahes und temporäres Kleingewässer, Altwasser, Teich, sonstiges Stillgewässer, Verlandungsbereich stehender Gewässer, Tauch- und Schwimmblattvegetation, Großseggenried und Röhricht (an Gewässern)
Moore und Sümpfe
Zwischenmoor, Kleinseggenried, Großseggenried, Binsen-, Waldsimsen- und Schachtelhalmsumpf, Röhricht
Grünland
Nasswiese, Seggen- und binsenreiche Feuchtweiden und Flutrasen, Pfeifengras-Wiese, sonstiges Feuchtgrünland,
Staudenfluren
Hochstaudenflur sumpfiger Standorte, Uferstaudenflur

SCHLUMPRECHT et al. (2006) untersuchten in einer Studie zum Presseler Heidewald- und Moorgebiet die Auswirkungen klimatischer Änderungen auf Moore. Sie nahmen an, dass sich Moore in komplexen Folgewirkungen an veränderte Klimabedingungen anpassen: Unter sinkenden Grundwasserständen setzt unter aeroben Bedingungen die Torfmineralisierung ein. Der Torfabbau erhöht sich mit sinkendem Grundwasserflurabstand und führt zu einem Anstieg des Trophiegrades. Typische Arten der oligotroph-sauren, torfigen Standorte mit einer hohen Anpassung an geringe Stickstoffverfügbarkeiten sind besonders betroffen. Dazu zählen vor allem die Rote-Liste-Arten, die derzeit bereits auf zu nährstoffreichen Standorten wachsen und zudem sehr geringe Stickstoff-Zeigerwerte (N<3) besitzen, z. B. *Drosera rotundifolia*, *Vaccinium oxycoccos*, *Eriophorum vaginatum*, *Eriophorum angustifolium*, *Drosera intermedia*, *Rhynchospora alba* (SCHLUMPRECHT 2006). Hinzu kommen direkte Auswirkungen durch steigende Temperaturen und einer längeren Vegetationszeit auf das Konkurrenzgefüge der Pflanzengesellschaften in Mooren. Erhöhte Nährstoffeinträge bzw. höhere Konzentrationen von Nährstoffen können sich als Folgewirkung

der Mineralisierung von Mooren bis in die stehenden Gewässer auswirken. Wasserpflanzen, die auf nährstoffarme Standorte angewiesen und bereits heute durch anthropogene Nährstoffzufuhr vorbelastet sind, gelten als besonders gefährdet (vgl. SCHLUMPRECHT et al. 2006).

Identifizierte grundwassersensitive Biotope wurden mit der GIS-gestützten „Moving-Window"-Technik einer Dichteanalyse unterzogen. Dabei wurde nach dem „Simpel-Density"-Verfahren ein Suchradius von 5000 m eingestellt. Ungenauigkeiten in den Randbereichen des Untersuchungsraumes sind zu berücksichtigen. Räumliche Konzentrationen grundwasserabhängiger Biotoptypen von 0 bis 2 ha/km² wurden einer geringen Dichte, > 2 bis 5 ha/km² einer mittleren und > 5 bis 13 ha/km² einer hohen Dichte zugewiesen. Abbildung 6-33 zeigt die Verteilung der Dichtegebiete.

6.4.4 Sensitivität von Arten des Schutzgebietssystems Natura 2000

Für die Einhaltung der Erhaltungsziele in den NATURA 2000-Gebieten haben die Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen zu treffen. Erhebliche Verschlechterungen der natürlichen Lebensräume und der Habitate der Arten sowie erhebliche Störungen von Arten, für die die Gebiete ausgewiesen worden sind, sind zu vermeiden (vgl. Artikel 6 Absatz 2, Richtlinie 92/43EWG). Aus diesem Grund wird im Folgenden die Sensitivität gebietsspezifischer Erhaltungsziele westsächsischer NATURA 2000-Gebiete gegenüber sommerlicher Austrocknung in Verbindung mit einer Erwärmung näher betrachtet. Dazu wurden jene Arten gemeinschaftlicher Bedeutung identifiziert, die gegenüber einer Verringerung des Wasserdargebots und/oder einer Erwärmung sensitiv reagieren.

SCHLUMPRECHT et al. (2005) gehen davon aus, dass es zu einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse kommt, indem feucht oder kühle liebende Arten zunehmend benachteiligt werden. *„Sie könnten einerseits durch von außen einwandernde Arten mit mittleren Temperatur- und Feuchteansprüchen verdrängt oder ersetzt werden. Andererseits können auch die derzeit bereits vorhandenen Arten mit mittleren Temperatur- und Feuchteansprüchen künftig die Artengemeinschaften der betreffenden LRT (Lebensraumtypen) mit zunehmender Tendenz dominieren"* (SCHLUMPRECHT et al. 2005).

Nach einer überschlägigen Einschätzung wurden in Westsachsen vorkommende kaltstenotherme (kühleliebende) und steno-hygrophile (feuchteliebende) Arten als sensitiv eingestuft. Letztere könnten durch ein unzureichendes sommerliches Wasserdargebot am stärksten betroffen sein. Die Auswahl erfolgte anhand der gebietsspezifischen Erhaltungsziele der FFH-Gebiete Westsachsens (Tabelle 6-11).

Tabelle 6-11: In Westsachsen vorkommende kaltstenotherme und steno-hygrophile Arten mit besonderer Sensitivität bezüglich eines Rückgangs des sommerlichen Wasserdargebots

Name, lateinisch	Name, deutsch	kaltstenotherm (kühleliebend)	steno-hygrophil bis hydrophil (feuchte- bis wasserliebend)
Bombina bombina	Rotbauchunke		x
Triturus cristatus	Kammolch		x
Cottus gobio	Groppe	x	(x)
Misgurnus fossilis	Schlammpeitzger		x
Rhodeus sericeus amarus	Bitterling		x
Lampetra planeri	Bachneunauge	x	x
Maculinea nausithous	Dunkl. Wiesenknopf-Ameisenbläuling		x
Vertigo moulinsiana	Bauchige Windelschnecke		x
Vertigo angustior	Schmale Windelschnecke		x
Leucorrhinia pectoralis	Große Moosjungfer		x
Euphydryas maturna	Eschenschecken-Falter, Kleiner Maivogel		x
Maculinea teleius	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling		x

Name, lateinisch	Name, deutsch	kaltstenotherm (kühleliebend)	steno-hygrophil bis hydrophil (feuchte- bis wasserliebend)
Lycaena dispar	Großer Feuerfalter		x
Cobitis taenia	Steinbeißer	x	x
Luronium natans	Schwimmendes Froschkraut		x
Coleanthus subtilis	Scheidenblütgras		x

Ausgeschlossen wurden Arten, die nicht direkt durch eine Verringerung oder eine signifikante Erwärmung des Wassers (z. B. Grüne Keiljungfer) gefährdet sind (BFN 2010). Arten wie der Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling mit einer ausgeprägten Abhängigkeit zu feuchten Wiesen oder der Schlammpeitzger, der durch die Verlandung von Altarmen oder das Trockenlegen von Sümpfen durch direkten Lebensraumverlust bedroht ist, wurden in die Auswahl einbezogen.

Der überwiegende Anteil in den **FFH-Gebieten** Westsachsens **vorkommenden Arten gemeinschaftlichen Interesses** reagiert sensitiv auf eine Absenkung des Grundwasserspiegels und damit einhergehende potentielle Habitatdegenerationen (nach Erhaltungszielen). Diese Artvorkommen konzentrieren sich vor allem entlang größerer Fließgewässer wie Elbe und Vereinigter Mulde und – wie auch die Dichtebereiche grundwassersensitiver Biotope – im Leipziger Auwald, in der Dübener Heide, im Gebiet des Großen Teichs Torgau sowie in der Bergbaufolgelandschaft um Borna (vgl. Abbildung 6-33 und Karte 6_8). Vor allem im Nordosten der Region sollte aufgrund der besonders negativen Wasserbilanz eine vertiefende Betrachtung erfolgen.

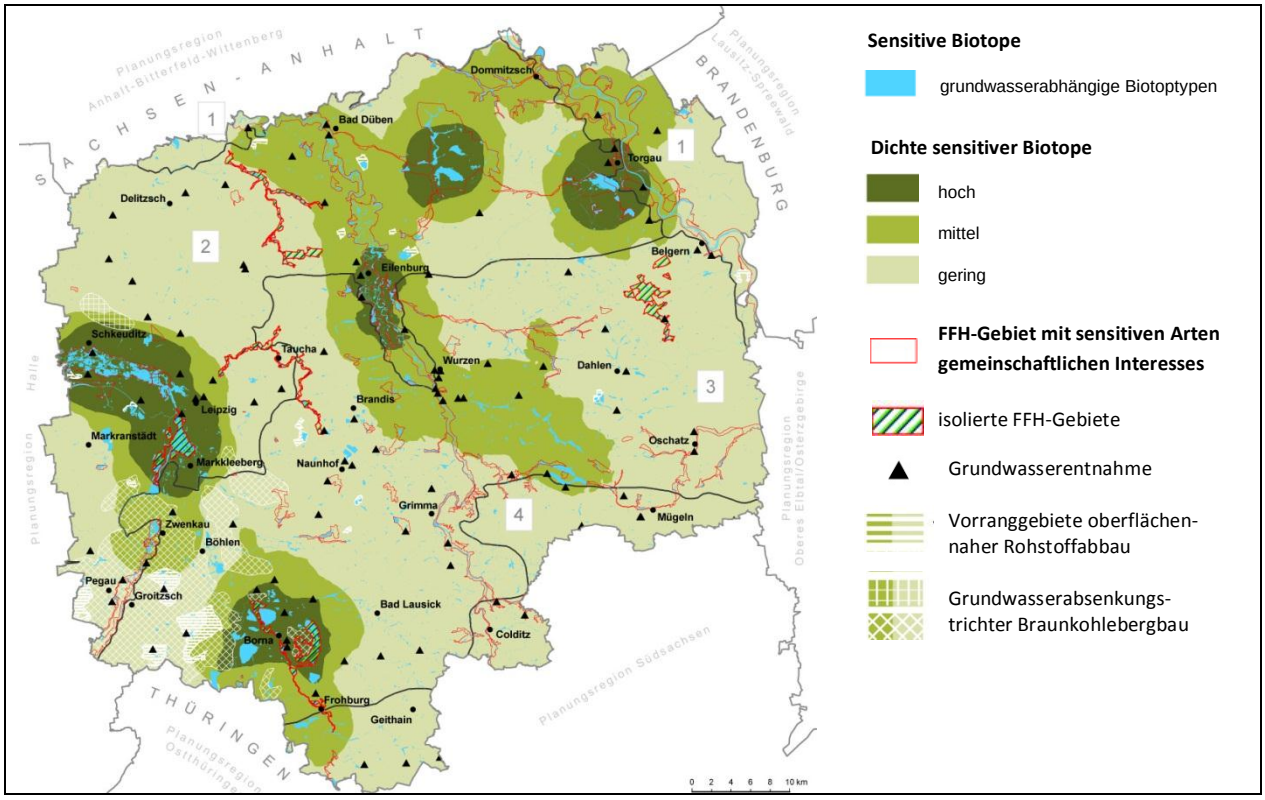

Abbildung 6-33: Sensitivität grundwasserabhängiger Biotope und FFH-Gebiete, in denen sensitive Arten gemeinschaftlichen Interesses vorkommen
(vgl. Karte 6_8)

6.4.5 Anpassungskapazität

Zusätzlich zur klimatisch bedingten Sensitivität von grundwasserabhängigen Lebensräumen und Arten können sich kumulative Belastungen durch die Landnutzung ergeben, welche einen negativen Einfluss auf den Grundwasserstand oder das Lokalklima aufweisen. In der Region Westsachsen ergeben sich Vorbelastungen durch die Grundwasserabsenkungstrichter der Braunkohlentagebaue aber auch kleinräumig verteilter Steine- und Erden-Abbaustätten (vgl. Abbildung 6-33, Karte 6_8). Grundwasserentnahmen für die Trink- und Brauchwassernutzung können den Wasserhaushalt sensitiver Biotope stören, wenn ihre Wirkzone bis in den sensitiven Bereich reicht. Daher sind die Wechselwirkungen zwischen Grundwasserentnahmen und -absenkungen und sensitiven Landschaftsteilen bei der Ausweisung von Vorranggebieten z. B. für den Rohstoffabbau oder Wasserressourcen in der Fortschreibung des Regionalplans gezielt auch unter Berücksichtigung des Klimawandels zu prüfen.

6.4.6 Vulnerabilität

Die Vulnerabilität von grundwasserabhängigen und kühlstenothermen Arten und Lebensräumen ergibt sich aus dem Zusammenspiel von klimatischer Exposition, der Sensitivität des jeweiligen Biotops oder der jeweiligen Art und der Vorbelastung durch anthropogene Nutzungen. Einen großen Einfluss auf die konkrete Betroffenheit haben zudem standörtliche Gegebenheiten, die über die Reaktion des Grundwasserspiegels bei klimatischen Änderungen entscheiden. Zudem können lokalklimatische Charakteristika die Vulnerabilität maßgeblich beeinflussen.

Im regionalen Maßstab wurde zunächst eine grobe Abschätzung der Räume mit dem höchsten Handlungsbedarf vorgenommen. Dazu wurden Exposition, sensitive grundwasserabhängige Biotope und FFH-Gebiete mit den bestehenden Vorbelastungen überlagert (Karte 6_8). Von einer Verschneidung der Einzelfaktoren wurde zunächst abgesehen, da eine Verfeinerung der Analyse in betroffenen Räumen unabdingbar ist, bevor konkrete Handlungskonzepte abgeleitet werden können.

6.4.7 Ergebnis

Auf der Basis der klimatischen Projektionen zeigen sich vor allem im Norden und Nordosten der Region die **höchsten Vulnerabilitäten**, insbesondere in den Dichtebereichen grundwasserabhängiger Biotoptypen im Presseler Heidewald- und Moorgebiet, um den großen Teich Torgau, in der Aue der Mittleren Mulde und des Leipziger Auwaldes (vgl. Abbildung 6-33, Karte 6_8). In den Dichtebereichen ist mit einer deutlichen Vulnerabilität gegenüber Trockenheit zu rechnen, die laut einer Studie zum Presseler Heidewald- und Moorgebiet dramatische Veränderungen der kennzeichnenden Vegetationstypen erwarten lassen (SCHLUMPRECHT et al. 2006). Die Folgen von Torfzersetzungen durch Grundwasserabsenkungen können Folgewirkungen in Gang bringen und sich z. B. auf sensitive Wasserpflanzen nährstoffarmer Standorte auswirken. Vertiefende Betrachtung in einem feineren Maßstab sollten in den Dichtebereichen angestrebt werden.

Zur Anpassung an den Klimawandel sind Rückzugsbereiche sensitiver Arten zu schützen und mit betroffenen Lebensräumen zu vernetzen. In Westsachsen tritt die Dahlener Heide als vergleichsweise kühle und feuchte Insel hervor, die zudem direkt an die trockensten und wärmsten Bereiche der Region grenzt. Hier ist ein hoher Entwicklungsbedarf der Biotopvernetzung zu sehen. Das im Regionalplan ausgewiesene ökologische Verbundsystem deckt die Anforderungen an eine umfassende Vernetzung schon in vielen Teilen der Region ab. Allerdings sollte die Dahlener Heide als regional bedeutsamer Rückzugsbereich sensitiver Arten einen stärkeren regionalplanerischen Schutz erfahren.

6.5 Erholung

Die Erholung wird bereits bei der Betrachtung der Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in Kapitel 2 berücksichtigt: Zum einen stellen klimatische Komfortinseln im urbanen Raum zugleich wichtige Bereiche der wohnungsnahen Erholung dar. Zum anderen kann je nach Anbindung und Entfernung bei Hitzebelastungen auch in regional bedeutsame Tourismusgebiete ausgewichen werden. Über die hitzebezogenen Aspekte hinaus spielt für die Erholung in der Region jedoch auch die Veränderung der Wälder und Landschaftsbilder aufgrund der zu erwartenden Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots eine Rolle. Im Folgenden soll die erholungsbezogene Vulnerabiliät deshalb zusammenfassend mit dem Ziel betrachtet werden, regionale Handlungsschwerpunkte abzuleiten. Einzelne Erholungsformen können dabei im Rahmen der vorliegenden Vulnerabilitätsanalyse nicht vertiefend untersucht werden, dies muss nachfolgenden Planungen und Untersuchungen vorbehalten bleiben.

6.5.1 Methodischer Ansatz

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Untersuchungsansatz.

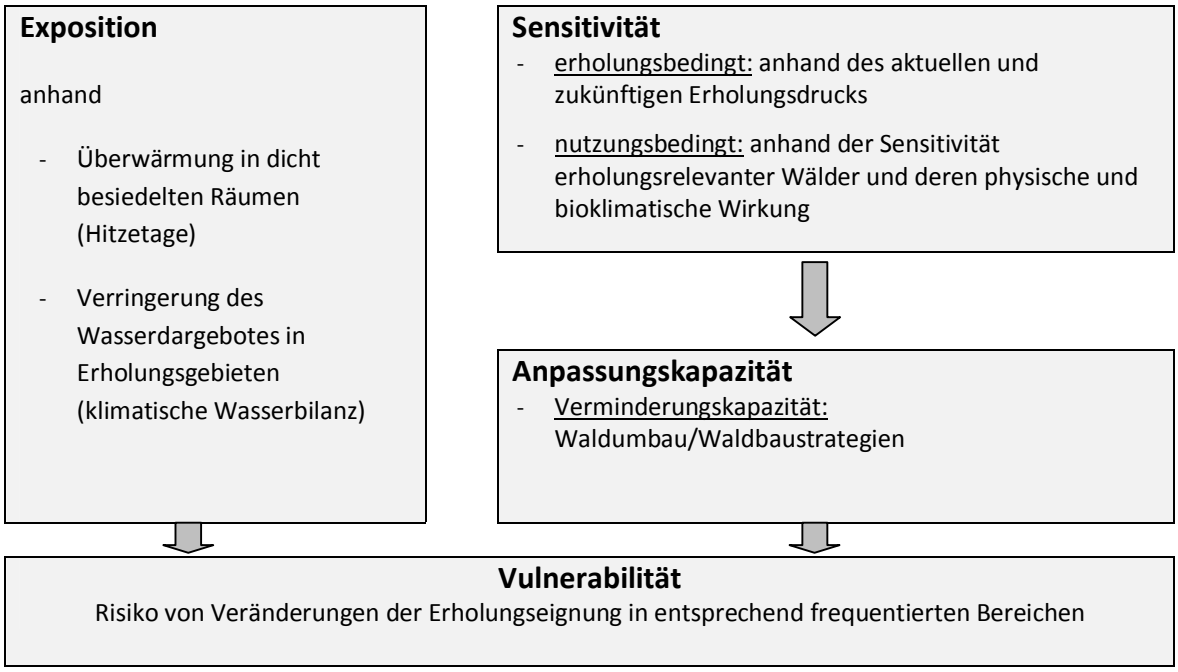

Abbildung 6-34: Überblick über den methodischen Ansatz

6.5.2 Exposition

Im Vergleich mit der Referenzperiode 1961-90 verdoppeln sich bis 2051-60 voraussichtlich die Hitzetage (heiße Tage über 30 °C) in der Region. Schwerpunkte liegen mit mehr als 18 Tagen im Norden und vor allem im Nordosten des Untersuchungsgebietes. Hinzu kommen die Effekte der stadtklimatischen Wärmeinsel. Untersuchungen zeigen, dass die Überwärmung urbaner Räume stark zunehmen wird (vgl. Kap. 2).

Gebiete mit guter Erholungseignung liegen in Westsachsen vielfach in Räumen mit hohem Waldanteil. Insbesondere Wälder sind jedoch durch die Verringerung des Wasserdargebots und einer zunehmenden Stärke oder Frequenz von Extremereignissen betroffen (vgl. Kap. 6.2).

6.5.3 Sensitivität

Erholungsbedingte Sensitivität

Es liegt nahe, dass Bewohner verdichteter Räume nach einem Ausgleich in ländlichen und wenig belasteten Räumen suchen. Zukünftig wird der Bedarf an Naherholung in der Region tendenziell wachsen, wie aus den vorangegangenen Analysen abgeleitet werden konnte (vgl. Kap. 2.4). Um ausgewählte Tourismusschwerpunkte und staatlich anerkannte Kur- und Erholungsorte ist in einem Umkreis bis 4 km Luftlinie eine höhere Frequentierung durch Erholungssuchende anzunehmen (Hauptwanderzone nach SCHMIDT 2009). Gleichermaßen gelten Gemeinden mit besonderer Gemeindefunktion „Fremdenverkehr“ und der Naturpark „Dübener Heide“ als erholungsrelevante Räume in Westsachsen. Für Naherholungssuchende der Stadt Leipzig wurde die 30-Minuten-Naherholungszone betrachtet (RPV 2008).

Zusätzlich zu den traditionellen Erholungsgebieten sind Räume zu berücksichtigen, die unter einem wachsenden Erholungsdruck stehen und künftig an Bedeutung gewinnen werden. Hierzu zählen maßgeblich die Bergbaufolgelandschaften – so im Südraum Stadt Leipzig und im Norden der Region (Goitzsche/Seelhausener See).

Nutzungsbedingte Sensitivität

Eine besonders hohe Attraktivität für Erholungssuchende besitzen Räume mit hohem Waldanteil, wie auch aus der Überlagerung derzeit erholungsrelevanter Räume mit waldbestandenen Flächen in Abbildung 6-35 deutlich wird. Beweggründe, in seiner Freizeit Wälder aufzusuchen, liegen einerseits im Naturerleben, aber auch in einer Förderung der Gesundheit. Viele Menschen sind auch auf der Suche nach Besinnlichkeit, transzendenten Erfahrungen oder nach dem Gefühl von Freiheit (DICK 2009).

Für die Vulnerabilitätsanalyse wurde die Erholungsfunktion von Wäldern zunächst ohne Raumbezug vor dem Hintergrund klimatischer Änderungen untersucht. Es lassen sich zwei Gruppen von erholungsrelevanten Wirkungen des Waldes zusammenfassen:

- die physische oder bioklimatische Wirkung des Waldes und
- die psychische Wirkung des Waldes.

Der Wald besitzt über physikalische, chemische und physiochemische Einflüsse eine humanbioklimatische Wirkung (vgl. MAYER UND HÖPPE, 1984). In der Regel fördern diese Einflüsse die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen (Ausnahmen sind beispielsweise allergische Reaktionen).

In der Fachliteratur werden drei **physische oder bioklimatische Wirkungskomplexe** unterschieden: der Luftqualitätswirkungskomplex, der fotoaktinische Wirkungskomplex und der thermische Wirkungskomplex. Die beiden letztgenannten werden in einer Gruppe zusammengefasst, da sie eine große inhaltliche Überschneidungsmenge aufweisen: Beide Wirkungskomplexe werden erheblich durch Strahlung beeinflusst.

<u>Luftqualitätswirkungskomplex</u>

Einige Baumarten sondern ätherische Öle ab, die vom Mensch als sehr angenehm empfunden werden und eine tiefe, positive „Riechatmung“ auslösen. Diese ätherischen Öle können auch eine antimikrobielle Wirkung haben und als Linderung bei körperlichen Beschwerden dienen (FLEMMING 1994). Im Vergleich zum Offenland ist die Luftverschmutzung im Wald viel geringer. Dies gilt vor allem für den Staub- und Aerosolanteil der Luft. Durch die dichte Vegetationsdecke wird weniger Staub aufgewirbelt (MAYER UND HÖPPE, 1984). Zusätzlich wirken die Wälder durch ihre große Oberflächenrauigkeit als aktive Filter für Aerosole.

Fotoaktinischer Wirkungskomplex/Thermischer Wirkungskomplex

Das Licht des Waldes ist durch erhöhte Grün- und Infrarotanteile gekennzeichnet, die für das menschliche Auge besonders angenehm sind. Dies wirkt sich beruhigend auf die menschliche Psyche aus (LAF 1995). Zusätzlich wird durch das Blätterdach schädliche ultraviolette Strahlung zurückgehalten. Ebenso werden durch die Abschirmung kurzwelliger Strahlung extrem hohe Temperaturwerte verringert (FLEMMING 1994). Die durchschnittliche Lufttemperatur ist hingegen nur geringfügig niedriger als im Offenland. Gleichzeitig bietet ein dichter Bestand Kälteschutz durch die Reduzierung hoher Windgeschwindigkeiten. Die höhere Luftfeuchtigkeit im Inneren des Waldes verringert den Verdunstungswärmestrom des menschlichen Körpers zu seiner Umgebung. Der Körper gibt folglich weniger Wärme ab (LAF 1995).

Tabelle 6-12: Luftqualitätswirkungskomplex im Vergleich unterschiedlicher Waldtypen (DICK 2009)

Luftqualitätswirkungskomplex	
Luftqualitätswirkungskomplex	Merkmale des Waldes
hoch	- dichte, vitale Nadelwälder
mäßig	- Mischwälder
gering	- Laubwälder - trockene, lückige Nadelwälder ohne Bodenvegetation

Tabelle 6-13: Fotoaktinische und thermische Wirkung im Vergleich unterschiedlicher Waldtypen (DICK 2009)

Fotoaktinischer und Thermischer Wirkungskomplex	
Maß an Strahlungs- und Temperaturbelastung	Merkmale des Waldes
hoch	- lichte, einschichtige Bestände mit lückigem Kronendach
mäßig	- mäßig dichtes Kronendach
gering	- dichte, mehrschichtige Bestände mit geschlossenem Kronendach

Die **psychische Wirkung des Waldes** umfasst bei Erholungssuchenden viele verschiedene Eindrücke, die durch eine Fülle von Geräuschen, Gerüchen, Farben und Lichtspielen geboten werden. Diese emotionale Wirkung des Waldes kann über seine Vielfalt, Eigenheit und Schönheit charakterisiert werden. Da Schönheit im Grunde nicht objektiv bestimmbar ist, wird versucht diese Eigenschaft über die Kriterien Vielfalt und Eigenart mit zu erfassen:

Vielfalt

„*Das Erlebnis von Vielfalt wird durch die Menge aller in der Landschaft deutlich wahrnehmbaren und unterscheidbaren Landschaftsbildkombinationen erzeugt*." (NOHL 2001) Diese Menge von Landschaftsbildkombinationen schafft verschiedene Anreize für unsere Sinnesorgane und verhindert das Gefühl von Langeweile (HAAREN 2004). Wälder können sehr vielfältige Landschaftselemente sein, die eine belebende Wirkung auf den Mensch ausüben. Hierzu zählen vor allem Wälder mit einer differenzierten Baumartenzusammensetzung und Altersstruktur.

Tabelle 6-14: Vielfalt im Vergleich unterschiedlicher Waldtypen (DICK 2009)

Vielfalt	
Relative Vielfalt	Merkmale des Waldes
hoch	- Mischwälder
mäßig	- Laub- oder Nadelmischwälder
gering	- Reinbestände - großflächige Bestände - geringe Artenvielfalt

Eigenart

„Mit dem Begriff landschaftliche Eigenart umschreiben wir den Charakter, die Identität und damit die Unverwechselbarkeit einer Erdgegend.“ (HAAREN 2004) Sie ermöglicht es dem Menschen, sich mit einer Landschaft zu identifizieren und ihm ein Gefühl von Heimat zu geben. Da eine Landschaft ständigen Veränderungen unterliegt, kann sich Eigenart auch neu konzipieren. Allerdings bedarf es einer gewissen Konstanz, um landschaftliche Identität aufbauen zu können (NOHL 2001). So kann ein Element, das den Menschen heute noch neu und unvertraut ist, in einigen Jahren der Landschaft einen hohen Eigenheitswert verleihen. Wälder mit einem hohen Eigenheitswert können je nach Region ganz unterschiedlich aussehen. Welche Art von Waldbeständen für die Region Westsachsen charakteristisch ist und ein Gefühl lokaler Identität vermittelt, lässt sich aus den Leitbildern für Natur und Landschaft des Regionalplans ablesen. Hier wird die Schaffung naturnaher, standort- und funktionsgerechter Wälder als Ziel genannt (RPV 2008). Der Verlust lokaler Eigenarten kann bei Wäldern beispielsweise auftreten, wenn in nur kurzer Zeit (weniger als 2 Generationen) heimische oder vertraute Baumarten zurückgedrängt und durch für die Region untypische Gehölze ersetzt werden. Die folgenden Tabellen zeigen die erholungsrelevanten Wirkungen von unterschiedlichen Waldtypen:

Tabelle 6-15: Eigenart im Vergleich unterschiedlicher Waldtypen (verändert nach DICK 2009)

Eigenart	
Relative Eigenart	Merkmale des Waldes
tendenziell gering	- Reinbestände - Wälder mit großflächig sehr homogener Artenzusammensetzung - Fehlen von Orientierungspunkten, markanten Einzelgehölzen, Unterscheidungsmerkmalen
tendenziell hoch	- Mischwälder, Wälder mit deutlichen Unterschieden in der Ausprägung - vielseitige Artenzusammensetzung - Vorkommen selten gewordener heimische Baumarten - Vorkommen von Orientierungspunkten (z. B. einzelne markante Altbäume)

6.5.4 Vulnerabilität erholungsbezogener Bereich

Im regionalen Maßstab kann die Vulnerabilität erholungsbezogener Bereiche nur überschlägig abgeschätzt werden, indem die Vulnerabilität von Wäldern (vgl. Kap. 6.3) mit Bereichen vorhandener Erholungsnutzung bzw. wachsendem Erholungsdruck überlagert wird. Deutlich werden Räume mit dem höchsten Handlungsbedarf.

Zur Abschätzung der zukünftigen Erholungseignung von Wäldern unter Klimaveränderungen sind Angaben zu Waldbaustrategien und Waldentwicklungen erforderlich. Die Zielzustände können dann anhand ihrer bioklimatischen und physischen Wirkung hinsichtlich der zukünftigen Erholungseignung bewertet werden. Für einen Teilraum, den Colditzer Forst, wurden dazu vertiefende Untersuchungen durchgeführt (vgl. Kap. 9.2).

6.5.5 Ergebnis

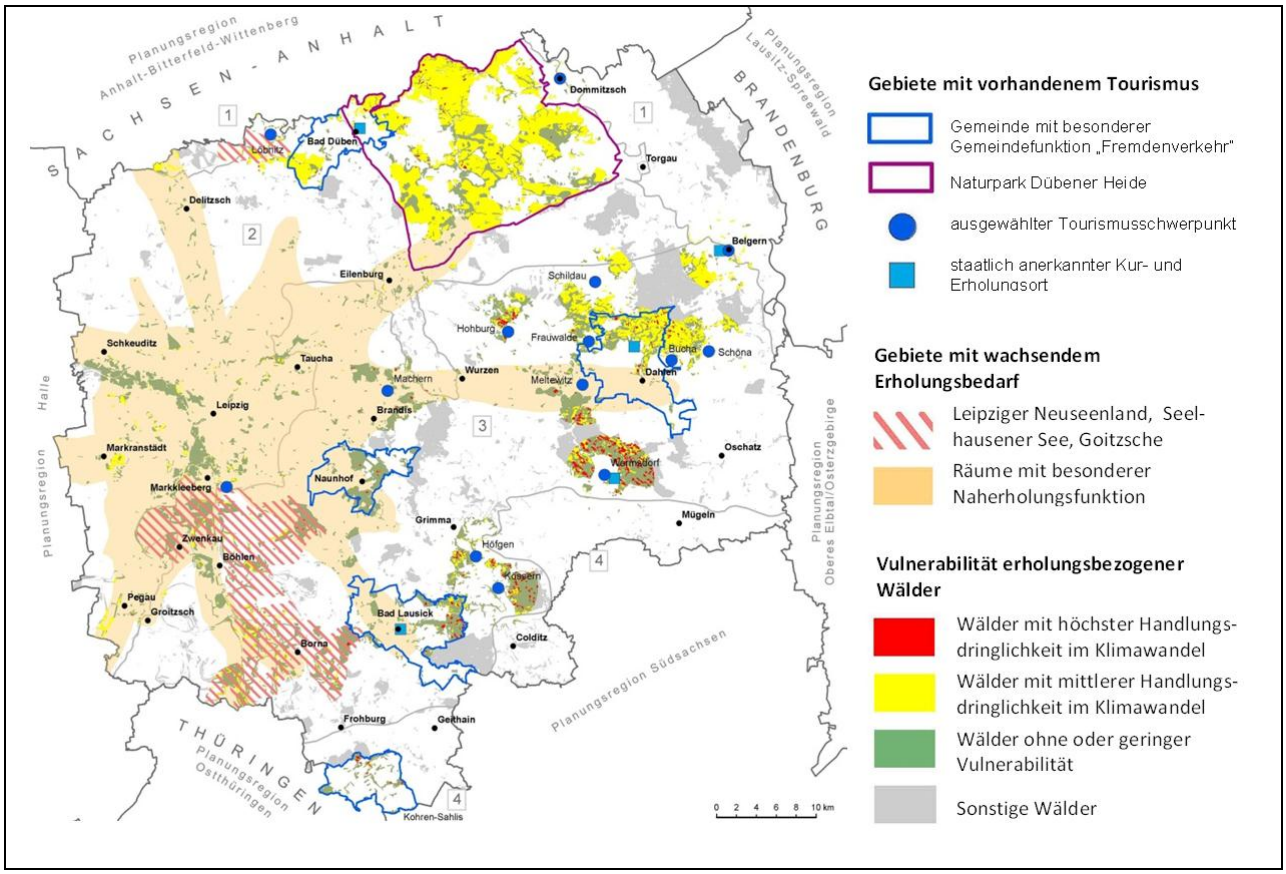

Abbildung 6-35: Vulnerabilität erholungsbedeutsamer Räume (Karte 6_9)

Die Abbildung zeigt die Überlagerung erholungsrelevanter Räume mit der Vulnerabilität der Wälder Westsachsens gegenüber Klimaveränderungen. In den Wäldern des Porphyrhügellands um Bad Lausick und um Wermsdorf sind die deutlichsten Veränderungen der Erholungswirksamkeit zu erwarten. Die dortigen Wälder zeigen eine sehr hohe Vulnerabilität gegenüber Klimaänderungen. In der Dübener und Dahlener Heide zeigen die Wälder eine mittlere Vulnerabilität. Veränderungen der Waldgestalt und ihrer Erholungsfunktion sind in diesem Bereich nicht auszuschließen.

Als Entlastungsraum für Leipzig besitzen die Bergbaufolgelandschaften im Süden und Norden der Stadt die höchste Attraktivität, die maßgeblich von den entstehenden Tagebauseen bestimmt wird. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Klimaprojektionen werden Detailuntersuchungen im Rahmen folgender Studien in diesen Räumen durchgeführt:

- „Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der unteren Pleiße in Westsachsen“ (Auftraggeber: RPV Westsachsen)
- „Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalts im Nordraum von Leipzig“ (Auftraggeber: LMBV mbH)

Aber auch weitere Aspekte wie die Wiederaufforstung von Kippenflächen sind Faktoren, die die Erholungseignung der Bergbaufolgelandschaften vor dem Hintergrund des Klimawandels beeinflussen. Aus den Ergebnissen v. g. Untersuchungen werden differenzierte Aussagen zur Vulnerabilität und zu Handlungserfordernissen abgeleitet (vgl. Kap. 7.2).

7 Vulnerabilität der Kulturlandschaft

7.1 Kulturlandschaft

7.1.1 Methodischer Ansatz

Infolge klimatischer Änderungen können nicht nur einzelne Nutzungen und Raumfunktionen beeinflusst oder beeinträchtigt werden, auch gewohnte Landschaftsbilder können sich verändern. Nun ist Kulturlandschaft prinzipiell nicht statisch, sie hat sich permanent und gerade seit 1990 erheblich verändert. Die Frage ist nur, in welchem Umfang und in welcher Geschwindigkeit sich die maßgeblichen Bestandteile der Kulturlandschaft künftig ändern werden. In der Vulnerabilitätsanalyse wird dabei der Klimawandel als Auslöser näher betrachtet, wenngleich sich Veränderungen der Kulturlandschaft auch durch eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren ergeben.

7.1.2 Exposition

Prognostizierte Klimaänderungen wirken einerseits direkt auf die Kulturlandschaft, insbesondere durch eine Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots aber auch Hochwasser und Stürme. In viel stärkerem Maße ergeben sich jedoch indirekte Folgen, indem Landnutzungen an veränderte Klimabedingungen angepasst werden. Das Kapitel Kulturlandschaft umfasst daher die Summe möglicher klimatischer Veränderungen und deren Folgen auf Nutzung und Gestalt der Landschaft.

7.1.3 Sensitivität der Kulturlandschaft Westsachsens auf Basis der Landschaftstypen

Um den Umfang der klimatisch bedingten Veränderungen eigenartprägender Kulturlandschaftsbestandteile abschätzen zu können, wurden die Leitbilder für Natur und Landschaft des Regionalplans Westsachsen 2008 näher analysiert. Die Leitbilder basieren auf einer Charakteristik der verschiedenen Landschaftstypen der Region, sie heben demzufolge eigenartprägende Bestandteile besonders hervor. Diese Charakteristika wurden in einem Grobcheck hinsichtlich ihrer Sensitivität gegenüber klimatischen Veränderungen abgeprüft. Herausgefiltert wurden besonders sensitive Strukturen, vor allem in Bezug auf mögliche nachteilige Veränderungen in Folge des Klimawandels. Was nachteilig ist, bemisst sich an der Eigenart der Landschaft, die in den Leitbildern zum Ausdruck gebracht worden ist. Karte 7_1 „Kulturlandschaft“ zeigt, ob vorrangig punktuelle oder flächenhafte Veränderungen der Charakteristika zu erwarten sind. Auf dieser Basis kann eine generelle Einschätzung der Vulnerabilität der Landschaften in Bezug auf die Eigenart und Gestalt der Kulturlandschaft erfolgen.

Im Folgenden werden zunächst die Leitbilder der regionalen Landschaftstypen aus dem Regionalplan Westsachsen 2008 aufgeführt. Aus den Leitbildern werden tabellarisch die jeweils potentiell sensitiven Kulturlandschaftselemente selektiert und durch einen Ausschnitt aus der Gesamtkarte „Kulturlandschaft“ räumlich verortet. Die Gesamteinschätzung der Vulnerabilität einer Kulturlandschaft ergibt sich aus der Art, dem Umfang und der räumlichen Verteilung der gegenüber Folgen des Klimawandels sensitiven Landschaftselemente in einem Landschaftstyp und beschreibt letztlich das Maß, in dem sich voraussichtlich der Charakter der Kulturlandschaft klimawandelbedingt verändern wird.

7.1.3.1 Lößhügellandschaften

Leitbild Döbelner Lößhügelland

Im Döbelner Lößhügelland soll der Charakter eines landwirtschaftlich geprägten Gebiets bewahrt und die Landschaft zielgerichtet auch im Sinne der Landespflege weiterentwickelt werden.

Dazu soll/sollen:

- *die Lößhügelflächen durch Hecken und Flurgehölze wirksam strukturiert und das Netz der weitverzweigten Täler und Bachauen als gliedernde und besonders typische Landschaftsstrukturen wieder belebt werden,*
- *der Grünlandanteil auf Ackerflächen in den Talbereichen erhöht und Hangbereiche so bewirtschaftet werden, dass Wassererosion vermieden wird,*
- *den charakteristischen Kleinstfließgewässern Raum für eine naturnahe Entwicklung gegeben, dabei Feuchtwiesen besonders geschützt und der das Döbelner Lößhügelland prägende Quellenreichtum als Charakteristikum der Landschaft wiederhergestellt werden,*
- *Quellen und Fließgewässer durch extensive Nutzung der angrenzenden Flächen vor diffusen Einträgen geschützt werden,*
- *der Waldanteil insbesondere an Talhängen und oberhalb der Quellbereiche von Fließgewässern erhöht werden,*
- *Trockentäler vor Ein- und Ausschwemmungen geschützt und in ihrer charakteristischen Ausprägung erhalten bleiben; insbesondere sind offen gelassene ehemalige Dolomitsteinbrüche, Felsheiden, Magerrasen, offene Felsbildungen und die wenigen nahen Stillgewässer zu schützen,*
- *die typischen Siedlungsformen, vor allem Platzdörfer, Rundweiler sowie ausgewählte Bauernweiler, in ihrer harmonischen Einbettung in die Landschaft erhalten und wiederbelebt werden,*
- *die historische Bausubstanz fachgerecht saniert und landschafts- und ortsbildprägende Streuobstwiesen gepflegt und ggf. arrondiert werden,*
- *Straßen und Wege durch Alleen gesäumt und Feldwege als gliedernde Elemente der Feldflur wieder aufgenommen werden,*
- *die Traditionen des Döbelner Lößhügellands und des Mulde-Lößhügellands als Obstanbaugebiete fortgeführt werden und dabei der Obstanbau umweltgerecht unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Bodens sowie des Grund- und Oberflächenwassers gegenüber Schadstoffeinträgen erfolgen.*

Leitbild Mulde-Lößhügelland

Die im Mulde-Lößhügelland markanten Durchbruchstäler der Freiberger und der Zwickauer Mulde sowie der Zschopau sollen in ihrer charakteristischen Ausprägung, ihrer hohen landschaftlichen Erlebniswirksamkeit und wegen ihrer günstigen Voraussetzungen für eine ruhige Erholung bewahrt werden.

Dazu soll/sollen:

- *Hangwälder, Felsflurvegetationen und Silikatmagerrasen besonders geschützt und Ackerflächen in den Auen schrittweise in Grünland umgewandelt werden,*
- *der Waldanteil durch Arrondierung bestehender Wälder sowie naturnahe, standort- und funktionsgerechte Aufforstungen an bisher ackerbaulich genutzten, besonders erosionsgefährdeten Hanglagen wirksam erhöht werden,*
- *ackerbaulich genutzte Plateauflächen mit Hecken und Gehölzen angereichert werden,*
- *die charakteristischen Waldhufendörfer so entwickelt werden, dass eine weitere Zersiedlung der Täler vermieden wird,*
- *der hohe Grünlandanteil der Bachauen erhalten und dabei besonders trockene und magere sowie Nass- und Feuchtwiesen extensiver bewirtschaftet werden,*
- *naturnahe Seitentäler der Freiberger Mulde und der Zschopau als charakteristische Landschaftsstrukturen vor Beeinträchtigungen geschützt werden,*
- *in den dicht besiedelten Teilräumen eine ausreichende Frischluftversorgung der Siedlungen durch eine Erhöhung des Waldanteils bei Offenhaltung klimatisch bedeutender Hang- und Freiflächen gesichert werden.*

Leitbild Kohrener Land

Die kulturlandschaftliche Identität des Kohrener Lands soll durch den Erhalt vielfältiger Nutzungsmuster, naturnaher Wälder, ökologisch wertvoller Fischteiche und Fließgewässer sowie seines ländlichen Charakters bewahrt werden.

Dazu sollen:

- *die Voraussetzungen einer umweltverträglichen Erholung weiterentwickelt werden, indem an kulturhistorische Traditionen und Handwerke angeknüpft und die Landschaft durch eine Erweiterung von Restwäldern, Strukturierung von Agrarflächen und Revitalisierung von Fließgewässern bereichert wird,*
- *die günstigen Bedingungen für die Landwirtschaft im Kohrener Land so genutzt werden, dass qualitative Beeinträchtigungen der Wassergewinnung vermieden werden,*
- *die charakteristischen Waldhufendörfer so entwickelt werden, dass eine weitere Zersiedlung der Täler vermieden wird,*
- *der hohe Grünlandanteil der Bachauen erhalten und dabei besonders trockene und magere sowie Nass- und Feuchtwiesen extensiver bewirtschaftet werden,*
- *die für das Kohrener Land typischen Obstbaumalleen und Streuobstwiesen gepflegt und ergänzt werden.*

Potentiell sensitive Kulturlandschaftselemente

Tabelle 7-1: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Lößhügellandschaften

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber:
Lößhügellandschaften	**Döbelner Lößhügelland**	weitverzweigtes Netz an Bachauen mit Feuchtwiesen und charakteristischen Kleinstfließgewässern	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		Quellenreichtum	
		landwirtschaftlich geprägtes Gebiet	• Starkregenereignissen und nachfolgender Wassererosion
		typische Obstbaumalleen und Streuobstwiesen	• Vegetationsveränderung infolge Temperatur- und Niederschlagsänderung • Schwächung alter Bestände durch Schädlingsbefall mit neuen Arten
	Mulde-Lößhügelland	Hangwälder	• Verringerung sommerlichen Wasserdargebots • Zunahme an Extremereignissen (Sturmwurf) • Zunahme an Schädlingen • Temperaturzunahme (Waldbrandgefahr)
		Quellenreichtum	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
	Kohrener Land	ökologisch wertvolle Fischteiche und Fließgewässer	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots • Eutrophierung infolge stärkerer Wassererosion
		Bachauen mit Feuchtwiesen	
		typische Obstbaumalleen und Streuobstwiesen	• Vegetationsveränderung infolge Temperatur- und Niederschlagsänderung • Schwächung alter Bestände durch Schädlingsbefall mit neuen Arten

Ergebnis

Die sensitiven, eigenartprägenden Landschaftsstrukturen verteilen sich weitverzweigt und vergleichsweise kleinräumig über die Lößhügelländer. Veränderungen der Landschaftstypik werden sich demzufolge auf kleinere Teilbereiche beschränken, während sich der Landschaftscharakter der Lößhügellandschaften insgesamt nicht grundsätzlich ändern wird. Es ist daher nur von einer geringen Vulnerabilität in Bezug auf den Kulturlandschafts-charakter auszugehen.

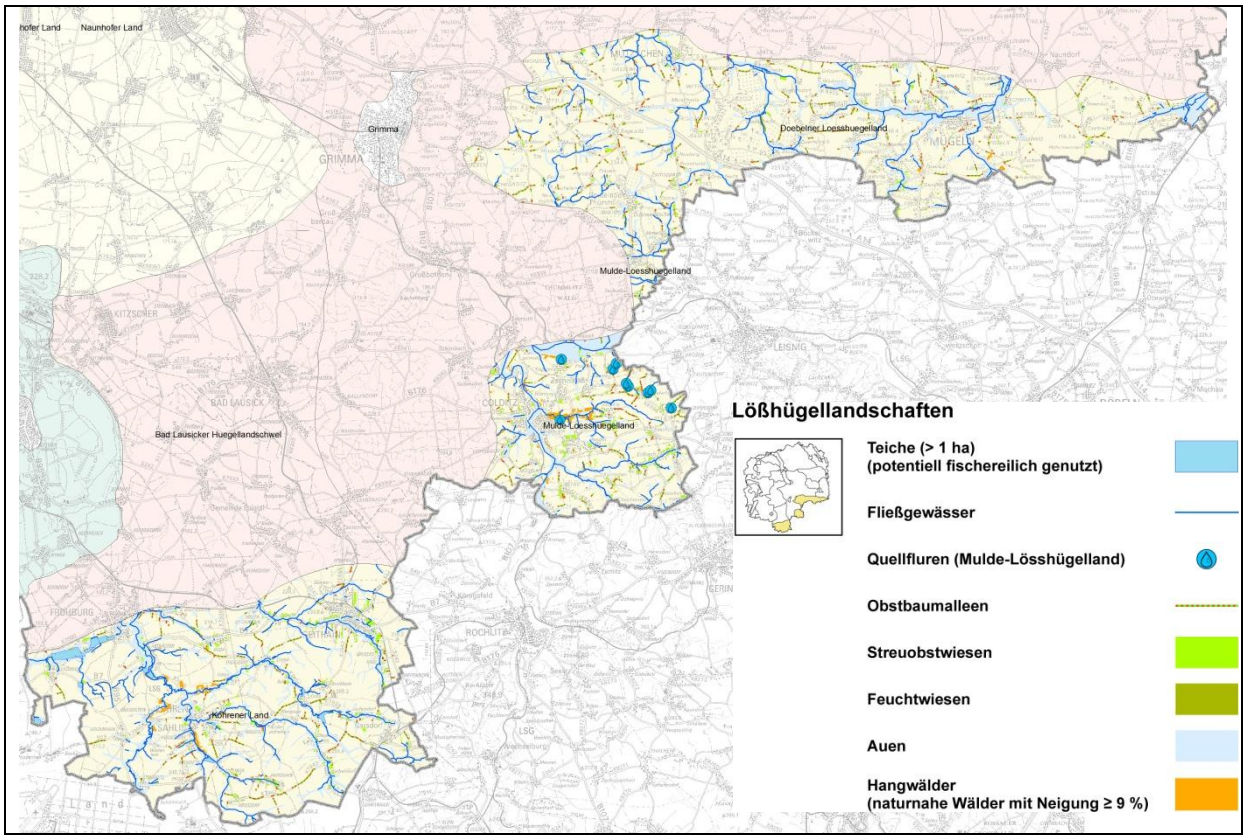

Abbildung 7-1: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente in den Lößhügellandschaften (vgl. Karte 7_1)

7.1.3.2 Bergbaufolgelandschaften

Leitbild Nord- und Südraum Leipzig

In der Bergbaufolgelandschaft des Nord- und Südraums von Leipzig soll im Kontrast zur Landschaftstypik der benachbarten Naturräume und zur historischen Nutzungsartenverteilung die neue Identität und die Außergewöhnlichkeit des Gebiets betont werden.

Dabei soll/sollen:

- *kleinere Restlöcher vollständig der natürlichen Sukzession überlassen werden und in geeigneten Teilbereichen größerer Tagebaue ein Schutz von Sukzessionsflächen langfristig stabile ökologische Verhältnisse befördern,*
- *in anderen Teilbereichen Wälder gezielt begründet und darüber hinaus insbesondere magere Trockenstandorte, Quellaustritte und Röhrichtgebiete geschützt und entwickelt werden,*
- *die entstehenden Gewässer im Süd- und Nordraum von Leipzig durch naturnahe, vielgestaltige Uferrandlinien und soweit möglich durch randliche Flachwasserbereiche geprägt werden,*
- *Sport- und Freizeitmöglichkeiten geschaffen werden, indem ausgewählte Restseen oder Teile von ihnen einer landschaftsverträglichen Erholungsnutzung zugeführt werden; andere, davon räumlich getrennte Bereiche, sollen vorrangig dem Natur- und Landschaftsschutz dienen,*
- *eine Rückverlegung der Fließgewässer erfolgen und eine naturnahe Entwicklung angestrebt werden, sofern die Auen bergbaulich verlegter Fließgewässer noch weitgehend vorhanden sind,*
- *bei einer irreversiblen Zerstörung der Fließgewässerauen durch den Bergbau die Fließgewässer als Zeitzeugen der Geschichte in ihrem verlegten Verlauf erhalten, jedoch durch geeignete Maßnahmen wie naturnahe Sohl- und Böschungsgestaltung, Uferrandstreifen und Uferbewuchs in ihrem ökologischen Wert verbessert werden und eine Verbesserung der Wassergüte insbesondere durch eine vordringliche Abwasserreinigung erreicht werden.*

Leitbild Südraum Leipzig

Über die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im Südraum Leipzig soll die bergbauliche und industrielle Überprägung des Raums als Chance genutzt werden, eine neue und unverwechselbare Landschaftsstruktur zu entwickeln, die von vielfältigen Kontrasten und einer langen Geschichte gravierender Landschaftsveränderungen lebt.

Dazu soll/sollen

- *die erhalten gebliebenen Bereiche der vorindustriellen Kulturlandschaft - von Auenbereichen, Feuchtwiesen und Teichen bis hin zu historischen Siedlungskernen - ebenso bewahrt werden wie ausgewählte, den Südraum bisher besonders prägende Industriebauten, Geräte und industrielle Absetzanlagen,*
- *geologische Anschnitte, Findlinge, ausgewählte Erosionsrinnen und Rutschungen unter Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit die Landschaftsentwicklung so lange wie möglich ablesbar und erlebbar bleiben,*
- *die Erholungsbedingungen in der Bergbaufolgelandschaft nachhaltig verbessert und dabei der Waldanteil zum Ausgleich des gestörten Naturhaushalts und zur Erholungsvorsorge im Südraum Leipzig mittel- bis langfristig wesentlich erhöht werden, indem große, funktional zusammenhängende Waldgebiete neu angelegt und in die Gestaltung eines „Grünen Rings“ um Leipzig eingebunden werden,*
- *eine standort- und umweltgerechte Land-, Forst- und Fischwirtschaft erhalten und entwickelt werden und so zur Wiederherstellung der Kulturlandschaft beitragen.*

Potentiell sensitive Kulturelemente

Tabelle 7-2: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Bergbaufolgelandschaften

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartsprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber:
Bergbaufolgel-landschaften	**Nord- und Südraum Leipzig**	großflächige Tagebaurestseen	• Verringerung des sommerlichen Wasser-dargebots (Wasserstand und –qualität)
		funktional zusammengehörige Waldgebiete	• Vegetationsveränderung infolge Temperatur- und Niederschlagsänderung
		Quellaustritte und Röhrichtgebiete	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots (Wasserfüllung)
		bergbaulich verlegte Fließgewässer	

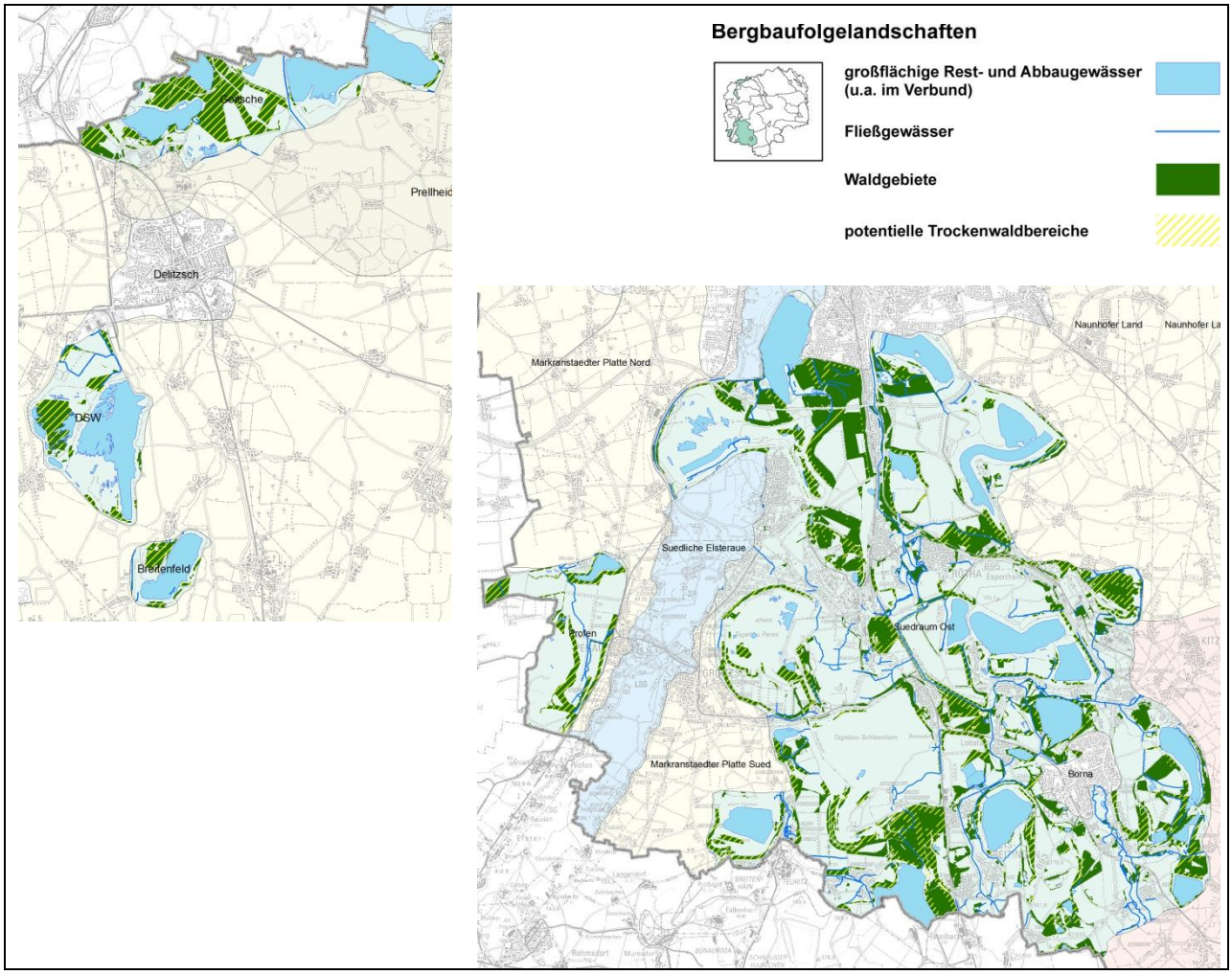

Abbildung 7-2: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente in den Bergbaufolgelandschaften (vgl. Karte 7_1)

Ergebnis

Als potentiell sensitive Landschaftsstrukturen der Berbaufolgelandschaft wirken die großflächigen Seen im Verbund sowie die funktional zusammengehörigen Waldgebiete im Bestand und in der Planung sehr flächenprägend. Daher ist zunächst für diesen Raum eine hohe Vulnerabilität in Bezug auf den Landschaftscharakter anzunehmen. Mit Hilfe vertiefender Expertisen zur Berbaufolgelandschaft wurde die Vulnerabilität der Bergbaufolgelandschaften in Bezug auf den Wasserhaushalt detaillierter untersucht. Die Abschätzung der Vulnerabilität in Bezug auf den Landschaftscharakter wird überprüft und konkretisiert.

7.1.3.3 Porphyrhügellandschaften

Leitbild Porphyrhügellandschaften

Die vielfältige Nutzungsstruktur in Porphyrhügellandschaften soll bewahrt und in einseitig genutzten Teilräumen wiederhergestellt werden.

Dazu soll/sollen:

- *die weitere Konzentration des Rohstoffabbaus in derzeit stark belasteten Räumen vermieden werden,*
- *eine Anreicherung strukturarmer landwirtschaftlicher Gebiete, insbesondere des Elbtalhügellands, mit Wald und Hecken erfolgen,*
- *die Reliefformen markanter Kuppen und Höhenzüge als Charakteristikum der Landschaft erhalten und vor einer Zerstörung durch den Rohstoffabbau sowie vor einer technogenen Überprägung bewahrt werden,*
- *bei aktivem Natursteinabbau bestehende Waldkanten zum Zweck des Sichtschutzes und der Raumgliederung bewahrt werden,*
- *das Tal der Vereinigten Mulde mit seinen naturnah bewaldeten Hängen, Felsgruppen und den tief eingekerbten und vielgestaltigen Seitentälern als wertbestimmende Landschaftsstruktur der Porphyrhügellandschaften vor Beeinträchtigungen geschützt werden,*
- *bewaldete Porphyrhügel untereinander und mit benachbarten Wäldern durch Flurgehölze vernetzt und einer landschaftsgebundenen und umweltverträglichen Erholungsnutzung Rechnung getragen werden,*
- *die naturraumprägenden, fischereilich genutzten Teiche und Teichketten so bewirtschaftet werden, dass die Vielfalt an naturnahen Strukturen erhalten und ggf. wiederhergestellt wird,*
- *größere Wälder in ihrer günstigen Wirkung für Naturhaushalt und Erholung gestärkt, nicht weiter zerschnitten und zergliedert und langfristig in naturnahe Wälder mit gut strukturierten Waldrändern umgewandelt werden,*
- *Restwälder in strukturarmen Ackerflächen erhalten, arrondiert und in ein System naturnaher Kleinstrukturen eingebettet werden,*
- *die für Porphyrhügellandschaften typischen Biotope trockener und magerer Standorte auf Kuppen und an Talhängen sowie ehemaligem Militärgelände (Grimma, Wurzen) dauerhaft gesichert werden,*
- *stillgelegte Steinbrüche, die sich zu wertvollen Biotopkomplexen entwickelt haben, möglichst nicht erneut für einen Rohstoffabbau genutzt oder verfüllt werden,*
- *Bruch- und Auewälder sowie Feuchtwiesen geschützt und Auen, insbesondere die Parthenaue, durch die Revitalisierung der Fließgewässer, die Erhöhung des Grünlandanteils und die teilweise Wiederbegründung gewässerbegleitender Gehölzpflanzungen naturnah entwickelt werden,*
- *die landwirtschaftliche Nutzung in den Porphyrhügellandschaften so erfolgen, dass die großräumigen Grundwasservorkommen und Einzugsgebiete regional bedeutsamer Wassergewinnungsanlagen nachhaltig gesichert werden, insbesondere soll dazu der ökologische Landbau erhalten und gestärkt werden,*
- *die charakteristischen Platz-, Straßen- und Straßenangerdörfer sowie Gutsweiler in ihrer Struktur bewahrt werden und sich zukünftig durch Ortsrandbegrünung noch besser in die Porphyrhügellandschaft einfügen.*

Potentiell sensitive Kulturlandschaftselemente

Tabelle 7-3: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Porphyrhügellandschaften

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartsprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber:
Porphyrhügellandschaft	**Porphyrhügel-landschaft**	größere Wälder	• Verringerung sommerlichen Wasserdargebots • Zunahme an Extremereignissen (Sturmwurf) • Zunahme an Schädlingen • Temperaturzunahme (Waldbrandgefahr)
		Bruch- und Auewälder, Feuchtwiesen und prägende Auen	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots • Eutrophierung infolge erhöhter Wassererosionsgefährdung
		naturraumprägende, fischereilich genutzte Teiche und Teichketten	

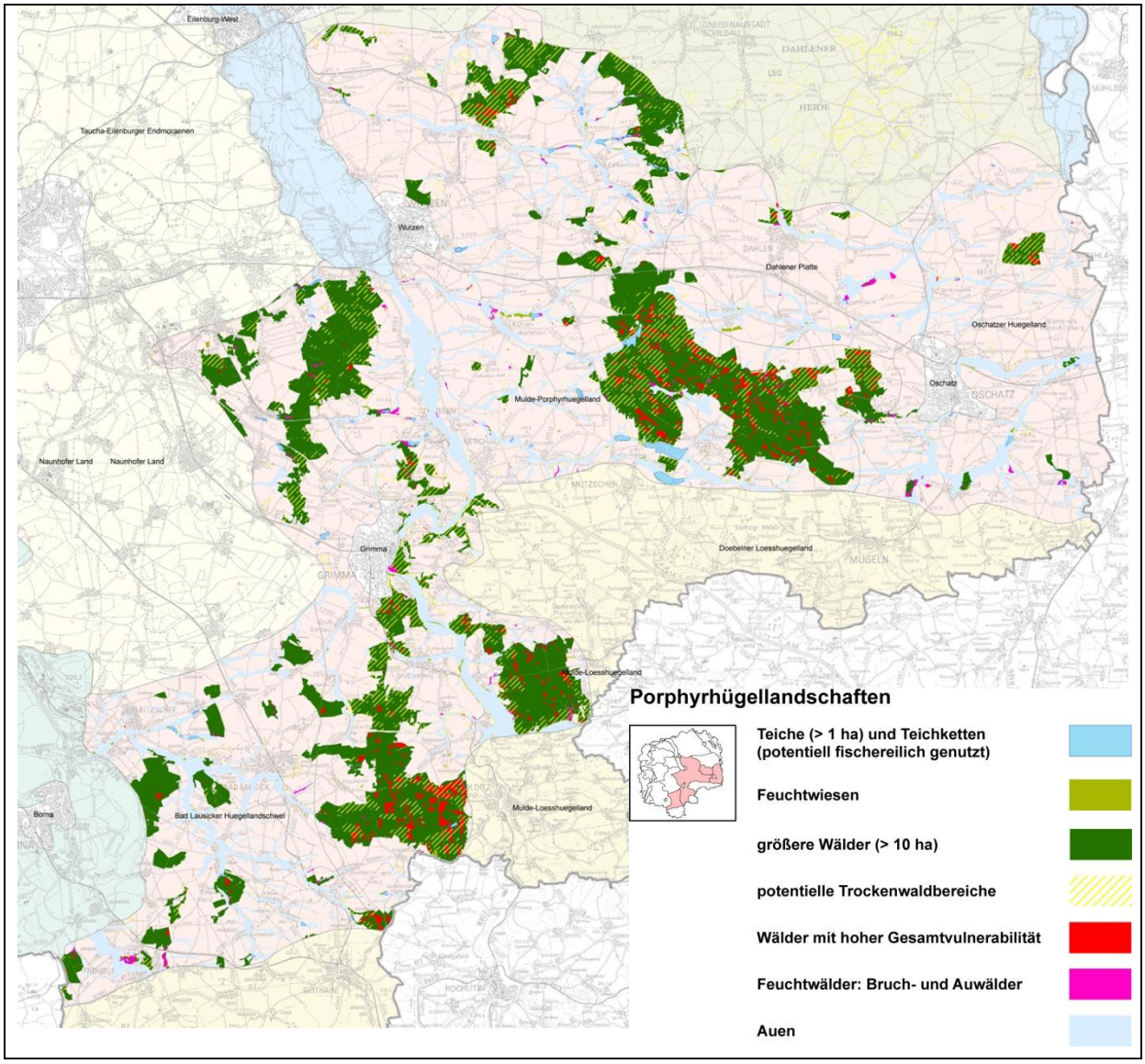

Abbildung 7-3: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente der Porphyrhügellandschaften (vgl. Karte 7_1)

<u>Ergebnis</u>

Der Landschaftscharakter der Porphyrhügellandschaften ist maßgeblich durch große Waldbestände, Bruch- und Auewäldern mit Feuchtwiesen und Teichen bzw. Teichketten geprägt. Gerade diese Landschaftselemente weisen eine hohe Sensitivität gegenüber den prognostizierten Klimaänderungen auf (vgl. Kap. 6.4 und Kap. 6.5). Daher ist auch die Vulnerabilität gegenüber Veränderungen der Landschaftscharakteristik für diese Räume als hoch einzustufen.

7.1.3.4 Auenlandschaften

Leitbild Elbaue

Die Elbaue soll eine weit offene Auenlandschaft charakterisieren, die durch Solitärbäume und einzelne Hecken sowie punktuell durch Wald gegliedert wird.

Dabei soll/sollen:

- *Überschwemmungsbereiche durch Grünlandnutzung, Auengehölze und Altwässer geprägt und Vernässungsgebiete aus der Nutzung genommen und gegebenenfalls gepflegt werden,*
- *Elbealtarme durch ausreichend große, nicht oder extensiv genutzte Pufferzonen, die mit der eingedeichten Aue verbunden sind, geschützt und der Zusammenhang zwischen der Aue und ihren Auenrändern gewahrt werden,*
- *Häfen und Anlegestellen ebenso wie charakteristische Buhnen erhalten und gepflegt und einer Erweiterung bestehender baulicher Anlagen der Vorrang vor Neubaumaßnahmen eingeräumt werden,*
- *die für die Elbaue charakteristischen Gutssiedlungen in ihrem Ortsbild und in ihrer harmonischen Einbettung in die Landschaft bewahrt und gegebenenfalls wieder hergestellt und dabei die prägenden Guts- und Herrenhäuser fachgerecht saniert, vorhandene Kopfsteinpflasterwege erhalten und Parkanlagen sowie Streuobstwiesen gepflegt werden; die Erholungsnutzung soll umweltverträglich erfolgen,*
- *die Vielzahl der kleinen Fließgewässer als Charakteristikum der Landschaft wiederhergestellt werden, indem Verrohrungen entfernt und an geeigneten Stellen Ufergehölze neu angelegt und Fließgewässern Raum für eine naturnahe Entwicklung gegeben werden,*
- *durch den Deichbau vom Strom abgetrennte Altwässer nach Möglichkeit dann wieder mit dem Fluss verbunden werden, wenn sichergestellt ist, dass keine Schäden für Siedlungen sowie Flora und Fauna entstehen, und es soll in den Flächen zwischen ausgeprägten und wertvollen Altarmmäandern der Grünlandanteil erhöht werden,*
- *die ackerbauliche Nutzung in den Randbereichen der Elbaue umweltverträglich so erfolgen, dass die großräumigen Wasserreservoirs nachhaltig gesichert werden.*

Leitbild Aue der Mittleren Mulde

Die Muldenaue soll durch einen naturnahen dynamischen Flusslauf mit Prall- und Gleithängen, Kiesbänken und -inseln sowie einem natürlichen und vielgestaltigen Flussbett geprägt werden, der frei mäandriert und sich auch künftig seine Altwässer selbst schafft.

Dazu soll/sollen:

- *jegliche Beeinträchtigungen des Flusses, insbesondere weitere Ausbaumaßnahmen, vermieden und bestehende Ausbaumaßnahmen beseitigt werden,*
- *notwendige Maßnahmen des Hochwasserschutzes so durchgeführt werden, dass die ökologische Wertigkeit der Aue möglichst nicht gemindert, sondern erhöht wird; insbesondere ist ein partieller Rückbau und eine Rückverlegung von Deichen in naturnahen Bereichen anzustreben, wobei ein angemessener Schutz angrenzender Siedlungen vor Hochwasser aufrechtzuerhalten ist,*
- *die Gesamtstruktur der Auenlandschaft weitgehend erhalten bleiben, so dass sich naturnahe Auewälder mit extensiv genutzten Wiesen und Weiden abwechseln und eine vielgestaltige Landschaft bewahrt wird, die bei Hochwasser weiträumig überschwemmt wird,*
- *bestehende naturnahe Bruch- und Auewälder sowie Kleinstfließgewässer ebenso wie wertvolle Altwässer besonders geschützt und durch Ausbau oder Verlegung beeinträchtigte kleinere Fließgewässer revitalisiert werden,*
- *zur Unterstützung des Landschaftscharakters in ausgewählten Bereichen Auewaldbestände neu begründet, die Fluren gegebenenfalls durch Einzelgehölze oder Baumgruppen gegliedert und der Anteil ackerbaulicher Nutzung weiter verringert werden,*
- *die ackerbauliche Nutzung in der Muldenaue umweltverträglich so erfolgen, dass die großräumigen Wasserreservoirs nachhaltig gesichert werden,*
- *die an den Auenrändern aufgereihten Gassen- und Sackgassendörfer sowie Rundweiler in ihrer Typik erhalten und nicht in die Aue ausgedehnt werden, sondern z. B. durch Pflege und Ergänzung von Streuobstwiesen sowie kleinteiliger Grünlandflächen einen harmonischen Übergang zur Auenlandschaft schaffen,*
- *die charakteristischen Herrenhäuser und Schlösser saniert und die dazugehörigen Parkanlagen unter Berücksichtigung kulturhistorischer und naturschutzfachlicher Aspekte gepflegt werden, wobei die Muldenaue selbst nicht weiter durch Straßen, Wege und sonstige Trassen zerschnitten und erschlossen werden soll.*

Leitbild Elster-Pleiße-Luppe-Auesystem

Das Elster-Pleiße-Luppe-Auensystem soll mit seinem reichhaltigen Standortmosaik und seiner Artenvielfalt nachhaltig gesichert und weitestmöglich regeneriert werden.

Dabei soll/sollen:

- *der charakteristische Auwald wirksam vor jeglichen Beeinträchtigungen geschützt, nachhaltig forstlich bewirtschaftet und Möglichkeiten einer Wiedervernässung des Auwalds vollständig ausgeschöpft werden,*
- *Maßnahmen zur Abflussverzögerung und Wiederherstellung eines naturnahen Grundwasserstands eine Revitalisierung der Auen fördern,*
- *die Vielzahl der alten Kleinstfließgewässer wieder Wasser führen und ihnen Raum für eine naturnahe Entwicklung gegeben werden,*
- *das Wald-Offenland-Verhältnis weitgehend erhalten werden, wobei insbesondere ökologisch wertvolle Lehmlachen und Kleingewässer sowie kleinräumig strukturierte Wiesen und Weiden zu schützen sind, deren Nutzung extensiv erfolgen soll,*
- *eine Erholungsnutzung an der Empfindlichkeit des Ökosystems ausgerichtet und Beeinträchtigungen der Aue, z. B. durch großflächige Freizeitanlagen, vermieden werden,*
- *die Verbindung der Elster- und Elster-Luppe-Aue zur umgebenden Sandlöß-Ackerebenen-Landschaft erhalten und einer weiteren Isolierung der Aue durch riegelhafte Auenrandbebauung entgegengewirkt werden,*
- *ein ökologischer Mindestverbund der einzelnen, durch Braunkohlenabbau und Stadtentwicklung voneinander zum Teil abgetrennten Auenabschnitte gewährleistet werden.*

Leitbild Südliche Elsteraue

Die südliche Elsteraue soll in ihrem Bestand an wertvollen Wiesen, Altarmen und Restwäldern bewahrt und maßgeblich revitalisiert werden.

Dabei soll/sollen:

- *die Elster hinsichtlich ihrer Dynamik und Überschwemmungen aktiviert und Auewälder und uferbegleitende Gehölze neu begründet werden,*
- *der Grünlandanteil deutlich erhöht und Altgewässer dann an die Elster wieder angebunden werden, wenn keine Beeinträchtigungen der Flora und Fauna zu erwarten sind,*
- *die Ortsbilder der für die südliche Elsteraue charakteristischen Sackgassen- und Gassendörfer sowie Rundweiler der Auenränder mit ihrer traditionellen Streuobstwiesenbewirtschaftung bewahrt werden.*

Potentiell sensitive Kulturlandschaftselemente

Tabelle 7-4: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Auelandschaften

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartsprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber:
Auenlandschaften	**Elbe-, Mulde, südliche Elster-aue sowie Elster-Pleiße-Luppe-Auesystem**	Parkanlagen sowie Streuobstwiesen in Überschwemmungsgebieten	• Hochwasser
		charakteristische ländliche Siedlungen in den Auen	• Hochwasser
		Auwälder und Altwasser	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		Fließgewässer	• Zunahme an Hochwassersituationen • Verringerung des sommerlichen Wasser-dargebots und Minderung des MNQ

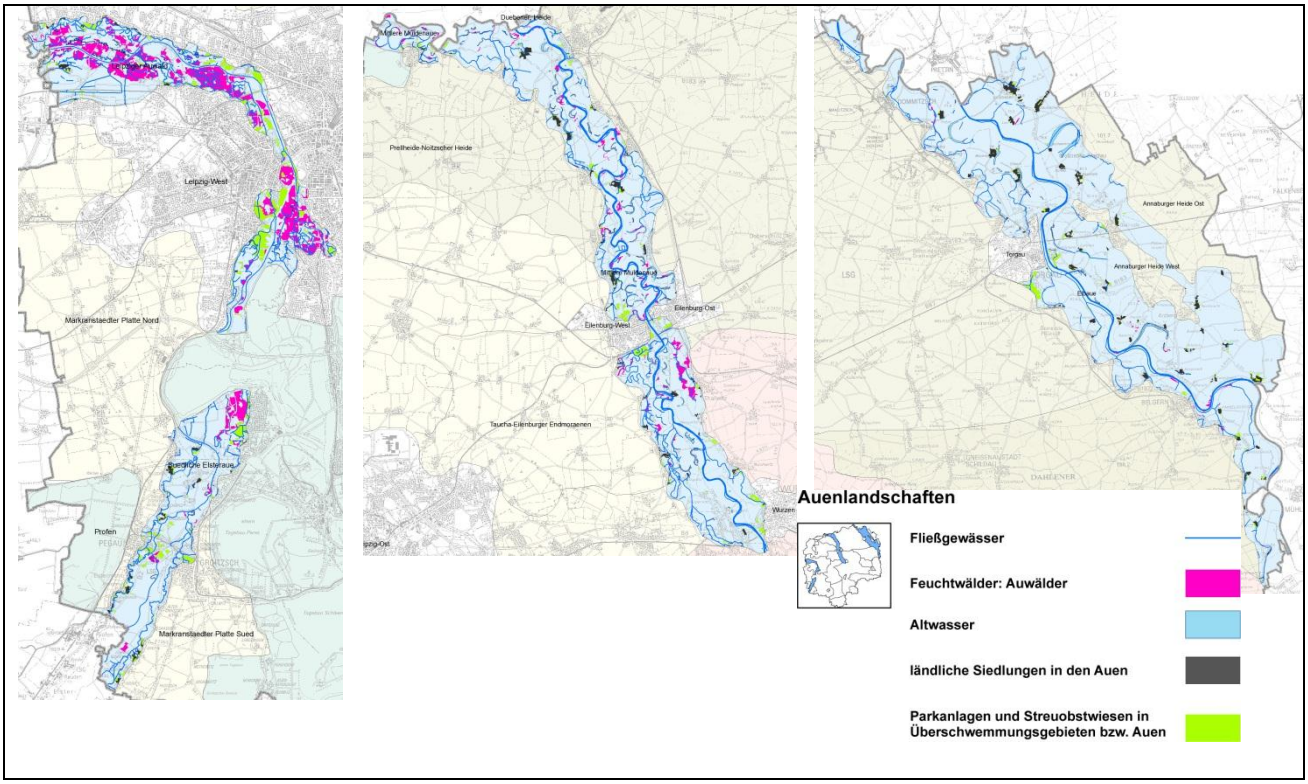

Abbildung 7-4: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente der Auenlandschaften (vgl. Karte 7_1)

Ergebnis

Auenlandschaften sind in ihrem Landschaftscharakter naturgemäß durch Hochwasser geprägt. Selbst wenn diese im Zuge des Klimawandels zunehmen, verändert sich der Landschaftscharakter der Auen nicht grundlegend. Die weiteren eigenartprägenden Merkmale wie Parkanlagen, Streuobstwiesen, Altwässer, Auwälder und charakteristische ländliche Siedlungen sind kleinräumig über die Auenlandschaften verteilt. Die Vulnerabilität in Bezug auf den Charakter der Kulturlandschaft ist daher insgesamt als gering einzuschätzen, obgleich Teilnutzungen betroffen sein können (sozioökonomische Vulnerabilität für Siedlungen im Überschwemmungsgebiet).

7.1.3.5 Heidelandschaften

Leitbild Heidelandschaften

Das Wald-Offenland-Verhältnis soll in den Heidelandschaften im Wesentlichen erhalten werden. Aus landschaftspflegerischen Gründen soll die Landwirtschaft so betrieben werden, dass die natürliche Vielfalt mit dem Wechsel von Wäldern und Fluren bewahrt wird.

Dabei soll/sollen:

- *bei der Landbewirtschaftung die überwiegend hohe Grundwasserverschmutzungsempfindlichkeit der Heidelandschaften berücksichtigt werden,*
- *der Charakter einer gering zerschnittenen naturnahen Landschaft durch den Erhalt großräumig unzerschnittener Räume, die Vermeidung einer technogenen Überprägung und die Konzentration regional bedeutsamer Infrastrukturmaßnahmen auf Regionale und Überregionale Achsen bewahrt werden,*
- *der naturbezogenen und umweltverträglichen Erholungsnutzung insbesondere der Dübener und der Dahlener Heide in besonderem Maße Rechnung getragen werden, so dass Heidelandschaften vor allem Ruhe und vielfältige Landschaftserlebnisse bieten,*
- *die charakteristischen Straßen-, Straßenanger- und Gassendörfer durch verstärkte Siedlungsrandbegrünung und ein Besinnen auf heidetypische Gestaltungsformen harmonischer in die Landschaft eingefügt und kulturhistorische Traditionen wieder belebt werden,*
- *die Übergangs- und Niedermoore sowie die naturnahen Bruchwälder des Presseler Heidewald- und Moorgebiets als charakteristische Landschaftsausschnitte großräumig vor Beeinträchtigungen geschützt werden, insbesondere sind Maßnahmen, die den Grundwasserhaushalt negativ beeinflussen, weiträumig zu vermeiden bzw. in ihrer Wirkung einzuschränken,*

- *anthropogen überprägte Moorböden in den Fließgewässerauen der Dübener und Dahlener Heide wieder vernässt und von einer intensiven Nutzung ausgenommen werden,*
- *die heidetypischen Sandgrundgleyauen durch Rückbau von Fließgewässerverrohrungen, den Erhalt der Grünlandnutzung und eine Revitalisierung der Heidebäche in einer naturnahen Entwicklung gefördert werden und neben (oligo)-mesotrophen Heidegewässern insbesondere nährstoffarme Trockenstandorte (Sandtrockenrasen, Zwergstrauchheiden) geschützt werden,*
- *Ackerbereiche durch Hecken und Gehölze belebt und Fischteiche unter Bewahrung ihrer naturnahen Strukturen nachhaltig genutzt werden,*
- *die Wälder schrittweise zu naturnahen Wäldern mit vielfältig strukturierten Waldrändern umgewandelt und gegebenenfalls arrondiert werden.*

Leitbild Annaburger Heide

Der Charakter der Annaburger Heide soll durch den Erhalt der typischen Binnendünenausbildungen, insbesondere der offenen Dünen, und der markant hohen Fließgewässernetzdichte der Niederung bei Döbrichau bewahrt werden. Der Grünlandanteil der Niederung soll schrittweise erhöht werden

Leitbild Prellheide und Noitzscher Heide

Die Nutzung der Prellheide und Noitzscher Heide soll so erfolgen, dass das regional bedeutsame Grundwasservorkommen nachhaltig gesichert und die angrenzende Bergbaufolgelandschaft harmonisch in die gewachsene Landschaft eingebunden wird.

Potentiell sensitive Kulturlandschaftselemente

Tabelle 7-5: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Heidelandschaften.

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber
Heidelandschaften	**Dübener Heide**	prägende großflächige Wälder, darunter auch naturnahe Bruchwälder	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots • Zunahme an Extremereignissen (Sturmwurf) • Zunahme an Schädlingen • Temperaturzunahme (Waldbrandgefahr)
		markante Übergangs- und Niedermoore	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		Heidebäche, Moorböden in Fließgewässerauen	
		Fischteiche	
	Dahlener Heide	prägende großflächige Wälder, darunter auch naturnahe Bruchwälder	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots • Zunahme an Extremereignissen (Sturmwurf) • Zunahme an Schädlingen • Temperaturzunahme (Waldbrandgefahr)
		Heidebäche, Moorböden in Fließgewässerauen	
		Quellfluren	
	Prellheide und Noitzscher Heide	prägende großflächige Wälder	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
	Annaburger Heide	hohe Fließgewässernetzdichte in der Niederung bei Döbrichau	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		prägende großflächige Wälder	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots

Ergebnis

Die Heidelandschaften sind durch großflächige Wälder geprägt, die sich aus sensitiven Kiefernreinbeständen, sensitiven Bruchwäldern, Übergangs- und Niedermooren (Dübener Heide) und Quellfluren (Dahlener Heide) zusammensetzen. In der Summe ist für die Landschaftscharakteristik von einer hohen bis sehr hohen Vulnerabilität gegenüber Klimaänderungen auszugehen.

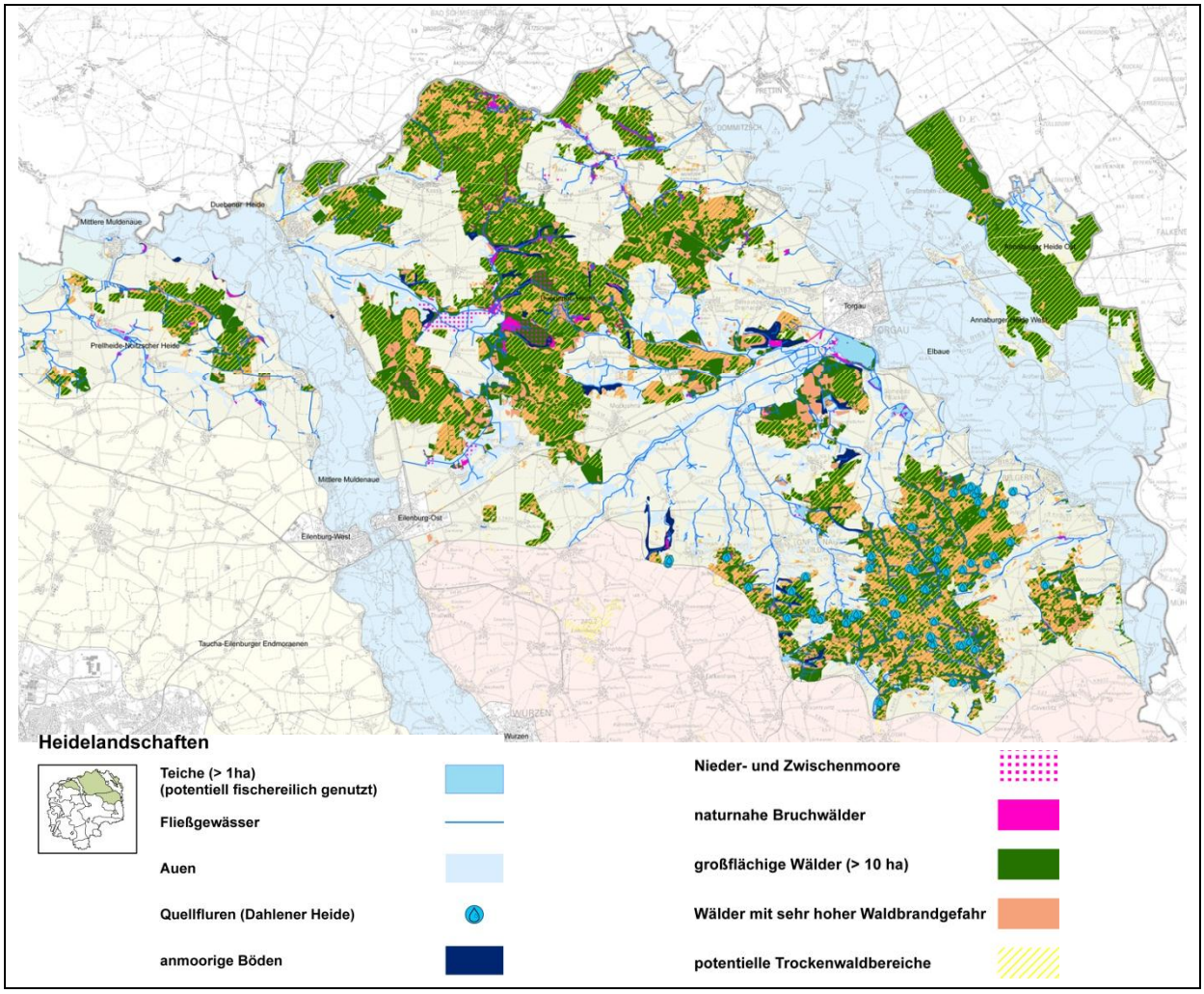

Abbildung 7-5: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente der Heidelandschaften (vgl. Karte 7_1)

7.1.3.6 Sandlöß-Ackerebenen-Landschaften

Leitbild Delitzscher und Brehnaer Platte

Die Delitzscher und die Brehnaer Platte sollen im unverritzten Gelände das Bild einer offenen Ackerlandschaft beibehalten und durch Anlage von Ackerrainen sowie durch eine vielfältige Fruchtfolge einer umweltgerechten Landwirtschaft belebt und punktuell durch Wald gegliedert werden.

Dabei soll/sollen:

- *die extrem hohe visuelle Empfindlichkeit der weithin einsehbaren Landschaft bei allen raumbedeutsamen Vorhaben berücksichtigt und Anlagen der technischen Infrastruktur konzentriert werden,*
- *zur Strukturierung der Landschaft und Herstellung eines Biotopverbunds insbesondere das Fließgewässernetz revitalisiert werden; insbesondere sollen verlegte Fließgewässer soweit wie möglich in ihre Auen zurückverlegt, Verrohrungen entfernt und Auen durch Grünlandnutzung und eine Anreicherung mit Wald und Baumgruppen in ihrem ökologischen Wert erhöht werden,*
- *die Wassergüte der Fließgewässer insbesondere durch Abwasserreinigung und eine Verminderung von Nährstoffeinträgen aus der Landwirtschaft verbessert und die wenigen naturnahen Standgewässer geschützt werden,*
- *vorhandene Heckenstrukturen erhalten und gepflegt, Straßen und Wege durch Alleen oder Hecken gesäumt und die wenigen verbliebenen Restwälder durch eine deutliche Erweiterung in ihrer Funktion gestärkt werden,*
- *die wenigen, in ihrer historischen Siedlungsform noch erhaltenen Gassen- und Platzdörfer der Delitzscher und der Brehnaer Platte und die Straßen- und Straßenangerdörfer des Naunhofer Lands in ihrer charakteristischen Struktur erhalten werden,*
- *neue Baugebiete sich in Dimensionierung und Gestaltung der jeweiligen Ortsspezifik anpassen und zum Freiraum hin ökologisch wirksam begrünt werden.*

Leitbild Taucha-Eilenburger Endmoränengebiet

Das Taucha-Eilenburger-Endmoränengebiet soll als agrarisch geprägtes Gebiet mit dem geringsten Zerschneidungsgrad im Umland von Leipzig in seinem Charakter erhalten und mit Hecken und Feldgehölzen angereichert werden.

Dabei sollen:

- *wertvolle Trockenbiotope der Kuppen von technischen Anlagen freigehalten, gepflegt, offen gehalten und weitgehend vor Nährstoffeinträgen geschützt und entsprechend der naturräumlichen Voraussetzungen arrondiert und miteinander vernetzt werden,*
- *ackerbaulich genutzte Kuppen durch eine Erhöhung des Grünlandanteils und gegebenenfalls durch maßvolle Einstreuung von Einzelgehölzen und Gebüschgruppen strukturell angereichert, vor Erosion geschützt und in ihrer landschaftsästhetischen Wirkung gestärkt sowie in ein Netz von Ackerrainen eingebunden werden,*
- *Kleinstfließgewässer und deren Quellbereiche naturnah entwickelt, die Ackerflur durch Gehölze gegliedert und die typischen Obstbaumalleen an Straßen und Wegen erhalten und gepflegt werden,*
- *die im Freiraum verstreuten Stallanlagen zurückgebaut werden, sofern sie nicht mehr für die Tierhaltung genutzt werden.*

Leitbild Naunhofer Land

Das Naunhofer Land soll so weiterentwickelt werden, dass die großräumigen Grundwasservorkommen nachhaltig gesichert werden und die Landschaft im Sinne der Erholungsvorsorge im Umland von Leipzig als abwechslungsreiche Kulturlandschaft gestaltet wird.

Dabei soll/sollen:

- *der Waldanteil durch deutliche Erweiterung bestehender Wälder und Neuanlage kleiner Waldstücke erhöht, Wälder naturnah entwickelt, die Ackerflächen durch verstärkten Flurholzanbau gegliedert und das Fließgewässernetz in seinem charakteristischen Kontrast zwischen Bächen und Gräben gestaltet werden,*
- *die zumeist periodisch Wasser führenden Gräben in ihrer überwiegend geradlinigen Ausprägung bewahrt und durch Uferrandstreifen und Ufergehölze ökologisch aufgewertet werden und sich Bäche in weit ausgedehnten, durch Grünland geprägten und vielfältig strukturierten Auen naturnah entwickeln können,*
- *die naturnahen Wälder und Waldteile geschützt und entsprechend ihrer Störungsempfindlichkeit nicht weiter touristisch erschlossen werden,*
- *die besonders charakteristischen und wertvollen, naturnahen Fischteiche, Tümpel und Weiher sowie deren Verlandungsvegetation vor Beeinträchtigungen bewahrt und die seltenen, durch ehemalige militärische Nutzung entstandenen Trockenrasenstandorte wie in Pomßen sollen ebenso wie Feuchtwiesen dauerhaft gesichert werden.*

Leitbild Markranstädter Platte

Die Markranstädter Platte soll als traditioneller Agrarraum erhalten, jedoch künftig vielfältiger gestaltet werden, indem die verbliebenen Restwälder ergänzt werden und die Feldflur durch ein Netz von Hecken und Gehölzen strukturiert wird.

Dabei soll/sollen:

- *die Landwirtschaft an der Empfindlichkeit des Bodens und des Grundwassers gegenüber Schadstoffeinträgen ausgerichtet werden, sodass die Wasserreservoirs dauerhaft vor Beeinträchtigungen geschützt werden,*
- *partielle Vernässungen durch Bodensenkungen infolge des Bergbaus als seltene Biotope aus der landwirtschaftlichen Nutzung herausgenommen und als Feuchtgebiete gesichert werden,*
- *die Fließgewässer in ihrem harmonisch in die gut erhaltenen Gassendörfer und Rundweiler integrierten Verlauf als prägende Landschaftsstrukturen entwickelt und die insbesondere für die Auenrandsiedlungen typischen Streuobstwiesenbestände erhalten, erweitert und in Fortführung der Tradition gegebenenfalls neu angelegt werden,*
- *der Anteil an Grünland und Ufergehölzen in den Auen erhöht werden,*
- *dem Erholungsbedürfnis der Einwohner des Verdichtungsraums Leipzig in den angrenzenden Räumen der Markranstädter Platte durch eine Erhöhung des Waldanteils oder eine anderweitige Anreicherung mit landschaftlich wirksamen Strukturen, eingebunden in den „Grünen Ring Leipzig“, sowie durch die Wiederherstellung oder Neuanlage von Wegen Rechnung getragen werden.*

Potentiell sensitive Kulturlandschaftselemente

Tabelle 7-6: Potentiell sensitive eigenartprägende Landschaftsstrukturen der Sandlöß-Ackerebenen-Landschaften

Typ	Landschaft	potentiell sensitive, eigenartprägende Landschaftsstrukturen	sensitiv gegenüber:
Sandlöß-Ackerebenen-Landschaften	**Delitzscher und Brehnaer Platte**	typische Fließgewässer, wenige naturnahe Standgewässer	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		zumeist periodisch wasserführende Gräben	
	Taucha-Eilenburger Endmoränen-gebiet	Kleinstfließgewässer und deren Quellbereiche	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		typische Obstbaumalleen an Straßen und Wegen	• Vegetationsveränderung infolge Temperatur- und Niederschlagsänderung
	Naunhofer Land	naturnahe Wälder	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots • Zunahme an Extremereignissen (Sturmwurf) • Zunahme an Schädlingen • Temperaturzunahme (Waldbrandgefahr)
		zumeist periodisch wasserführende Gräben	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		besonders charakteristische und wertvolle Fischteiche	
	Markranstädter Platte	zumeist periodisch wasserführende Gräben, Kleinstfließgewässer	• Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots
		typische Streuobstwiesenbestände	• Vegetationsveränderung infolge Temperatur- und Niederschlagsänderung

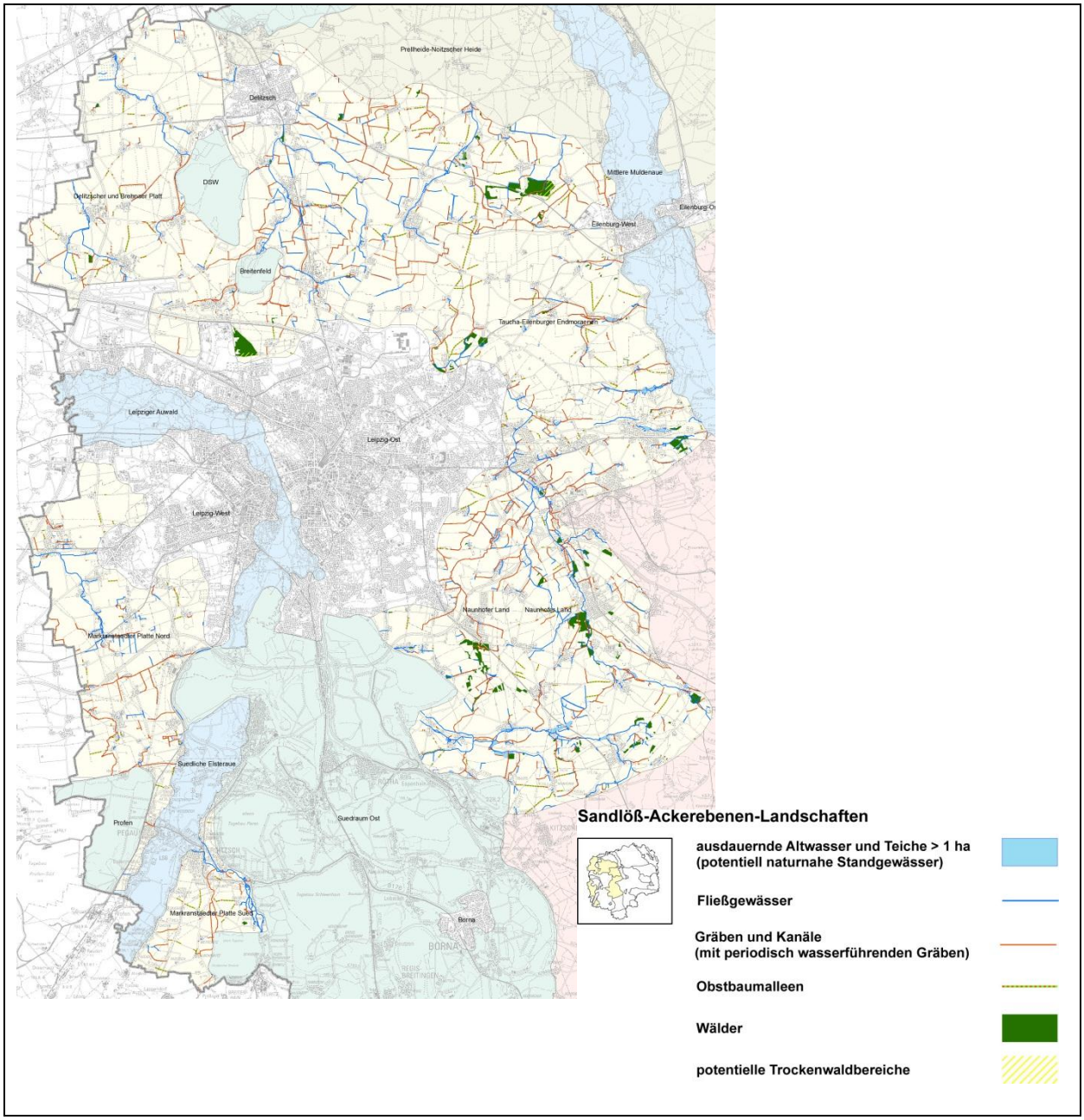

Abbildung 7-6: Ausgewählte sensitive Kulturlandschaftselemente der Sandlöß-Ackerebenen-Landschaften (vgl. Karte 7_1)

Ergebnis

Das Anbauspektrum landwirtschaftlicher Fruchtarten in den Sandlöß-Ackerebenen-Landschaften wird sich künftig u. a. auch in Anpassung an den Klimawandel zwar verändern, das Bild einer Agrarlandschaft wird jedoch bleiben. Die klimatisch sensitiven, eigenartprägenden Landschaftsstrukturen verteilen sich weitverzweigt und vergleichsweise kleinräumig über die Ackerebenen. Es können daher zwar lokal durchaus erhebliche Veränderung einzelner Landschaftsbilder erwartet werden, insgesamt ist aufgrund der Kleinfächigkeit sensitiver Landschaftselemente aber nur von einer geringen Vulnerablität in Bezug auf den Charakter der Kulturlandschaften auszugehen.

7.2 Fokus Bergbaufolgelandschaft

Innerhalb der am MORO Klimawandel beteiligten Regionen bildet die Auseinandersetzung mit Auswirkungen des aktiven Abbaus sowie der Wiedernutzbarmachung in einem Braunkohlenrevier unter Berücksichtigung prognostischer Klimaszenarien einerseits ein absolutes Alleinstellungsmerkmal. Andererseits sind in der Region Westsachsen gewonnene Erkenntnisse zur Thematik ohne weiteres auf den Gesamtraum des Mitteldeutschen Braunkohlenreviers (Planungsregionen Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg, Halle und Magdeburg im Land Sachsen-Anhalt, Ostthüringen im Freistaat Thüringen) sowie mit Einschränkungen auch auf das Lausitzer Revier (Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien im Freistaat Sachsen, Lausitz-Spreewald im Land Brandenburg) übertragbar.

Im Zuge der Braunkohlenplanung als Bestandteil der Regionalplanung nach § 5 SächsLPlG verfügt der Regionale Planungsverband Westsachsen über Kernkompetenzen, die seit 1992 maßgeblich durch insgesamt 14 abgeschlossene und 3 laufende Aufstellungs- bzw. Fortschreibungsverfahren zu Braunkohlenplänen, die für stillgelegte Förderstätten als Sanierungsrahmenpläne aufzustellen sind, geprägt werden. Hinzu kommen die Verantwortungsfelder der Regionalplanung als stimmberechtigtes Mitglied für den Freistaat Sachsen im Regionalen Sanierungsbeirat Westsachsen/Thüringen, bei der regionalen Moderation zu Sanierungsmaßnahmen zur Erhöhung des Folgenutzungsstandards („§ 4-Maßnahmen nach VA-Braunkohlesanierung zwischen Bund und Ländern) sowie zur Regionalentwicklung und zur Fachberatung für die kommunale Ebene.

Das Braunkohlenplangebiet Leipzig-Westsachsen unterteilt sich in

- den „Nordraum Leipzig“ zwischen der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt, Delitzsch und Leipzig mit den Sanierungsgebieten Goitzsche und Delitzsch-Südwest/Breitenfeld sowie
- den Südraum Leipzig zwischen Leipzig, Borna und den Landesgrenzen zu Sachsen-Anhalt bzw. Thüringen mit den aktiven Tagebauen Profen und Vereinigtes Schleenhain sowie den Sanierungsgebieten Zwenkau-Cospuden, Espenhain, Witznitz, Borna-Ost-Bockwitz und Haselbach.

Im Braunkohlenplangebiet Leipzig-Westsachsen fokussieren sich Einfluss- und Belastungsfaktoren für den Gebietswasserhaushalt bei höchster Veränderungsdynamik seit Jahrzehnten in besonderer Weise. Dazu zählen insbesondere

- die Lage im Bereich der „Mitteldeutschen Trockeninsel“ mit verbreitet geringer Abflussbildung und ausgeprägten, mitunter mehrjährigen „Wasserklemmen“ in den Vorflutern,
- die verbreitete bergbauliche Inanspruchnahme von Flussauen als natürliche Hochwasserretentionsflächen in Kombination mit Fließgewässerverlegungen,
- die bergbaubedingten Störungen im Grundwasserhaushalt und in der Kommunikation zwischen Grund- und Oberflächenwasser, verstärkt durch Fließgewässerdichtungen,
- eine bis 1989/1990 hohe Wasserentnahme aus Fließgewässern maßgeblich durch industrielle Bedarfsträger, verbunden mit exorbitanten Abwassereinleitungen,
- die Einleitung von Sümpfungswässern aus den aktiven Tagebauen ständig verfügbare Niedrigwasseraufhöhung (Niveau 1989/90 >2 m^3/s, aktuell ca. 0,5 m^3/s),
- die Wasserüberleitung aus Nachbareinzugsgebieten (aus der Mulde über das Pumpwerk Sermuth) und die ausgeprägte Bewirtschaftung von Stauanlagen sowie
- das Wirksamwerden der Tagebauseen nach erfolgter Flutung einerseits als „Zehrflächen“ (Verdunstung im Sommerhalbjahr), andererseits mit zeitweiligen Wasserüberschüssen.

Augenfällig für die Entwicklung in den letzten zehn Jahren war eine Tendenz dahingehend, dass sich Extremereignisse häuften (Hochwasser vom August 2002 als bislang höchstes historisch belegtes Ereignis im Mulde-

Einzugsgebiet, extremes Trockenjahr 2003, Grundwasserstände 2010/2011 verbreitet als höchste seit Beginn der Messungen) bzw. erwartete Entwicklungen schneller und massiver als ursprünglich prognostiziert eintraten (Grundwasserwiederanstieg in Bergbaurevieren, Exfiltration belasteter Wässer aus Altkippenbereichen in die Vorflut).

Des Weiteren wird darauf verwiesen, dass die Zunahme von Wasserflächen an sich schon eine höhere absolute Verdunstungsleistung zur Folge hat; hinzu kommt die Verstärkung derselben durch höhere Wassertemperaturen. Bei Annahme einer Gesamtwasserfläche um das Jahr 2050 von ca. 70 km² in Tagebaurestseen (Ausgangswert 0) und einer Zunahme der realen Verdunstung von ca. 300 mm/a gegenüber Landflächen sind dies 21 Mill. m³/a. da sich die Verluste zu 85 % auf die Monate Mai bis September konzentrieren, können an heißen Sommertagen und bei hohen Wassertemperaturen kumulative Spitzenverdunstungswerte von 3 bis 4 m³/s auftreten.

Nachdem insbesondere im Pleißeeinzugsgebiet seit 1989 zunächst eine deutliche Entlastung des Wassermengen- und –gütehaushalts maßgeblich durch den Rückgang von Wasserentnahmen und Abwassereinleitungen zu verzeichnen war, zeichnet sich vor dem Hintergrund des Klimawandels, bestehender Wassergüteanforderungen und laufender Veränderungen des Nutzungsspektrums (Wassertourismus innerhalb des Schlüsselprojekts „Gewässerverbund Region Leipzig“) eine erneute Verschärfung der Situation deutlich ab. Der Nordraum Leipzig wird aktuell einerseits durch hohe Grundwasserstände mit zahlreichen Konfliktbereichen in bebauten Gebieten und andererseits durch Wassermangelsituationen in längeren Trockenperioden geprägt. Beide Entwicklungen bildeten im Rahmen des MORO Klimawandel die Veranlassung zur Erstellung von Expertisen wie folgt:

- Berechnung des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet des Lobers unter dem Ansatz prognostischer Klimaszenarien (Auftraggeber und Finanzier: LMBV mbH, Fachbegleitung: Regionaler Planungsverband Leipzig-Westsachsen, Auftragnehmer: Ingenieurbüro für Grundwasser Leipzig GmbH; 2010).
- Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Pleiße in Westsachsen (Auftraggeber und Finanzier: Regionaler Planungsverband Leipzig-Westsachsen, Auftragnehmer: ECOSYSTEM SAXONIA GmbH Dresden, 2011),

Beide Expertisen gingen von den Anliegen aus,

- die Machbarkeit geplanter Gewässernutzungen vor dem Hintergrund des Klimawandels auf den Prüfstand zu stellen,
- Fachgrundlagen für die Regionalplanung, maßgeblich zur Fortschreibung einzelner Sanierungsrahmenpläne als Teile des Regionalplans, zu schaffen und
- alle Beteiligten für klimawandelbedingte Veränderungstendenzen einschließlich der frühzeitigen Auseinandersetzung mit denselben zu sensibilisieren.

Die Ergebnisse der Expertisen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im **Nordraum Leipzig** (vgl. Anlage B) wurde für das Einzugsgebiet des Lobers für den ehemaligen Tagebaukomplex Delitzsch-Südwest/Breitenfeld eine exemplarische Abschätzung der Wasserhaushaltsentwicklung auf Grundlage prognostischer Klimaszenarien bis zum Jahr 2050 vorgenommen. Im Fokus standen die Entwicklung der Endwasserseespiegel mit den daran gekoppelten Überschusswassermengen, die Entwicklung der Grundwasserflurabstände sowie die sich unter den verwendeten Klimaprojektionen einstellenden mittleren Abflüsse charakteristischer Fließgewässer im Gebiet. Das Ergebnis der Prognosen zeichnet einen stark defizitären Wasserhaushalt mit sich deutlich tiefer einstellenden Restseespiegeln, signifikant geringeren Überschusswassermengen und deutlich reduzierten Abflussmengen in den Oberflächengewässern (vgl. Tabelle 7-7). Ausschlaggebend hierfür sind im Wesentlichen das markant erhöhte Verdunstungspotential der Atmosphäre sowie anteilig die etwas geringeren Jahresniederschläge. Die dadurch um die Hälfte reduzierte mittlere Grundwasserneubildung bedingt eine sich auf tieferem Niveau einstellende Grundwasseroberfläche, die zum Einen Konfliktbereiche mit hohen Grundwasserständen minimiert, zum Anderen die Anforderungen an die quantitativen Randbedingungen der Stand- und Fließ-

gewässer verschärft. Diese grundlegende Tendenz wird sich über das Jahr 2050 weiter verstärken, da sich zu diesem Zeitpunkt im Fokusgebiet keine stationären Bedingungen eingestellt haben.

Unter diesen Aspekten ist die Realisierung der bisher anvisierten Endwasserstände der Restseen mit Gewässerbewirtschaftung fraglich. Eine Überprüfung, Anpassung und Flexibilisierung der daran gebundenen regionalplanerischen Ausweisungen und Entwicklungsziele ist vor diesem Hintergrund obligatorisch.

Tabelle 7-7: Übersichtstabelle der charakteristischen Kennzahlen

Thema	Referenz-zustand	Szenario 2041-2050			Bewertung
		B1	A1B	A2	
Korrigierter Niederschlag [mm/Jahr]	568	558	548	535	nur geringfügige Verringerung um jeweils etwa 2 %
Potentielle Verdunstung (Turc/Ivanov) [mm/Jahr]	586	663	677	685	Anstieg der potentielle Verdunstung um 15 % infolge des erhöhten Energieangebotes als Indikator der klimatischen Veränderung
Mittlere Grundwasser-neubildung [mm/Jahr]	90	56	45	43	signifikante Verringerung der Grundwasser-neubildung auf nur noch 47 % des bisherigen langjährigen Mittelwertes
Klimatische Wasserbilanz [mm/Jahr]	-18	-105	-129	-150	Verschärfung der klimatischen Wasserbilanz um das 8fache
Grundwasserflurabstand 0-1m in % der Einzugs-gebietsfläche	3,6	3,3	2,9	2,9	Verringerung von Gebieten mit flurnahen Grundwasserständen infolge tiefer liegender Grundwasseroberfläche, stationäre Bedingen 2050 nicht erreicht
Grundwasserflurabstand 0-2m in % der Einzugs-gebietsfläche	3,4	1,8	1,4	1,4	Verringerung von Gebieten mit flurnahen Grundwasserständen infolge tiefer liegender Grundwasseroberfläche, stationäre Bedingen 2050 nicht erreicht
Endwasserspiegelhöhe für den Schladitzer See [m NHN]	104,0	102,5	102,1	102,0	Absinken des Wasserspiegels, Endwasserstand 2050 noch nicht erreicht
Überschusswassermenge [l/s]	3,7	0,0	0,0	0,0	kein Überschusswasser zur Loberbespannung
Endwasserspiegelhöhe für den Werbeliner See [m NHN]	98,0	98,0	98,0	98,0	Wasserspiegel bis 2050 konstant, Endwasserstand wird sich unter +98 einstellen, siehe Überschussmengen
Überschusswassermenge [l/s]	128,3	45,0	15,2	14,0	stark rückläufig, z. T. nur noch 11 % des bisher angesetzten Prognosewertes, prognostisch kein Überschusswasser wahrscheinlich
Mittlerer Abfluss (MQ) Lober Abzweig Rackwitz [l/s]	4,17	0,33	0,17	0,17	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse
Mittlerer Abfluss (MQ) Lober vor Einmündung Schladitzer See [l/s]	5,78	0,67	0,17	0,17	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse
Mittlerer Abfluss (MQ) Lober vor Einmündung Brodauer Ableiter [l/s]	11,7	1,67	0,17	0,17	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse
Mittlerer Abfluss (MQ) Lober Delitzsch Elberitzmühle [l/s]	236,3	118,5	86,5	85,5	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse, bilanzseitig wirksam wird Überschusswasser aus dem Werbeliner See
Mittlerer Abfluss (MQ) Freirodaer Graben [l/s]	0,42	0,0	0,0	0,0	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse
Mittlerer Abfluss (MQ) Mülkaugraben [l/s]	3,22	0,83	0,33	0,17	signifikant geringer MQ infolge fehlender Grundwasserzuflüsse
Mittlerer Abfluss (MQ) Kreumaer Bach [l/s]	0,0	0,0	0,0	0,0	auch im Referenzzustand kein MQ, nur periodische Wasserführung

Für den **Südraum Leipzig** (vgl. Anlage C) sind bereits ab ca. 2040 Häufungen ungünstiger Beeinflussungen insbesondere im Bereich der mittleren Niedrigwasserabflüsse speziell unter sommerlichen Bedingungen zu erwarten, wobei sich die Tendenz bis 2100 weiter verschärfen wird. Signifikant beeinflusst werden voraussichtlich auch Wassergüteentwicklungen (Sulfat- und Eisenbelastungen, Veränderungen im Nährstoffhaushalt, Wärmehaushalt von Tagebauseen und Fließgewässern) in Abhängigkeit von wirksamen, maßgeblich temperatur- und niederschlagsabhängigen Verdünnungseffekten. Der aktive Braunkohlenbergbau und daran gekoppelte industrielle Wasserbedarfsträger werden aus heutiger Sicht gegen 2040 als Einflussfaktoren auslaufen. Alle Entwicklungen zusammengenommen erfordern eine konzertierte Herangehensweise im Gesamteinzugsgebiet der Pleiße, die auf durch weitere Untersuchungen zu verifizierende Wasserbewirtschaftungsmaßnahmen voraussichtlich zwischen Maßnahmen zur Niedrigwasseraufhöhung und zur Sulfatlaststeuerung (ggf. auch durch Überleitungen aus Nachbareinzugsgebieten – Talsperren im Erzgebirge) sowie zur Bewirtschaftung von Speicherlamellen in Tagebauseen angewiesen sein wird. Ausdrücklich wird festgestellt, dass die bisherigen Prognosen und Maßnahmeentscheidungen weitgehend ohne detaillierte Berücksichtigung der aktuellen Klimaprognosen erfolgt sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Arbeit im Fokusgebiet Bergbaufolgelandschaften maßgeblich durch die Schaffung belastbarer Fachgrundlagen für darauf angewiesene formelle und informelle Planungen bestimmt war. Im Rahmen der Expertisen war angesichts des verfügbaren Zeitrahmens und des Umfangs der teils aus dem eigenen Budget bereitgestellten, teils bei Partnern (LMBV mbH) eingeworbenen Mittel nur eine kursorische Bearbeitung der Fragestellungen möglich, die durch weitere Arbeitschritte zu vertiefen ist. Dabei ist in Rechnung zu stellen, dass von einem Erreichen „stationärer Endzustände“ in den Folgelandschaften des Braunkohlenbergbaus realistisch nicht vor 2100 auszugehen ist und bereits in der Vergangenheit wiederholt auch „Negativüberraschungen“ wie

- der Einbruch der Mulde 2002 in Seelhausener und Großen Goitzschesee bei Bitterfeld,
- die Massivität der Auswirkungen von Grundwasseranstieg und Exfiltration sowie
- Wassergüteentwicklung bei Sümpfungswässern aus dem aktiven Tagebau mit dem Erfordernis zur grundhaften Modifizierung des Flutungsregimes seit 2005)

in Erscheinung traten. Dem ist in Zukunft insbesondere durch belastbare Prognosen und zielführende Monitoringaktivitäten entgegenzuwirken.