



Umweltdaten 2012 Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Umweltdaten 2012

Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	<p>Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg Postfach 10 34 39, 70029 Stuttgart www.um.baden-wuerttemberg.de</p> <p>LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe www.lubw.baden-wuerttemberg.de</p>
BEARBEITUNG	<p>LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg Statistisches Landesamt Baden-Württemberg Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg</p>
REDAKTION	<p>LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 21 – Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung</p>
BEZUG	<p>Die Broschüre ist gedruckt oder als Download im PDF-Format kostenlos erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638</p>
ISBN-NUMMER	978-3-88251-370-7
STAND	Oktober 2012
DRUCK	<p>ABT Print und Medien GmbH Weinheim Gedruckt auf Recyclingpapier</p>
BERICHTSUMFANG	164 Seiten
TITELBILD	<p>Flussaue: Klepser, H. / RP Tübingen Industrie: Schoenemann, G. / PIXELIO Wanderfalke: Dannenmayer, H. Autobahn: Linnenbach, M.</p>



Der Nachdruck ist – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Herausgeber mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Natur- und Umweltschutz hat viele Gesichter. Es geht um das Klima, die Reinhaltung der Luft, den Gewässerschutz, die Reduzierung der Lärmbelastung und der Flächeninanspruchnahme, den Erhalt der biologischen Vielfalt und vieles mehr. Es geht um den Schutz unserer Erde, die wir nicht von unseren Eltern geerbt, sondern von unseren Kindern geliehen haben, wie uns schon eine alte Indianerweisheit lehrt.

Und dennoch greifen wir seit Jahrzehnten in eine ausgeglichene, stabile Umweltsituation ein und bringen diese zunehmend aus ihrem Gleichgewicht. Der weltweite CO₂-Ausstoß hat laut Internationaler Energieagentur (IEA) im Jahr 2011 mit 31,6 Milliarden Tonnen ein neues Rekordhoch erreicht – ein Plus von 3,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Damit ist der CO₂-Ausstoß seit 1990 um über 40 Prozent gestiegen. Langfristige Beobachtungen zeigen, dass sich die durchschnittliche Temperatur in Abhängigkeit vom CO₂-Gehalt in der Atmosphäre entwickelt. Steigt der CO₂-Anteil in der Atmosphäre, so steigt auch die Temperatur. Bislang konnte eine Erderwärmung von 0,7 °C ermittelt werden. Parallel beobachten wir einen Anstieg der Meere um drei Millimeter jährlich durch Gletscher- und Eisschmelze.

Wir können unsere Natur und Umwelt nicht auf Dauer über die Maße belasten. Es sind entschiedene Maßnahmen zum Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen notwendig. Umweltdaten sind hierfür eine wichtige Grundlage. Sie ermöglichen uns, das tatsächliche Ausmaß der Umweltinanspruchnahme durch den Menschen einzuschätzen und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten. Umwelt-

daten geben uns auch Informationen über die Wirksamkeit getroffener Maßnahmen und ermöglichen den Entscheidungsträgern in Politik und Verwaltung rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen.

Umweltdaten sind aber ebenso wichtig, um Transparenz für die Wirtschaft und Gesellschaft zu schaffen. Die Menschen in unserem Land brauchen verlässliche Daten, die sie über die Folgen ihres Produktions- und Konsumverhaltens informieren.

Umweltveränderungen wirken langfristig. Wir haben bereits viel erreicht – etwa bei der Luftreinhaltung oder dem Gewässerschutz. Zugleich werden wir aber immer wieder mit neuen Problemstellungen konfrontiert. Wir dürfen uns daher nicht auf Erreichtem ausruhen. Unser Blick richtet sich heute vor allem auch auf die nächste Generation.

Wir müssen das Ganze betrachten und eine nachhaltige Entwicklung im Land vorantreiben, die neben der Ökologie auch das nachhaltige Wirtschaften sowie soziale Aspekte und ihre Wechselwirkungen berücksichtigt. Deshalb werden wir im Rahmen der neuen Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg neben Umweltindikatoren auch Nachhaltigkeitsindikatoren entwickeln und die Ministerien werden Nachhaltigkeitsberichte vorlegen. Als Grundlage werden alle Ministerien in Baden-Württemberg bis Herbst 2013 eine Energiezertifizierung durchführen. Darauf aufbauend ist eine Öko-Auditierung vorgesehen.

Wenn wir eine nachhaltige Entwicklung im Land vorbringen wollen, dann müssen wir Nachhaltigkeit messbar machen. Und wir müssen selbst vorangehen und ein gutes Beispiel geben. Nur so werden wir unsere Bürgerinnen und Bürger und die Unternehmen im Land auf den Weg in eine lebenswerte Zukunft mitnehmen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Franz Untersteller'.

Franz Untersteller MdL

Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
des Landes Baden-Württemberg

Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Umweltbeobachtung durch Datenerhebung und -bewertung ist eine unserer Kernaufgaben in der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Dafür betreiben wir einen erheblichen Aufwand. Die gewonnenen Daten helfen, den Zustand von Natur und Umwelt zu beurteilen und Veränderungen und Trends rechtzeitig zu erkennen. Sie dienen der zeitnahen Information der Bevölkerung und der Beratung von Politik und Verwaltung. Nun schon zum zwölften Mal seit 1979 stellen wir die wichtigsten Daten in komprimierter Form als Umweltdaten des Landes Baden-Württemberg zusammen.

Die Umweltdaten 2012, die wir zusammen mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg herausgeben, enthalten nicht nur Daten zu den klassischen Umweltmedien wie Wasser, Luft, Boden, Natur und Landschaft, sondern auch zu den eher technisch geprägten Themen wie Radioaktivität, elektromagnetische Felder und Lärm. Sie zeigen auf, in welchen Bereichen Baden-Württemberg auf seinem Weg zu einer nachhaltigen, umweltorientierten Entwicklung in den letzten Jahren ein gutes Stück vorangekommen ist. Sie verdeutlichen aber auch, in welchen Bereichen die bisherigen Maßnahmen noch nicht ausreichend greifen und machen deutlich, wo weiterer Handlungsbedarf besteht.

Bei der Gewässergüte unserer Bäche und Flüsse beispielsweise haben wir Erfolge zu verzeichnen. Auch die Luftbelastung durch Schwefeldioxid und Benzol hat abgenommen. Bei den Konzentrationen von Feinstaub und Stickoxiden in der Luft ist ein solcher Trend dagegen nicht

erkennbar. Auch beim Zustand von Fauna und Flora offenbart sich Handlungsbedarf. 40 % der heimischen Tier- und Pflanzenarten sind als gefährdet einzustufen. Im Lärmschutz ist ebenfalls noch kein zufriedenstellender Zustand erreicht.

Einen zusammenfassenden Blick auf verschiedene umweltrelevante Themenfelder erlauben die Umweltindikatoren. An ihnen lässt sich der erfolgreiche Weg Baden-Württembergs beispielsweise zur weiteren Steigerung des Anteils der regenerativen Energieträger am Primärenergieverbrauch ablesen. Die Indikatoren „Primärenergieverbrauch“ und „Endenergieverbrauch privater Haushalte“ stagnieren allerdings. Offenbar reichen die bislang im Bereich der Energieeffizienz eingeleiteten Maßnahmen wie die Gebäudesanierungen noch nicht aus, um den Energieverbrauch insgesamt deutlich zu senken.

Die Umweltdaten 2012 zeigen, dass im Umweltschutz in den vergangenen Jahrzehnten in weiten Teilen Erfolge erzielt werden konnten. Insbesondere die umweltverträgliche Energiewende und der Umgang mit den Auswirkungen und Folgen eines sich verändernden Klimas sind neue Herausforderungen, die es in den nächsten Jahren zu bewältigen gilt.

Wir bedanken uns für die Beiträge, die das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur, das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg sowie das Statistische Landesamt zu den Umweltdaten 2012 beigesteuert haben.



Margareta Barth
Präsidentin der Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg

1	NACHHALTIGES BADEN-WÜRTTEMBERG	7
1.1	Umweltindikatoren	7
1.2	Natürliche Ressourcen	17
1.3	Energieerzeugung und -verbrauch	22
1.4	Umwelt und Wirtschaft	25
2	KLIMA	29
2.1	Emission von Treibhausgasen	29
2.2	Klimawandel und seine Folgen	32
3	LUFT	37
3.1	Erhebung der Emissionen	37
3.2	Immissionsmessnetze und Depositionsmessnetz	39
3.3	Luftverunreinigungen	40
3.4	Depositionen	56
4	BODEN UND ATLASTEN	59
4.1	Daten aus Bodenkartierungen	59
4.2	Moore	61
4.3	Bodendauerbeobachtung	62
4.4	Untersuchungen zu dioxinähnlichen polychlorierten Biphenylen in Böden	64
4.5	Bodenbelastungen mit Arsen	65
4.6	Altlastenbearbeitung	66
5	WASSER	69
5.1	Grundwasser	69
5.2	Zustand der Fließgewässer	76
5.3	Stehende Gewässer	91
5.4	Abwasser	95
5.5	Hydrologie der Oberflächengewässer	99
6	NATUR UND LANDSCHAFT	100
6.1	Flächenschutz	100
6.2	Artenschutz	105
6.3	Europäischer Naturschutz	107
6.4	Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung	110
6.5	Medienübergreifende Umweltbeobachtung	111
6.6	Wald	116

7	LÄRM	120
7.1	Belästigung durch Lärm	121
7.2	Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung	121
7.3	Straßenverkehrslärm	122
7.4	Schienenverkehrslärm	124
7.5	Fluglärm	125
7.6	Anlagenlärm (Industrie und Gewerbe)	127
7.7	Lärm im Wohnumfeld	127
7.8	Kindergärten und Schulen	127
8	ABFALLWIRTSCHAFT	129
8.1	Abfallaufkommen	129
8.2	Entsorgung von Abfällen	131
9	RADIOAKTIVITÄT	134
9.1	Anlagenbezogene Emissionsüberwachung	135
9.2	Anlagenbezogene Immissionsüberwachung	137
9.3	Umweltbezogene Immissionsüberwachung	137
9.4	Strahlenbelastung des Menschen	140
10	ELEKTROMAGNETISCHE FELDER	142
10.1	Hochfrequente Felder	143
10.2	Monitoring hochfrequenter Felder in der Umwelt	144
10.3	Niederfrequente Felder	146
11	ÜBERWACHUNG UND WARNDIENSTE	147
11.1	Kernreaktor-Fernüberwachung	147
11.2	Anlagensicherheit	149
11.3	Marktüberwachung und Verbraucherschutz	151
11.4	Informationsdienst zu Luftschadstoffen	153
11.5	Hochwasservorhersagezentrale	154
11.6	Warn- und Alarmplan Rhein	155
11.7	Sauerstoffreglement Neckar	156
	INFORMATIONSMÖGLICHKEITEN IM INTERNET	157
	LITERATUR	158

1 Nachhaltiges Baden-Württemberg

Das Wichtigste in Kürze

Der **Primärenergieverbrauch** ging mit dem Einbruch der Wirtschaftsleistung in den Jahren 2008/2009 deutlich zurück und stieg 2010 erneut an. Fossile Energieträger wie Steinkohle und Erdgas kamen weniger zum Einsatz, während **erneuerbare Energien** Zuwächse erzielten. Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch hat sich in den letzten zehn Jahren von 2,8 % im Jahr 2000 auf 10,4 % im Jahr 2010 mehr als verdreifacht.

Bioenergie trägt ca. 7,2 % zum gesamten Primärenergieverbrauch Baden-Württembergs bei. Den größten Anteil haben Holz als Brennstoff in Feuerungen sowie die Nutzung von Biodiesel und Pflanzenöl. Rund 2,5 Mio. m³ Holz werden derzeit in Baden-Württemberg als Scheitholz, Pellets und Hackschnitzel energetisch verwertet. Das sind rund ein Viertel des gesamten Holzeinschlages. Für die Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in Biogas stehen in Baden-Württemberg rund 800 Anlagen zur Verfügung.

Der **Flächenverbrauch** sinkt weiter. Im Jahr 2011 hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche täglich um 6,3 ha zugenommen, dies ist der geringste Wert seit den ersten statistischen Erfassungen in den 1950er Jahren. Bei nur wenig bis moderat steigenden Bevölkerungszahlen findet dennoch weiterhin eine Entdichtung auf der Siedlungs- und Verkehrsfläche statt.

Die **wirtschaftliche Bedeutung** des Umweltschutzes zeigen unter anderem die wachsenden **Umsätze**, die Unternehmen in Baden-Württemberg mit Waren-, Bau- und Dienstleistungen im Bereich des Klimaschutzes erwirtschaften. Sie haben sich seit 2006 nahezu verdreifacht.

Bürgerschaftlicher und kooperativer **Klimaschutz vor Ort** ist an der schnell wachsenden Zahl von Bürger- und Gemeinschaftsolaranlagen abzulesen. Allein im Jahr 2011 kamen 42 neu gegründete Energiegenossenschaften hinzu, sodass Ende 2011 in Baden-Württemberg 98 Energiegenossenschaften bestanden.

Seit Anfang 2007 bietet die Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg eine Plattform, die das Leitbild der Nachhaltigkeit konkret in die Praxis umsetzt und mit Leben füllt. Das Prinzip der Nachhaltigkeit ist mit vielen Projekten in der Bevölkerung verankert worden, um durch eine konsequente Dialogorientierung und die Partizipation aller Akteure Innovationsprozesse zu beschleunigen. Mit dem Kabinettsbeschluss vom 13.12.2011 ist die Nachhaltigkeitsstrategie neu aufgelegt worden. Neben konkreten Maßnahmen zur Umsetzung von Nachhaltigkeit in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft wurde ein strategischer Rahmen für die nachhaltige Entwicklung im Land beschlossen. Nachhaltigkeit soll zukünftig anhand von Zielen und Indikatoren messbar und auch nachprüfbar sein. Das Land wird deshalb in einem partizipativen Prozess Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung festlegen. Diese werden neben Umweltdaten auch ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigen. Darauf aufbauend sollen in einem Turnus von zwei Jahren Indikatorenberichte der Landesregierung veröffentlicht werden. Mit den hier dargestellten objektiven Kenngrößen werden Informationen verdichtet und so Entwicklungen und Trends sichtbar gemacht. Damit werden die zukünftigen Berichte eine geeignete Informationsbasis für Entscheidungsträger bieten.

1.1 Umweltindikatoren

Umweltindikatoren führen die vielfältigen Facetten der Umwelt und des Umweltschutzes zusammen. Sie erfassen, beschreiben und bewerten komplexe Sachverhalte. Dadurch können Erfolge dokumentiert bzw. Defizite aufgezeigt werden und es wird sichtbar, in welchen Bereichen Handlungsbedarf besteht.

Entwickelt und gepflegt werden die Indikatoren von der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI), einer Arbeitsgemeinschaft von Umweltfachbehörden der Länder und des Bundes (www.liki.nrw.de). LIKI arbeitet im Auftrag der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“ (BLAG KliNa) der Umweltministerien. Hierbei wird sie vom Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder (AK UGRdL) unterstützt, der z. B. Daten bereitstellt und statistische Analysen durchführt. Erfahrungen mit den Indikatoren werden regelmäßig der Umweltministerkonferenz (UMK) berichtet.

Für Baden-Württemberg wird auf dieser Grundlage jährlich in Zusammenarbeit mit dem Statistischem Landesamt Baden-Württemberg (StaLa BW) und der LUBW das Faltblatt „Daten zur Umwelt – Umweltindikatoren Baden-Württemberg“ mit ausgewählten Umweltdaten und -indikatoren publiziert.

Die mit den Umweltdaten 2012 vorgestellten Indikatoren sind als 10-jährige Trendlinien dargestellt und gehen auf die Themenbereiche Klima und Energie, Natur und Landschaft, Umwelt und Verkehr sowie Ressourcen und Effizienz ein. Die Trendlinien werden bewertet (Tab. 1.1-1) und, wenn auf Grund der Datenverfügbarkeit und -vergleichbar-

keit möglich, den Werten aus den anderen Bundesländern gegenübergestellt. Hierfür werden aus der jeweiligen Rangfolge der Bundesländer die mittleren Werte ausgewählt und in den Abbildungen als blaue Fläche dargestellt. Extremwerte in den oberen oder unteren Bereichen werden nicht abgebildet.

Tab. 1.1-1: Trendentwicklung der Umweltindikatoren in Baden-Württemberg. Stand: 2012

Trendentwicklung	Umweltindikatoren	
 positive Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil regenerativer Energien • Kohlendioxidemissionen • Kohlendioxidemissionen des Verkehrs • Saprobieller Zustand der Gewässer • Naturschutzflächen • Öffentlicher Personennahverkehr • Luftverunreinigungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitratgehalt des Grundwassers • Flächenverbrauch • Rohstoffproduktivität • Abfallaufkommen • Ökologische Landwirtschaft • Umweltmanagement
 gleichbleibende Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Primärenergieverbrauch • Endenergieverbrauch privater Haushalte • Waldzustand 	<ul style="list-style-type: none"> • Güterverkehrsleistung • Energieproduktivität
 negative Entwicklung	keine Indikatoren	
keine Tendaussage möglich	<ul style="list-style-type: none"> • Phänologische Veränderungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Lärm

1.1.1 Klima und Energie

Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch

Durch die Umstellung auf regenerative Energieträger können der Ausstoß von Treibhausgasen reduziert und die Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern gesenkt werden.

Ziel: Die regenerativen Energien nehmen in Baden-Württemberg eine immer größere Rolle ein. Unter anderem sollen bis zum Jahr 2020 rund 38 % des Stroms aus erneuerbaren Energien stammen [UM 2012].

Bewertung: Der Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch hat stark zugenommen und liegt im Jahr 2010 in Baden-Württemberg bei 10,4 %. Insgesamt hat sich der Anteil regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch in den letzten zehn Jahren mehr als verdreifacht.

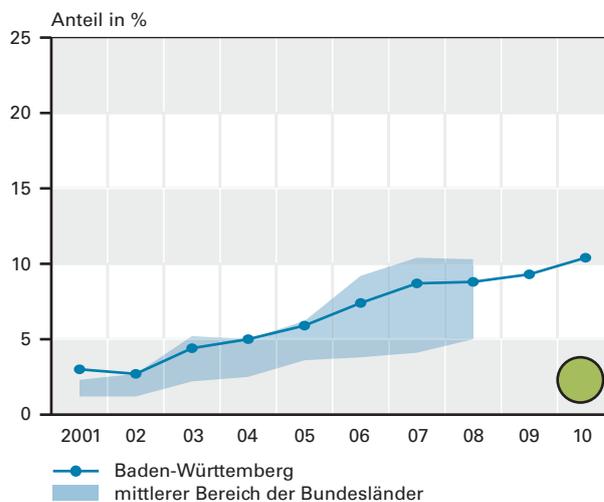


Abb. 1.1-1: Anteil regenerativer Energie am Primärenergieverbrauch in Prozent. Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Primärenergieverbrauch

Die Bereitstellung von Energie ist mit erheblichen Umweltbelastungen wie Schadstoff- und Treibhausgasemissionen, Boden- und Gewässerbelastung, Ressourcenverbrauch und radioaktivem Abfall verbunden.

Ziel: Der Primärenergieverbrauch soll in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020 merklich gesenkt werden [LUBW, STA LA 2011].

Bewertung: Der Primärenergieverbrauch erreichte 2006 mit 158 Gigajoule pro Einwohner und Jahr ein Maximum. Seither ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Die statistische Bewertung der letzten zehn Jahre zeigt jedoch keine eindeutig positive Entwicklung.

Kohlendioxidemissionen

Die Kohlendioxidemissionen aus der Energieerzeugung tragen wesentlich zum anthropogenen Treibhauseffekt und dem damit einhergehenden Klimawandel bei.

Ziel: Die Kohlendioxidemissionen sollen in Baden-Württemberg bis 2050 gegenüber dem Niveau von 1990 um rund 90 % reduziert werden [REGIERUNGSERKLÄRUNG 2011].

Bewertung: In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2010 durch die Energieerzeugung insgesamt rund 67 Mio. t Kohlendioxid emittiert. Pro Einwohner sind die Kohlendioxidemissionen in Baden-Württemberg in den letzten zehn Jahren mit witterungs- und konjunkturbedingten Schwankungen auf 6,3 t pro Einwohner im Jahr 2010 gesunken.

Endenergieverbrauch privater Haushalte

Rund 70 % der von Haushalten verbrauchten Endenergie dient zum Heizen, wobei der Anteil der vorwiegend mit Heizöl beheizten Wohnungen in Baden-Württemberg mehr als 40 % beträgt [STA LA 2009]. Der Endenergieverbrauch privater Haushalte hat erheblichen Anteil an den energiebedingten Kohlendioxidemissionen.

Ziel: Das Land Baden-Württemberg sieht in Haushalten erhebliche Energieeinsparpotenziale [UM 2011].

Bewertung: Der Endenergieverbrauch privater Haushalte lag im Jahr 2007 vergleichsweise niedrig, stieg in den folgenden Jahren jedoch wieder deutlich an, allerdings ohne das Niveau von 2006 zu erreichen.

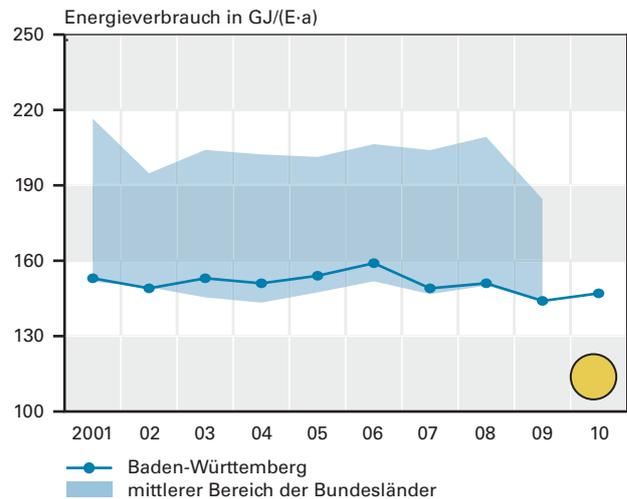


Abb. 1.1-2: Primärenergieverbrauch in Gigajoule (10^9 Joule) pro Einwohner und Jahr (GJ/(E-a)). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

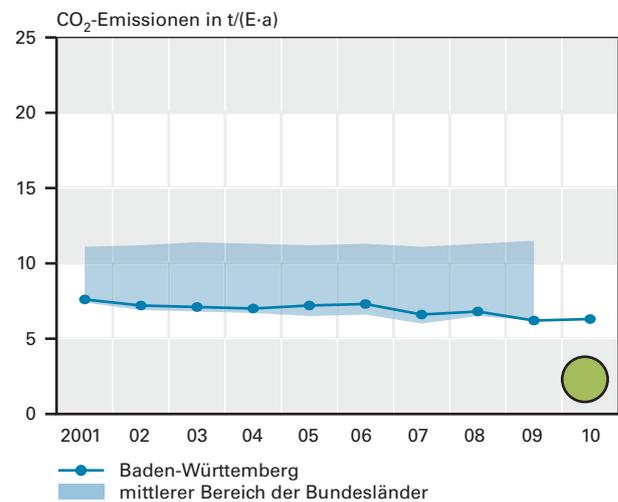


Abb. 1.1-3: Energiebedingte Kohlendioxidemissionen in Tonnen pro Einwohner und Jahr (t/(E-a)). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

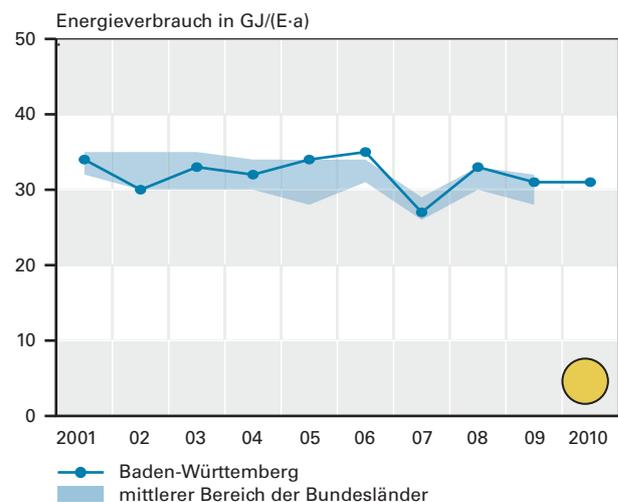


Abb. 1.1-4: Endenergieverbrauch des Sektors „private Haushalte“ in Gigajoule (10^9 Joule) pro Einwohner und Jahr (GJ/(E-a)). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Kohlendioxidemissionen des Verkehrs

Der Verkehr trägt mit rund 30 % zu den Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) in Baden-Württemberg bei. Innerhalb der Verkehrsemissionen kommt dem Straßenverkehr ein Anteil von über 90 % zu.

Ziel: Das Treibhausgasminderungsziel 2020 für Baden-Württemberg beträgt im Bereich Verkehr -27 % gegenüber 1990 [UVM 2011].

Bewertung: Kohlendioxid hat mit ca. 90 % den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen des Verkehrs. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2010 insgesamt 21,5 Mio. t Kohlendioxid vom Verkehr verursacht. Dies entspricht 2 t/(E·a).

In den letzten zehn Jahren zeigen die Kohlendioxidemissionen des Verkehrs einen Rückgang um etwa 14 %. Der sinkende durchschnittliche Kraftstoffverbrauch wird teilweise durch steigende Fahrleistungen insbesondere beim Lkw-Verkehr kompensiert.

Phänologische Veränderungen

Beginn und Ende pflanzlicher Entwicklungsphasen, wie Blattaustrieb, Blüte oder Blattfall, sind von Witterung und Klima abhängig. Aus der Veränderung von phänologischen Phasen können vor allem Temperaturveränderungen abgelesen werden. Der Beginn der Apfelblüte dient als Anzeiger des Eintritts des Vollfrühlings, zusätzlich wird die Veränderung der Dauer der gesamten Vegetationsperiode abgebildet.

Ziel: Die Bundesregierung hält an dem Ziel, den globalen Temperaturanstieg auf 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, fest, damit die Auswirkungen des Klimawandels beherrschbar bleiben [Bundesregierung 2012].

Bewertung: Die vorliegenden 30-jährigen Trends zeigen eine stetige Vorverlegung des Beginns der Apfelblüte sowie eine stetige Verlängerung der Vegetationsperiode.

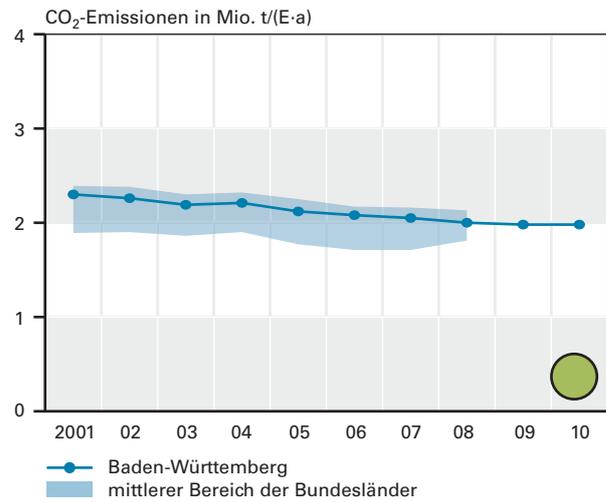


Abb. 1.1-5: Jährlich emittierte Menge an Kohlendioxid durch Straßen-, Luft-, Schienen- und Binnenschiffsverkehr in Millionen Tonnen pro Einwohner und Jahr (t/(E·a)). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

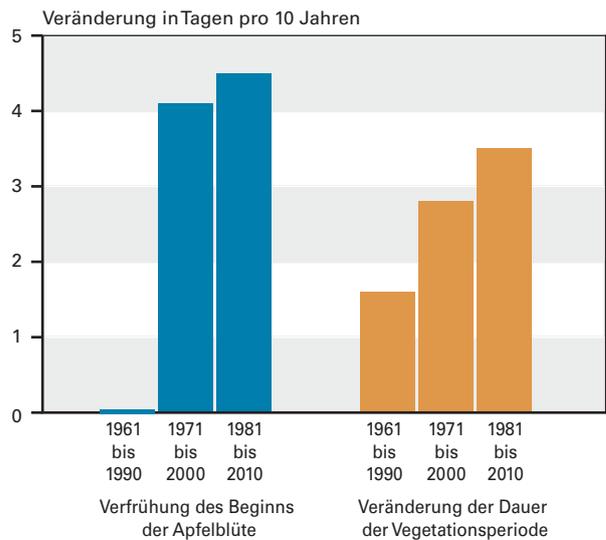


Abb. 1.1-6: Veränderung des Beginns der Apfelblüte und Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode jeweils in Tagen pro zehn Jahren [d/10a]. Quelle: LIKI. Stand: 2012

1.1.2 Natur und Landschaft

Saprobieller Zustand der Gewässer

Der saprobielle Zustand, der mit Hilfe von überwiegend auf dem Gewässergrund lebenden Organismen bestimmt wird, indiziert die Belastung der Fließgewässer mit leicht abbaubaren organischen Stoffen und den daraus resultierenden Sauerstoffgehalt.

Ziel: Die saprobielle Zustandsklasse 2 (gut) oder besser soll bei allen Fließgewässern erreicht werden. Dies ist neben morphologischen, hydrologischen und chemischen Güteparametern eine Voraussetzung, um den laut EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderten guten ökologischen Zustand zu erzielen.

Bewertung: Knapp 90 % der Untersuchungsstellen haben den guten saprobiellen Zustand oder besser erreicht. Der Grund hierfür ist die verbesserte Abwasserreinigung und Regenwasserbehandlung.

Waldzustand

Ein gesunder Wald ist für den Naturhaushalt und eine nachhaltige Rohstoffversorgung von großer Bedeutung. Für die Schadstufenermittlung werden der Nadel- bzw. Blattverlust mit dem Kronenzustand zu einer Kombinationsschadstufe zusammengefasst.

Ziel: Die Wälder sollen möglichst geringe Schädigungen aufweisen. Die Kombinationsschadstufen 2 und schlechter sollten nicht belegt sein. Die Schadstufe 0 wird als Idealzustand, die Schadstufe 1 als Vorwarnstufe angesehen.

Bewertung: Nach der deutlichen Zunahme an Kronenschäden in den Jahren nach dem „Jahrhundertsommer“ 2003 ist seit dem Jahr 2007 eine Erholung des Kronenzustands der Bäume in Baden-Württemberg zu erkennen. Der zwischenzeitliche Anstieg im Jahr 2009 hängt im Wesentlichen mit der physiologischen Belastung der Bäume durch eine starke Blüh- und Fruchtintensität zusammen [FVA 2011]. Im Jahr 2011 waren 33 % der Waldbäume deutlich geschädigt.

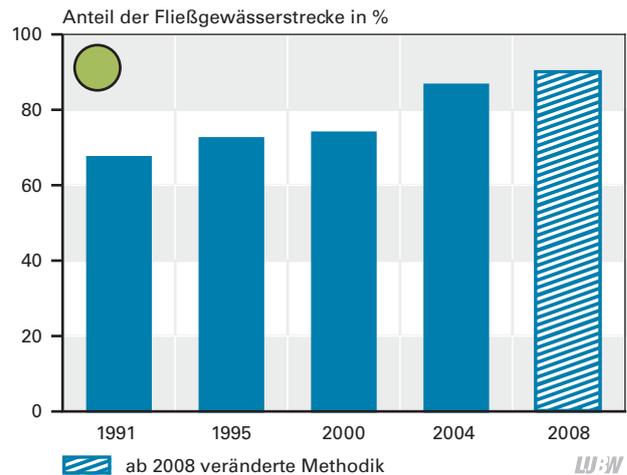


Abb. 1.1-7: Anteil der Fließgewässerstrecke, die die saprobielle Zustandsklasse 2 oder besser erreicht hat, in Prozent. Ab 2008 Änderung in der Methodik, jetzt biologisches Monitoring nach Saprobie-Modul der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG). Stand: 2012

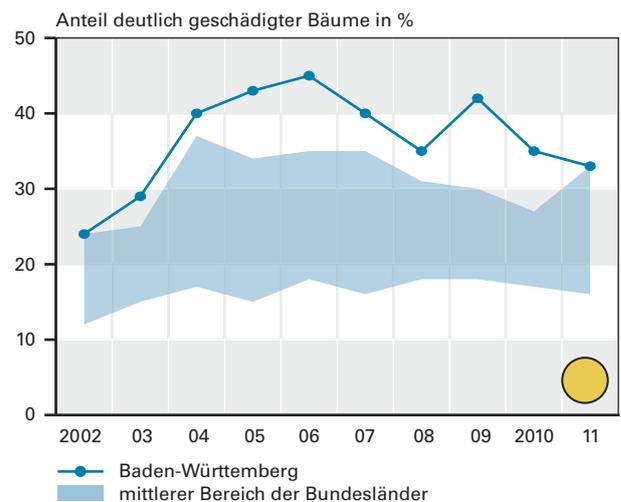


Abb. 1.1-8: Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Stufe 2 („mittelstark geschädigt“) und höher in Prozent. Quelle: LIKI. Stand: 2012

Naturschutzflächen

Um die biologische Vielfalt nachhaltig zu sichern, müssen ausreichend große Flächen zur Verfügung stehen, auf denen sich die Natur ohne belastende Eingriffe des Menschen entfalten kann.

Ziel: Es sollen weiterhin besonders wertvolle und schutzbedürftige Flächen als Naturschutzgebiete ausgewiesen werden [UM 2007].

Bewertung: Der Anteil der Naturschutzflächen an der Landesfläche beträgt 3,4 %. Er hat sich seit 1991 stetig erhöht. Die Ausweisung des Biosphärengebiets auf der Schwäbischen Alb ergab 2008 eine Steigerung um einen Prozentpunkt.

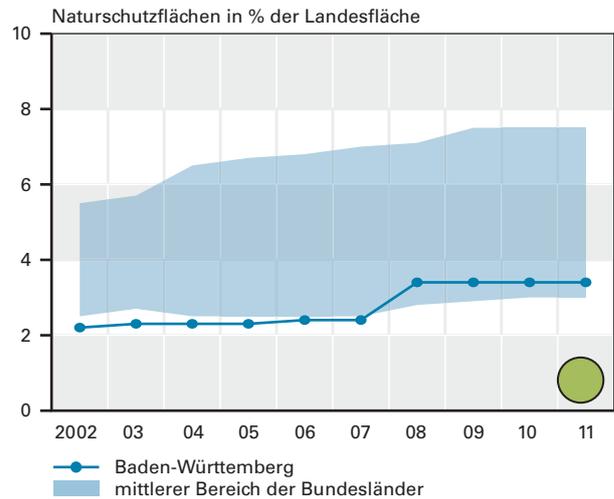


Abb. 1.1-9: Anteil der bundeseinheitlich nach Naturschutzrecht streng geschützten Gebiete (Naturschutzgebiete, Kern- und Pflegezonen der Nationalparke und des Biosphärenreservates) an der Landesfläche in Prozent. Quelle: LIKI. Stand: 2012

1.1.3 Umwelt und Verkehr

Güterverkehrsleistung

Der Transport von Gütern auf der Schiene oder mit Binnenschiffen führt bei gleicher Transportleistung zu geringeren Umweltbelastungen als der Transport auf der Straße.

Ziel: Auf Bundesebene wird die Verdoppelung der Güterverkehrsleistung der Schiene – bezogen auf das Jahr 1997 – bis zum Jahr 2015 angestrebt, bei gleichzeitiger Steigerung der Binnenschifffahrt um rund 40 % [BUNDESREGIERUNG 2012].

Bewertung: Der Anteil des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs liegt bei insgesamt steigender Güterverkehrsleistung bei rund 22 %. Die Verkehrsleistung auf der Schiene steigerte sich gegenüber 1997 um 50 %, während die Binnenschifffahrt einen rückläufigen Anteil zu verzeichnen hat.

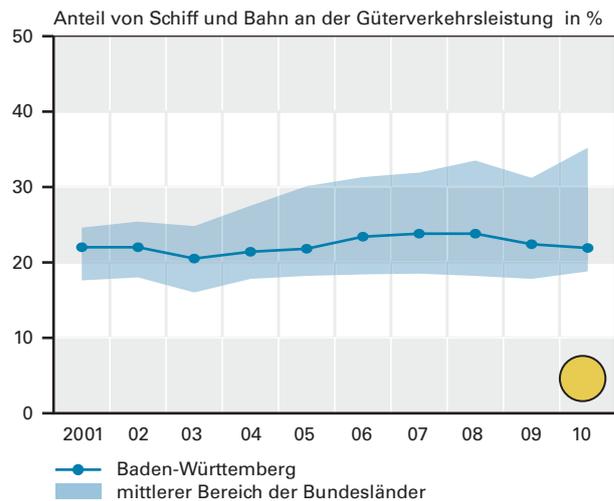


Abb. 1.1-10: Anteil des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs an der Güterverkehrsleistung in Prozent. Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Öffentlicher Personennahverkehr

Die vermehrte Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs ist Hinweis auf die Substitution des motorisierten Individualverkehrs und die mit diesem einhergehenden Umweltbelastungen.

Ziel: Der Nahverkehr soll als notwendige Alternative zum Individualverkehr gefördert und weiterentwickelt werden [MVI 2012].

Bewertung: Von 2004 bis 2008 stieg die Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs um 12 % auf ca. 1 200 Pkm/(E·a). Obwohl in den folgenden zwei Jahren ein leichter Rückgang um 2 % auf 1 182 Pkm/(E·a) festzustellen war, signalisieren die statistischen Berechnungen für die Zeitreihe von 2004 bis 2010 einen positiven Trend.

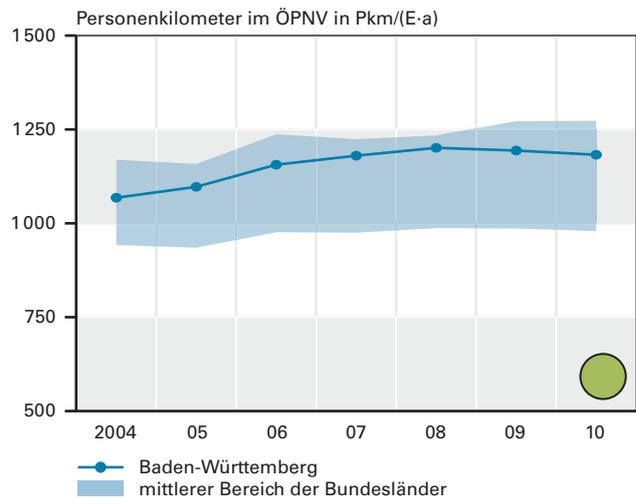


Abb. 1.1-11: Personenkilometer pro Einwohner und Jahr (Pkm/(E·a)) im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Lärm

Bei Dauerbelastungen oberhalb von 65 dB(A) am Tag (L_{DEN}) und 55 dB(A) während der Nacht (L_{Night}) besteht ein höheres gesundheitliches Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Bluthochdruck.

Ziel: Laut der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm sollen vorhandene Belastungen gesenkt und ruhige Gebiete vor Verlärmung geschützt werden.

Bewertung: Im Vergleich mit den anderen Bundesländern sind in Baden-Württemberg weniger Menschen durch Dauerlärm belastet.

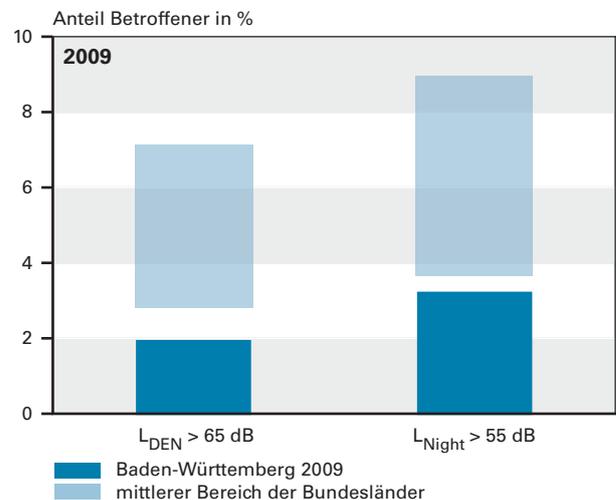


Abb. 1.1-12: Anteil Betroffener von Lärm-Dauerbelastungen am Tag (L_{DEN}) und in der Nacht (L_{Night}) in Prozent der Gesamtbevölkerung im Jahr 2009. Quelle: LIKI. Stand: 2012

Luftverunreinigungen

Hauptquelle für das gesundheitsschädigende Stickstoffdioxid (NO_2) ist der Straßenverkehr. Daneben spielen industrielle Feuerungen und vor allem in der kalten Jahreszeit auch Emissionen aus Hausheizungen eine Rolle.

Ziel: Ziel ist die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes für Stickstoffdioxid nach der 39. Bundes-Immissionschutzverordnung (BImSchV) von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel.

Bewertung: In den letzten zehn Jahren sind die Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid leicht rückläufig, sodass insgesamt von einem positiven Trend gesprochen werden kann. In Verkehrsnähe wird jedoch der Grenzwert noch deutlich überschritten.

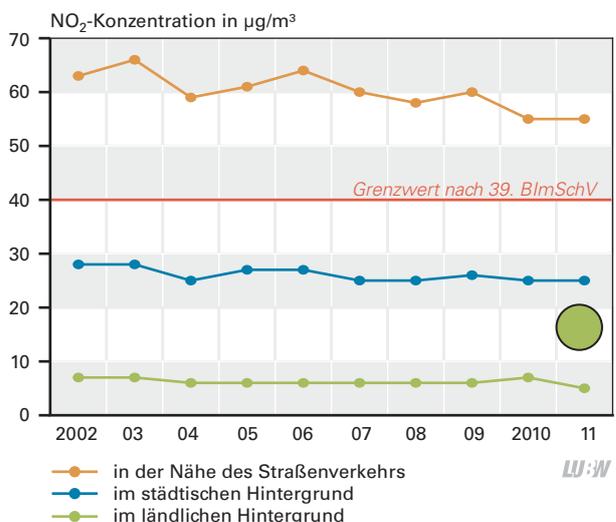


Abb. 1.1-13: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in Mikrogramm pro Kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stand: 2012

Nitratgehalt des Grundwassers

Etwa die Hälfte des Trinkwassers in Baden-Württemberg wird dem Grundwasser entnommen. Stickstoff aus der landwirtschaftlichen Düngung kann im Grundwasser erhöhte gesundheitsschädliche Nitratgehalte verursachen.

Ziel: Laut Grundwasserverordnung ist der chemische Zustand eines Grundwasserkörpers gut, wenn die Nitratkonzentration von 50 mg/l nicht überschritten wird. Flächendeckend soll eine hohe Grundwasserqualität sichergestellt werden [UM 2007].

Bewertung: Der Anteil der Messstellen mit einer Nitratkonzentration über 50 mg/l liegt im Jahr 2010 bei 6,3 %. Seit 2002 ging der Anteil der Messstellen mit einer Belastung über 50 mg/l um 37 % zurück.

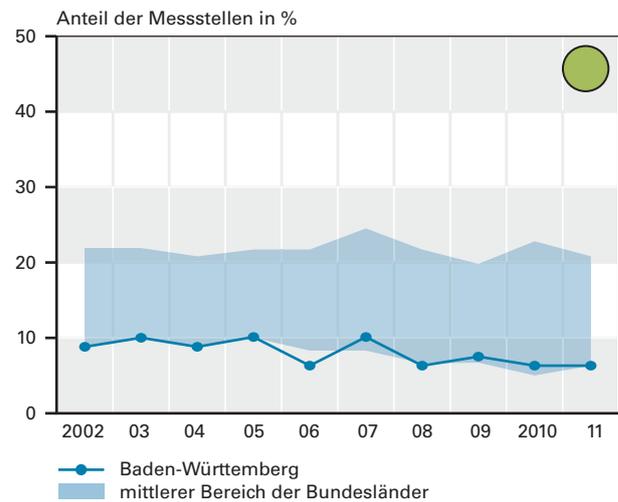


Abb. 1.1-14: Anteil der Messstellen mit einem Nitratgehalt über 50 Milligramm pro Liter (mg/l). Quelle: LIKI. Stand: 2012

1.1.4 Ressourcen und Effizienz

Rohstoffproduktivität

Die Gewinnung oder Nutzung von nicht erneuerbaren Rohstoffen ist endlich und mit Umweltbelastungen und Schadstoffemissionen verbunden. Die Rohstoffproduktivität gibt das Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Verbrauch von nicht erneuerbaren Rohstoffen an.

Ziel: Gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland wird eine Verdopplung der Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber dem Bezugsjahr 1994 angestrebt. In Baden-Württemberg soll die Ressourcenproduktivität, die den Verbrauch an Energie, Wasser und Fläche mit berücksichtigt, im gleichen Zeitraum verdoppelt werden [UM 2007].

Bewertung: Die Rohstoffproduktivität liegt 2009 für Baden-Württemberg bei 2 700 €/t und damit besser als im Bundesdurchschnitt (2 000 €/t). Bis zu dem Ziel einer Verdopplung der Ressourcenproduktivität im Jahr 2020 sind allerdings noch deutliche Steigerungen nötig, zumal die rein quantitative Darstellung in €/t die spezifische Knappheit einzelner kritischer Stoffe nicht erfasst. Der hohe Wert der Rohstoffproduktivität 2009 zeigt, dass der Rohstoffverbrauch stärker zurückgegangen ist als das BIP.

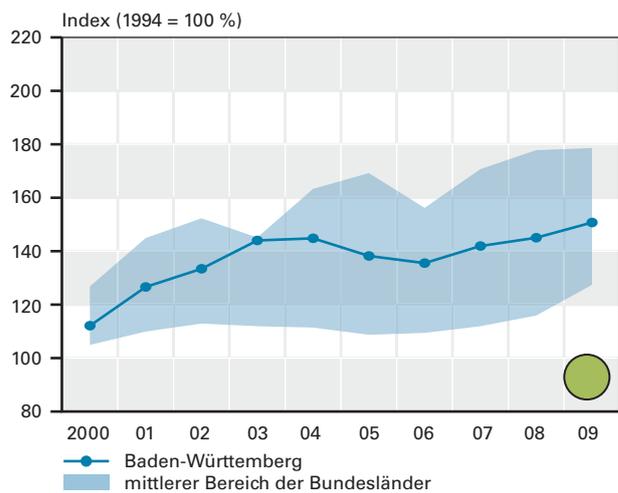


Abb. 1.1-15: Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zur Inanspruchnahme von nicht erneuerbaren Rohstoffen (z. B. Kohle, Erdöl, Erze, Mineralien) in 1 000 Euro pro Tonne (€/t), dargestellt als Index mit dem Basisjahr 1994. Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Flächenverbrauch

Mit der Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke werden Lebensräume ebenso wie die Funktionen des Bodens beeinträchtigt.

Ziel: Das langfristige Ziel ist die Netto-Null beim Flächenverbrauch. Hierbei sollen bis 2016 deutliche Erfolge erzielt werden [KOALITIONSVERTRAG 2011].

Bewertung: Mit einem Anteil von 14,2 % Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche zeigt Baden-Württemberg im Ländervergleich einen durchschnittlichen Anteil bei einer über dem Durchschnitt liegenden Bevölkerungsdichte.

Der Flächenverbrauch liegt im Jahr 2011 bei 6,3 ha/d. Dies ist der geringste Wert seit den ersten statistischen Erfassungen in den 1950er Jahren.

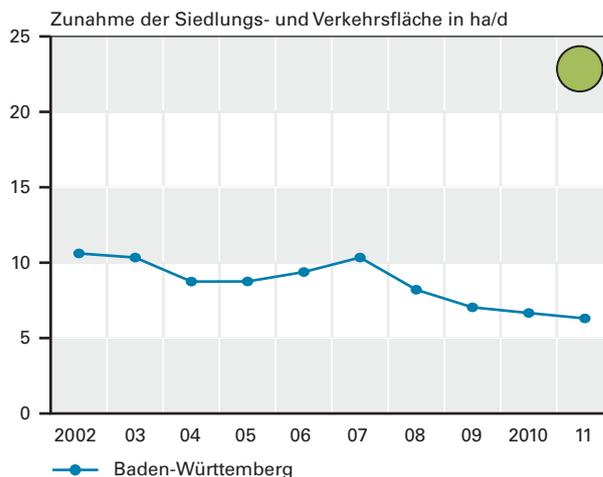


Abb. 1.1-16: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Hektar pro Tag (ha/d). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Energieproduktivität

Die Energieproduktivität stellt ein Maß für die Effizienz der Energieverwendung dar. Sie zeigt, wie viel Euro wirtschaftlicher Leistung pro Einheit Primärenergie erzeugt wird.

Ziel: Die Energieproduktivität soll in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2020 deutlich steigen [LUBW, STA LA 2011].

Bewertung: Die als Index angegebene Entwicklung der Energieproduktivität liegt in Baden-Württemberg im Vergleich mit den anderen Bundesländern eher niedrig, da Baden-Württemberg 1991 bereits ein vergleichsweise hohes Niveau der Energieproduktivität erreicht hatte.

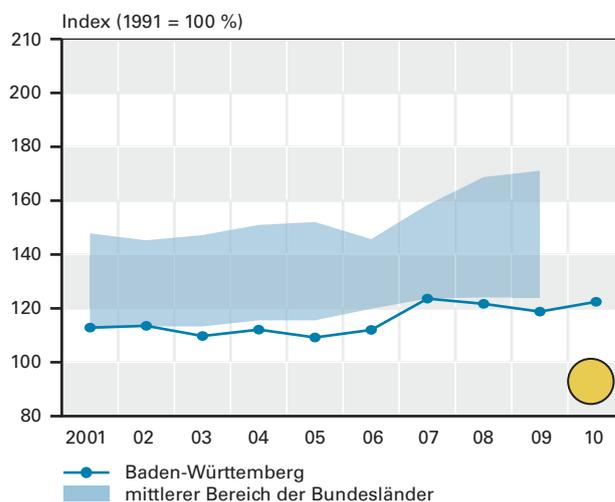


Abb. 1.1-17: Energieproduktivität: Bruttoinlandsprodukt pro Einheit Primärenergieverbrauch als Index (1991 = 100 %). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Abfallaufkommen

Ein hoher Verbrauch von Rohstoffen und Energie kann zu Ressourcenmangel führen. Die Entsorgung von Abfällen ist mit hohen Kosten und Umweltbelastungen verbunden. Der Indikator beschreibt den Entsorgungsbedarf.

Ziel: Der Gedanke der Ressourcenschonung ist bei der Behandlung von Abfällen zu stärken [UM 2007].

Bewertung: Das Aufkommen von Haus- und Sperrmüll (ohne Wertstoffe und Biomüll) in Baden-Württemberg ist mit 144 kg/(E·a) als niedrig einzustufen. Seit Jahren nehmen die Abfallmengen geringfügig ab. Der recycelbare Anteil des Haus- und Sperrmülls wird über die seit Jahren praktizierte Mülltrennung der Wiederverwertung zugeführt.

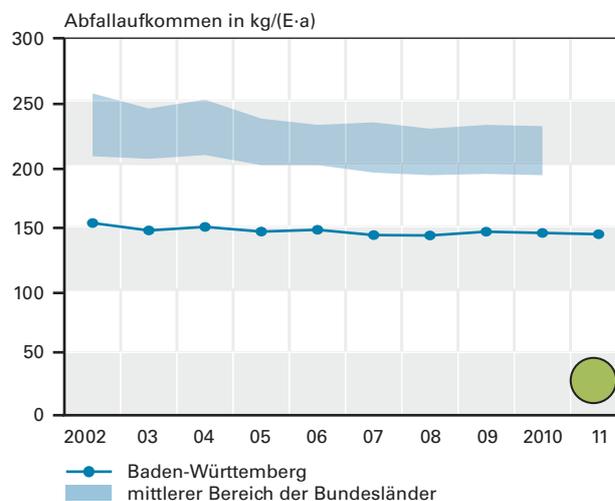


Abb. 1.1-18: Aufkommen von Haus- und Sperrmüll (ohne Wertstoffe und Biomüll) in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/(E·a)). Quellen: LIKI, StaLa BW. Stand: 2012

Ökologische Landwirtschaft

Ökologische Landwirtschaft erhält und schont die natürlichen Ressourcen in besonderem Maße. Zu den Anbauregeln gehören insbesondere möglichst geschlossene Betriebskreisläufe, der Verzicht auf leicht lösliche mineralische Düngemittel und synthetische Pflanzenschutzmittel.

Ziel: Zusätzlich zu der im Jahr 2011 bereits ökologisch bewirtschafteten Fläche von 112 567 Hektar sollen bis 2020 45 000 Hektar der Anbaufläche auf ökologischen Anbau umgestellt werden [UVM 2011].

Bewertung: In Baden-Württemberg arbeiten ca. 6 000 Betriebe nach ökologischen Prinzipien. Der Anteil der ökologisch bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche nimmt stetig zu.

Umweltmanagement

EMAS-zertifizierte Unternehmen und Organisationen verpflichten sich, den betrieblichen Umweltschutz zu verbessern.

Ziel: Die Europäische Kommission strebt an, die Zahl der EMAS-Teilnehmer EU-weit auf der Basis von 2011 mit 4 500 Unternehmen und Organisationen bis in fünf Jahren auf 23 000 zu erhöhen [UBA 2011].

Bewertung: In Deutschland waren im September 2011 1 258 Unternehmen und Organisationen mit 1 889 Standorten im deutschen EMAS-Register geführt [UBA 2011]. Davon sind 401 in Baden-Württemberg angesiedelt. Abgeleitet von bundesweiten Angaben wird für Baden-Württemberg zudem eine Zahl von ca. 930 Betrieben geschätzt, die eine Zertifizierung anhand eines Umweltmanagementsystems auf Grundlage der ISO 14001-Norm besitzen.

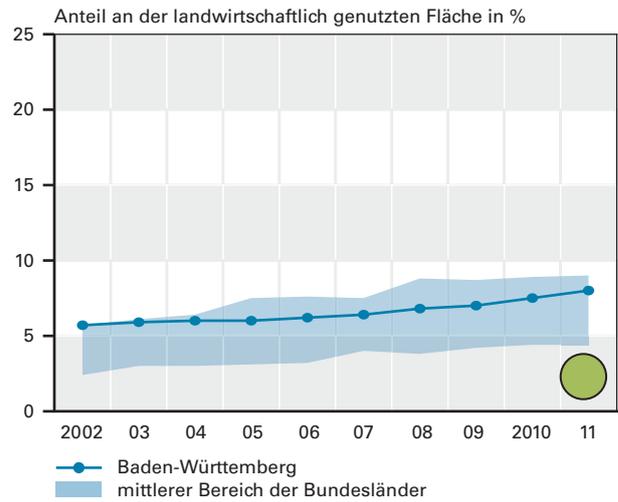


Abb. 1.1-19: Anteil der Flächen mit ökologischer Landwirtschaft nach EG-Öko-Verordnung an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in Prozent. Quelle: LIKI. Stand: 2012



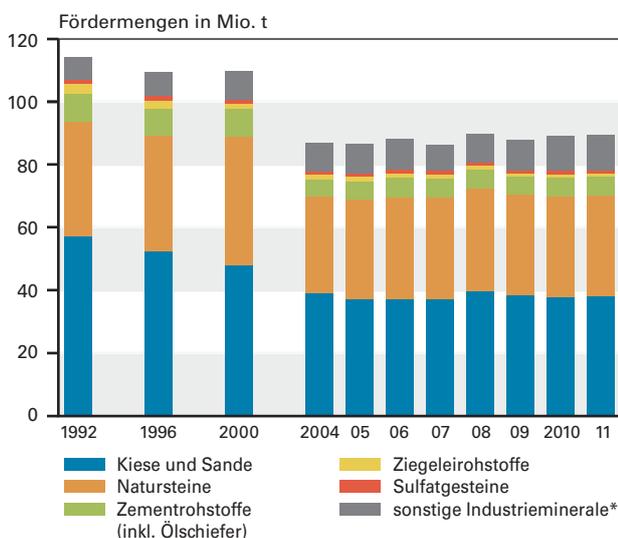
Abb. 1.1-20: Anzahl von EMAS-zertifizierten Betrieben und Organisationen. Quelle: EMAS-Register. Stand: 2012

1.2 Natürliche Ressourcen

1.2.1 Nicht erneuerbare Rohstoffe

Nicht erneuerbare Rohstoffe sind mineralische Rohstoffe wie Fest- und Lockergesteine, Salze und Metallerze sowie die fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle. In Baden-Württemberg werden vor allem die mineralischen Rohstoffe Kiese und Sande, Zement- und Ziegeleirohstoffe sowie Natursteine gewonnen (Abb. 1.2-1). Die Gesamtförderung mineralischer Rohstoffe beträgt in Baden-Württemberg durchschnittlich rund 88 Mio. Tonnen pro Jahr (t/a). Hier liegt der Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2011 zugrunde. Im Jahr 2011 wurden in Baden-Württemberg 91 Mio. t mineralische Rohstoffe gefördert, wovon 81 Mio. t zu vielfältigen Produkten verarbeitet wurden. Die Aufbereitungsrückstände belaufen sich auf ca. 10 Mio. t. Haupteinsatzbereiche sind Hoch- und Tiefbau, Straßenbau, Landwirtschaft und Umweltschutz sowie die chemische Industrie. Nach Daten des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) werden zwei Drittel der im Land benötigten Rohstoffe verbraucher-nah gewonnen. Der Abbau erfolgt in 514 Gewinnungsstellen, die relativ gleichmäßig über die ganze Landesfläche verteilt liegen [LGRB 2006; LGRB in Vorbereitung] (www.lgrb.uni-freiburg.de > Fachbereiche > Rohstoffgeologie).

Der Verbrauch von nicht erneuerbaren abiotischen Rohstoffen in Baden-Württemberg ist seit 2007 rückläufig und betrug 2009 ca. 124 Mio. t (Abb. 1.2-2). Der Anteil der Einfuhren aus dem Ausland steigerte sich seit 1999 um zehn Prozentpunkte auf 33,1 %.



*Hochreine Kalksteine, Steinsalz/Sole und Fluss-/Schwerspat

Abb. 1.2-1: Fördermengen von mineralischen Rohstoffen in Baden-Württemberg seit 1992. Quelle: LGRB. Stand: 2012

1.2.2 Nutzung von Biomasse als Rohstoff

Holz für die stoffliche und energetische Nutzung

Basis der Holzvorräte in Baden-Württemberg ist die hohe Zuwachsleistung. Im Durchschnitt wachsen pro Hektar und Jahr 13 Kubikmeter (m³) Holz. Dieser Zuwachs an Holz war in der Summe stets höher als Nutzung und Verluste.

Der Holzeinschlag in Baden-Württemberg (Gesamtwald) lag im Forstwirtschaftsjahr 2010 bei 8 Mio. m³. Davon waren 1,9 Mio. m³ (23,8 %) Brennholz und nicht verwertbares Stamm- und Astholz (Abb. 1.2-3).

Rund 2 Mio. m³ Holz werden derzeit in Baden-Württemberg in unterschiedlichen Aufarbeitungsformen (Scheitholz, Pellets, Hackschnitzel) energetisch verwertet. Nach einer Untersuchung der Landesforstverwaltung könnte allein die Energieholznutzung beim Waldholz um eine weitere Mio. m³ ausgeweitet werden. Gemeinsam mit Sägestoff-, Landschaftspflege- und Altholz stünden jährlich insgesamt 3,5 Mio. m³ als zusätzliche Energieholzmenge langfristig zur Verfügung.

Das theoretische Waldenergiepotenzial lässt sich aus den Ergebnissen forstlicher Inventurmethode sehr solide ermitteln (Abb. 1.2-4). Aufgrund von ökologischen und technischen Nutzungseinschränkungen wie Schutzgebiete, Alt- und Totholzkonzentration oder Ernteverluste reduziert sich das theoretische Potenzial auf das technische Waldenergieholzpotezial. Das wirtschaftliche Potenzial wird vom Verhältnis zwischen den Bereitstellungskosten und den jeweils aktuellen Marktpreisen für Energieholz bestimmt,

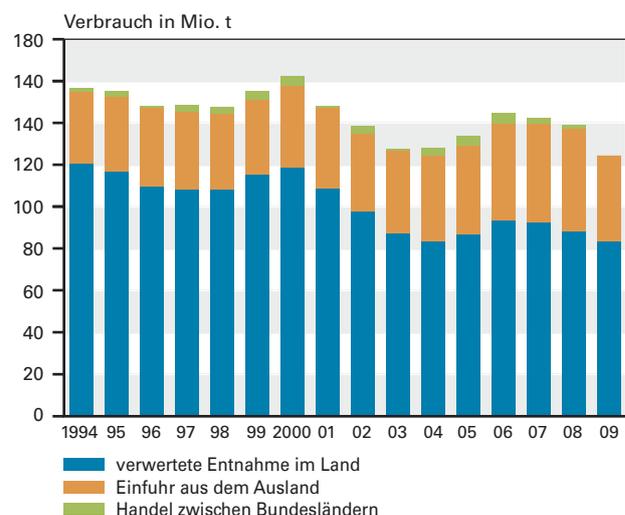
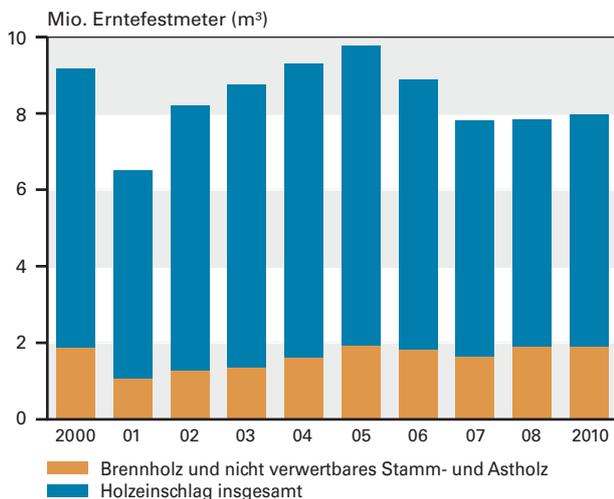


Abb. 1.2-2: Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012



Die Zahlen stellen nur den in der Holzverkaufsbuchführung erfassten Anteil des eingeschlagenen Holzes dar. Holz aus dem Privatwald, welches von den Waldbesitzern selbst vermarktet wird oder für den Eigenbedarf genutzt wird, ist in der Holzeinschlagsstatistik nicht erfasst.

Abb. 1.2-3: Holzschlag in Baden-Württemberg [FORSTBW 2010; 2011a; 2011b].

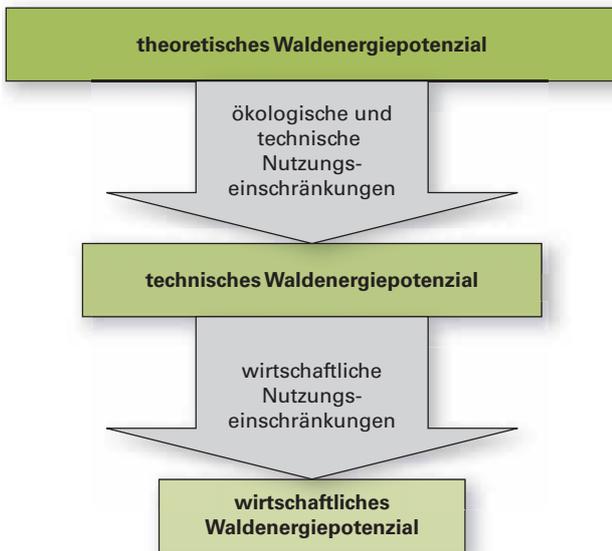


Abb. 1.2-4: Waldenergiepotenzial nach [SIGMUND ET AL. 1999; KALTSCHMITT ET AL. 2001].

daher sind pauschale Aussagen zum wirtschaftlichen Potenzial sehr schwierig. Zur Abschätzung des maximalen Beitrags des Waldes zur Energieerzeugung hat die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg einen methodischen Ansatz entwickelt, der konkrete Nutzungsrestriktionen für einzelne Forstbetriebe oder Regionen berücksichtigt.

Beispielhaft wurde für den Staatswald im Landkreis Biberach bei der herkömmlichen Aushaltung ein jährliches theoretisches Waldenergieholzpotenzial von rund 49 000 m³ ermittelt. Das entspricht einem flächenbezogenen Waldenergieholzpotenzial von rund 4,8 m³ pro Jahr und Hek-

tar (m³/(a·ha)). Das technische Waldenergieholzpotenzial liegt bei rund 17 000 m³/(a·ha); das wirtschaftliche Waldenergieholzpotenzial bei rund 11 000 m³/(a·ha).

Anbaubiomasse

Die technischen Gesamtpotenziale der zur Energieerzeugung nutzbaren Biomasse reichen je nach Berechnungsgrundlage und zugrunde gelegter Annahmen von rund 130 Petajoule pro Jahr (PJ/a) bis 200 PJ/a. Insgesamt wird Biomasse in einem Umfang von ca. 100 PJ (Stand 2008) energetisch genutzt, davon stammen gut 80 PJ der Bioenergieträger aus Baden-Württemberg. Aus anderen Bundesländern und dem Ausland werden vor allem flüssige Brenn- und Treibstoffe wie auch deren Rohstoffe importiert. Anbaubiomasse, das sind Energiepflanzen als nachwachsende Rohstoffe, kann zum technischen Gesamtpotenzial der Energieerzeugung aus Biomasse nur zu 14 PJ/a bis 34 PJ/a beitragen. Das entspricht einem Anteil von 10 % bis 20 % [WM 2010].

Derzeit werden in Baden-Württemberg Mais, Raps, Gerste, Weizen und Flachs als Energiepflanzen angebaut. Dazu kommt neuerdings zunehmend Chinaschilf (auch Japanisches Seidengras – *Miscanthus*) zur Herstellung von Pellets (Abb. 1.2-5). Weitere energetische Nutzungen von *Miscanthus* werden vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Außenstelle Rheinstetten-Forchheim, getestet (www.ltz-augustenberg.de).

In den vergangenen sechs Jahren hat sich die Anzahl der Biogasanlagen in Baden-Württemberg von 400 im Jahr 2005 auf rund 800 Anlagen im Jahr 2011 verdoppelt. Die Rohstoffe für Biogas stammen ausschließlich aus Baden-Württemberg. Es werden Reststoffe aus der Landwirtschaft und Energiepflanzen als Substrat eingesetzt. In nicht landwirtschaftlichen Anlagen wird Material aus der Biotonne verwendet.

1.2.3 Bodennutzung und Flächeninanspruchnahme

Böden gehören zu den bedeutendsten natürlichen Ressourcen. Sie sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen und eine unverzichtbare Grundlage für den Naturhaushalt; aber auch Grundlage für wirtschaftliche Aktivitäten. Die Land- und Forstwirtschaft nutzt Böden, sie werden auch zu Flächen für Siedlung, Verkehr und Erholung umgewidmet. Die Flächeninanspruchnahme führt zum Verlust von natürli-



Abb. 1.2-5: Chinaschilf (*Miscanthus*) als Rohstoff zur Pelletherstellung (LTZ, 2011)

chen Funktionen der Böden und wertvollen Lebensräumen für Tiere und Pflanzen. Durch Siedlungen und Verkehrswege wird die Landschaft zerschnitten.

Im Jahr 2011 wurden von den 3,6 Mio. ha Bodenfläche des Landes knapp 46 % als Landwirtschaftsfläche und 38 % als Waldfläche genutzt. Damit sind Land- und Forstwirtschaft die größten Flächennutzer in Baden-Württemberg. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche folgt mit 507 691 ha oder 14,2 % Anteil an der Landesfläche bereits auf dem dritten Rang. Die Wasserflächen und die Flächen anderer Nutzung wie Übungsgelände umfassen 2 % (Abb. 1.2-6).

In Baden-Württemberg verzeichnen die Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie die Waldfläche Zuwächse. Diese Zuwächse gehen vornehmlich zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche (Abb. 1.2-7).

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche setzt sich aus Gebäude- und Freifläche, Verkehrsfläche, Erholungsfläche einschließlich Friedhofsfläche und Betriebsfläche ohne Abbauand zusammen (Abb. 1.2-6). Den größten Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche nimmt die Gebäude- und Freifläche ein. Sie umfasst die Flächen für Wohn-, Gewerbe- und Industrienutzung. Neben den Gebäuden und baulichen Anlagen enthält diese Kategorie auch die unbebauten Flächen (Freifläche) eines Flurstücks wie Vorgärten,

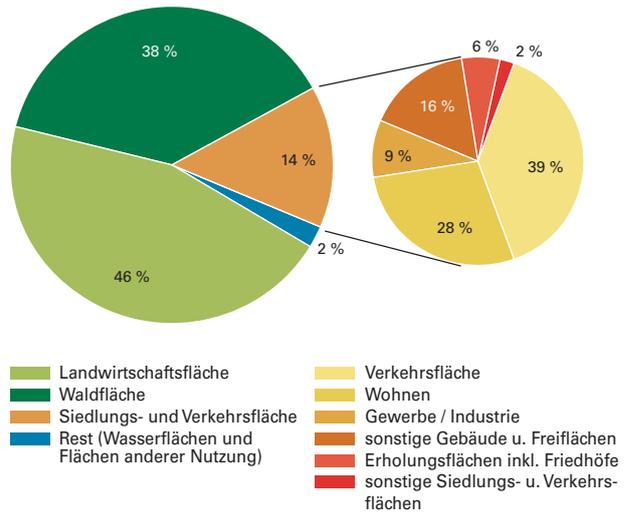


Abb. 1.2-6: Flächennutzung in Prozent der Bodenfläche in Baden-Württemberg zum 31.12.2011. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

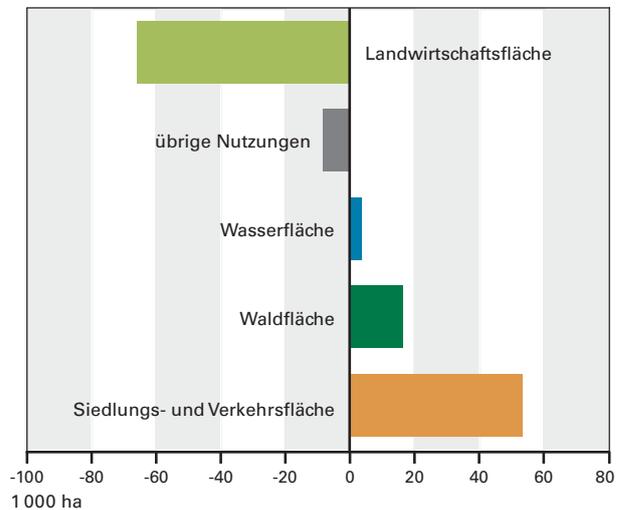


Abb. 1.2-7: Veränderung der Bodennutzungen in Baden-Württemberg in Hektar im Zeitraum von 1993 bis 2011. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

Hausgärten, Spielplätze und Stellplätze. Die Erholungsfläche setzt sich aus Parkanlagen, Sportplätzen und Freibädern zusammen. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist also nicht vollständig versiegelt. Aktuell wird davon ausgegangen, dass von der Siedlungs- und Verkehrsfläche knapp die Hälfte der Fläche versiegelt ist.

Das langfristige Ziel beim Flächenverbrauch ist die Netto-Null. Hierzu sollen bis 2016 deutliche Erfolge erzielt werden. [KOALITIONSVERTRAG 2011]. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche hat im Jahr 2011 täglich um 6,3 ha zugenommen. Dies ist seit den ersten statistischen Erfassungen in den 1950er Jahren der geringste Wert. Auffällig ist die verringerte Zunahme der Gebäude- und Freiflächen am Flächenverbrauch von 8,6 ha täglich in den Jahren 1997 bis 2000 auf täglich 3,9 ha im Jahr 2010. 2011 erfolgte jedoch

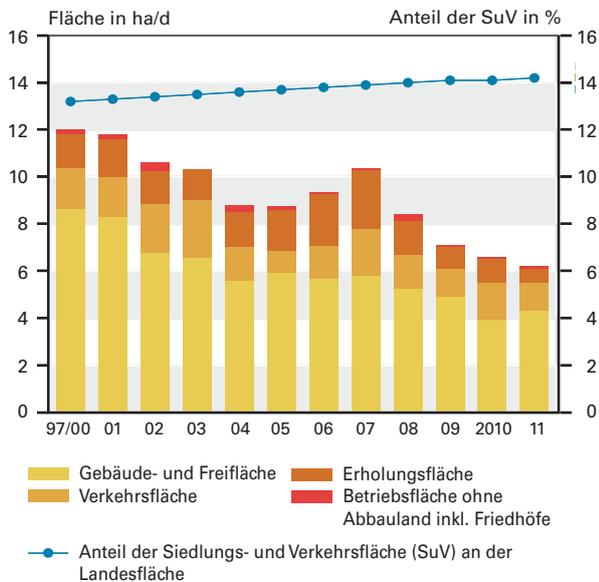


Abb. 1.2-8: Täglicher Flächenverbrauch für die Zeit von 1997 bis 2011, aufgeteilt nach Nutzungskategorien der Siedlungs- und Verkehrsfläche insgesamt. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

wieder ein Anstieg bei dieser Kategorie auf 4,3 ha pro Tag (Abb. 1.2-8). Trotz des leicht abnehmenden Flächenverbrauchs findet weiterhin bei nur wenig bis moderat steigenden Bevölkerungszahlen eine stetige Entdichtung auf der Siedlungs- und Verkehrsfläche statt. Lebten 1996 nur 2 284 Einwohner auf einem km², sind es heute noch 2 125. Der Flächenanspruch pro Einwohner ist damit innerhalb von 15 Jahren um 7,5 % von 438 m² auf 471 m² Siedlungs- und Verkehrsfläche angestiegen. Im Jahr 2010 war dieser Trend wegen größerer Bevölkerungszunahme jedoch kaum noch zu beobachten.

1.2.4 Wassergewinnung und Wassernutzung

Im Jahr 2007 wurden in Baden-Württemberg 5 Mrd. m³ Wasser aus Grund-, Quell- und Oberflächengewässern entnommen, wovon mit 4,4 Mrd. m³ (88 %) der größte Teil aus Oberflächengewässern stammt. Aus dem Grundwasser wurden 0,47 Mrd. m³ (9 %) gefördert, während nur ein geringer Teil von 0,14 Mrd. m³ (3 %) aus Quellwasser stammt. Die Wassergewinnung ist seit Ende der 1980er Jahre rückläufig und seitdem um etwa 34 % gesunken (Abb. 1.2-9). Vor allem die Wassergewinnung aus Oberflächengewässern wurde deutlich reduziert, der Anteil an Quellwasser und Grundwasser veränderte sich kaum.

Die Wassergewinnung erfolgt im Wesentlichen durch die Energiewirtschaft, die öffentliche Trinkwasserversorgung und das verarbeitende Gewerbe. Den mit 3,9 Mrd. m³ (78 %) im Jahr 2007 größten Anteil davon förderte die

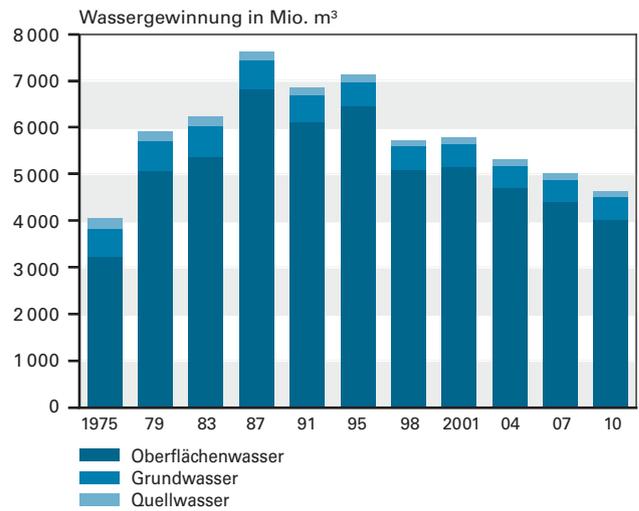
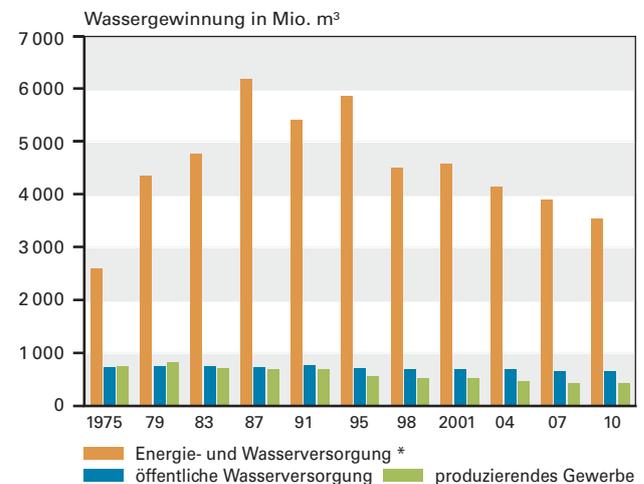


Abb. 1.2-9: Wassergewinnung nach Art des gewonnenen Wassers in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

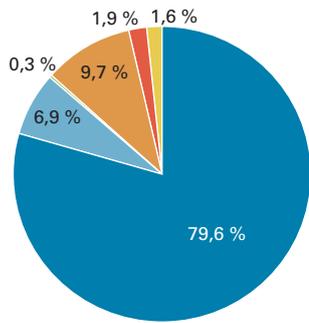
Energiewirtschaft. Die öffentliche Trinkwasserversorgung gewann 0,66 Mrd. m³ (13 %) und das übrige produzierende Gewerbe 0,43 Mrd. m³ (9 %). Vor allem die geringere Inanspruchnahme der Wasservorkommen durch die Energiewirtschaft aufgrund des Einsatzes wassersparender Technologien bei der Kühlung bewirkte einen deutlichen Rückgang bei der Wassergewinnung (Abb. 1.2-10). Die Energiewirtschaft entnimmt fast ausschließlich Wasser aus Oberflächengewässern.

Rund 81 % des Wassers wird für Kühlzwecke im Kraftwerksbetrieb der Energiewirtschaft verwendet (Abb. 1.2-11). Mit gut 6,9 % wird von der Wirtschaft als Produktionswasser weniger Wasser in Anspruch genommen als von der Gruppe der Haushalte und Kleingewerbe (9,7 %). Der Verbrauch der öffentlichen Einrichtungen (Krankenhäuser,



* Ohne Wassergewinnung für die öffentliche Trinkwasserversorgung; bis 2004 ausschließlich Wärmekraftwerke für die allgemeine Versorgung.

Abb. 1.2-10: Wassergewinnung nach Sektoren. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012



- Wirtschaft: zur Kühlung von Produktions- und Stromerzeugungsanlagen
- Wirtschaft: als Produktionswasser
- Beregnung oder Bewässerung
- Haushalte und Kleingewerbe
- öffentliche Einrichtungen
- Wasserverluste

Abb. 1.2-11: Verwendungszwecke des 2010 gewonnenen Wassers in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

Schulen usw.) umfasst auch den Eigenverbrauch der Wasserwerke, beispielsweise zur Rohrnetzspülung. Für die Beregnung oder Bewässerung wurden 2007 rund 0,3 % Wasser gewonnen. Bei der Verteilung des Wassers durch das Leitungsnetz kommt es zu Verlusten in Höhe von 1,6 % am gesamten Wasserverbrauch.

Die öffentliche Wasserversorgung gewinnt Wasser zum Großteil für die Nutzung als Trinkwasser durch die Endverbraucher. Für Baden-Württemberg ergibt sich für das Jahr 2010 ein durchschnittlicher Verbrauch von 115 Litern je Einwohner und Tag (Abb. 1.2-12). Der Verbrauch von Trinkwasser ist seit 1985 um 18 % gesunken.

Die Ressource Wasser wird überwiegend für wirtschaftliche Zwecke eingesetzt. Für die Einschätzung der sparsamen Nutzung von Wasser wird die Wasserproduktivität berechnet. Sie gibt an, wie viel wirtschaftliche Leistung mit einem Kubikmeter (m³) Wasser produziert wird. Die Wasserproduktivität errechnet sich durch Bezug des Bruttoinlandsprodukts auf den Wassereinsatz. Dieser setzt sich zusammen aus dem aus Grund-, Quell- und Oberflächengewässern geförderten Wasser, aus Fremd- und Niederschlagswasser sowie aus der Differenz zwischen importiertem und exportiertem Wasser. Die Wasserproduktivität steigt seit Ende der 1990er Jahre kontinuierlich an (Abb. 1.2-13).

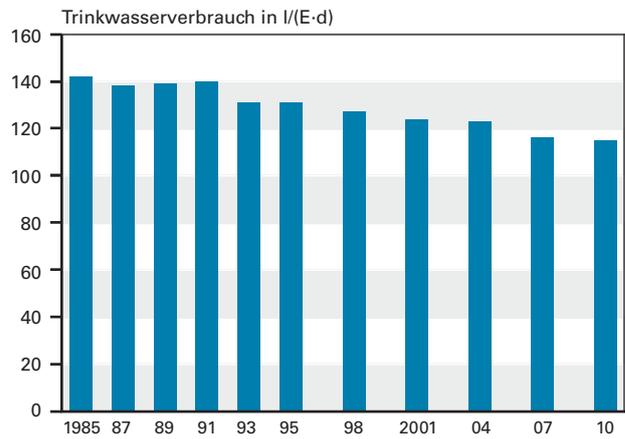
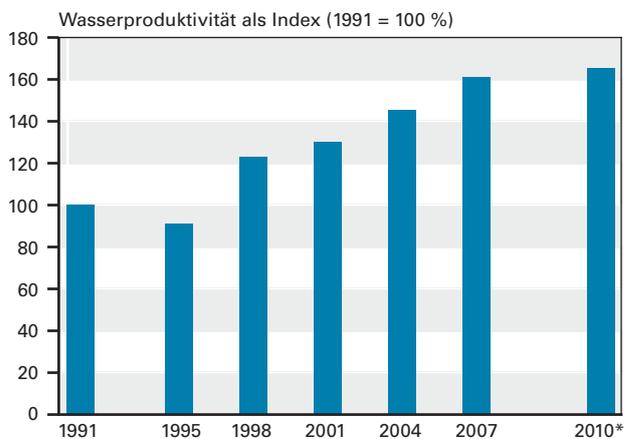


Abb. 1.2-12: Trinkwasserverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012



* 2010 vorläufige Werte

Abb. 1.2-13: Wasserproduktivität in Baden-Württemberg (Bruttoinlandsprodukt, preisbereinigt, verkettet, 1991 = 100 %). Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

1.3 Energieerzeugung und -verbrauch

1.3.1 Stromerzeugung und -verbrauch

Bei der **Stromerzeugung** in Baden-Württemberg werden sämtliche zur Verfügung stehenden Energieträger, fossile Energie, Kernenergie sowie erneuerbare Energie (EE) genutzt (Abb. 1.3-1). Die verschiedenen Energieträger unterscheiden sich deutlich in den jeweiligen CO₂-Emissionsfaktoren. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und aus Kernenergie ist als weitgehend klimaneutral zu betrachten. Bei den fossilen Energieträgern hat das Erdgas deutliche Emissionsvorteile gegenüber dem Erdöl und der Kohle.

Im Jahr 2010 wurden in Baden-Württemberg 66 Terawattstunden (TWh) Strom erzeugt. Nach vorläufigen Angaben des StaLa BW kam für die Erzeugung zu 48,0 % die Kernenergie zum Einsatz. Weitere 24,8 % wurden aus Steinkohle und 5,3 % aus Erdgas gewonnen. Der Anteil der erneuerbaren Energieträger erhöhte sich von 15 % im Jahr 2009 auf 17,2 % im Jahr 2010. Hinter der Kernenergie und der Steinkohle rangieren die erneuerbaren Energieträger zusammen genommen damit an dritter Stelle in der Zusammensetzung der Stromerzeugung.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern stieg 2010 gegenüber 2009 um fast 16 % auf 11,4 TWh. Zuwächse gegenüber dem Vorjahr zeigten sich 2010 vor allem bei der Stromerzeugung aus Photovoltaik (+52 %). Auch die Wasserkraftwerke produzierten etwa 15 % mehr als 2009. Etwas geringer fiel hingegen die Erzeugungsmenge der Windkraftanlagen aus (-1 %).

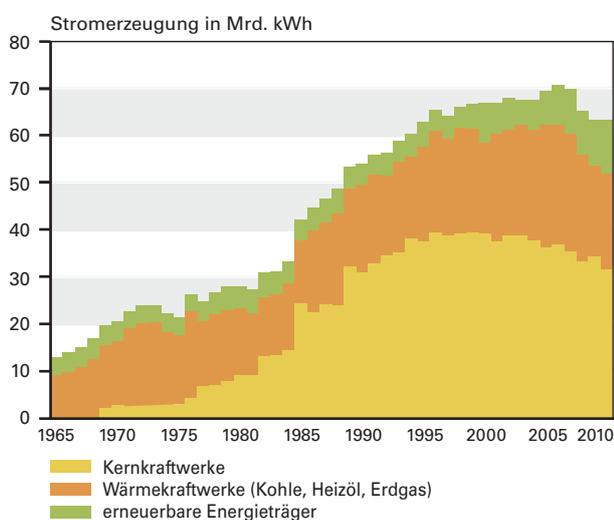
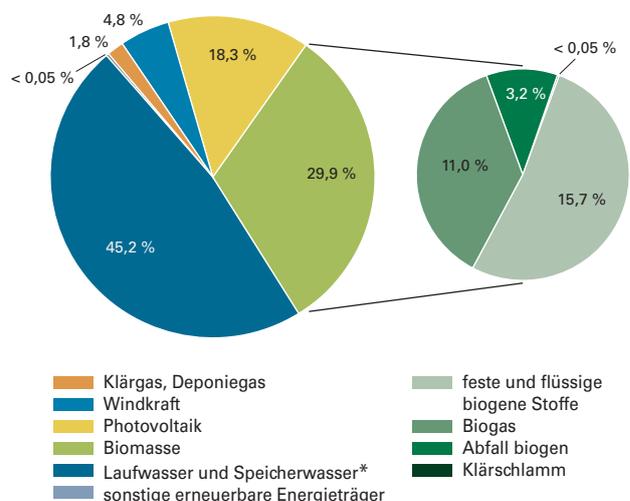


Abb. 1.3-1: Stromerzeugung in Baden-Württemberg 1965 bis 2010. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

42,2 % des 2010 in Baden-Württemberg aus EE erzeugten Stroms stammt aus den Wasserkraftwerken, dies entspricht in Baden-Württemberg 7,8 % der Bruttostromerzeugung. Neben den großen Wasserkraftanlagen gibt es rund 1 200 kleine Wasserkraftanlagen unter einem Megawatt Leistung, die teilweise seit Jahrhunderten bestehen und früher in der Regel Mühlenstandorte waren. Nach dem Neubau des Wasserkraftwerks Rheinfelden und der Inbetriebnahme des erweiterten Wasserkraftwerks Iffezheim bestehen für die großen Wasserkraftwerke nur noch geringe Ausbaumöglichkeiten. Ausbaupotenzial bieten vor allem die kleinen Wasserkraftwerke, die jedoch in der Summe nur einen kleinen Beitrag zur Stromversorgung liefern können.

An zweiter Stelle in der Zusammensetzung der EE steht die Biomasse mit einem Anteil von 29,9 %. Unter Biomasse fallen feste und flüssige biogene Stoffe (15,7 %) ebenso wie Biogas (11,0 %), biogene Abfälle (3,2 %) und Klärschlamm. Den drittgrößten Anteil an den EE hat die Photovoltaik mit 18,3 %. Die Windkraft kommt in Baden-Württemberg auf lediglich 4,8 % (Abb. 1.3-2).

Der als **Bruttostromverbrauch** erfasste Stromverbrauch berücksichtigt die im Land erzeugte Strommenge zuzüglich der Stromimporte und abzüglich der Stromexporte. Der Bruttostromverbrauch 2010 betrug in Baden-Württemberg 81,4 TWh. Dies sind 2,2 % mehr als im Jahr 2009. 81 % wurden im Land selbst erzeugt. Die übrigen 19 % wurden per saldo von anderen Bundesländern und dem Ausland eingeführt. Das Austauschvolumen mit dem Ausland betrug hinsichtlich der Stromeinfuhr 13,2 Mrd. Kilowattstunden



* Einschließlich der Erzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss.

Abb. 1.3-2: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern in Baden-Württemberg 2010 (vorläufige Daten). Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

den (kWh), hinsichtlich der Ausfuhr 18 Mrd. kWh. Somit wurde von Baden-Württemberg mehr Strom direkt ins Ausland abgegeben als von dort direkt eingeführt. Zu den Liefer- und Abnehmerländern gehören die Schweiz, Frankreich und Österreich.

1.3.2 Energieverbrauch

Bei der Definition des Energiebegriffs wird unterschieden zwischen:

- **Primärenergie:** Energieträger in ihrer ursprünglichen Form wie Kohle, Uran, Biomasse.
- **Endenergie:** Die durch Umwandlung bzw. Aufbereitung aus der Primärenergie gewonnene Energie, die dem Verbraucher zugeführt wird wie Fernwärme, Strom, Mineralölprodukte.
- **Nutzenergie:** Die durch nochmalige Umwandlung aus der Endenergie gewonnene Energie, z. B. mechanische Leistung eines Motors, Licht oder warmes Wasser.

Die Verluste bei der Energieumwandlung von Primär- in Endenergie entstehen überwiegend bei der Stromproduktion, hinzu kommen Transportverluste. Unter Einsatz der derzeit gängigen Techniken wird nur etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie als Endenergie in Form von Strom gewonnen, der Rest geht als Abwärme verloren. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bietet die Möglichkeit, auch in kleinen dezentralen Anlagen wie Blockheizkraftwerken (BHKW) die Primärenergie mit höherem Wirkungsgrad zu nutzen.

Bei der Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie in Heizkesseln, Motoren, elektrischen Geräten usw. entstehen, ebenso wie bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie, noch einmal hohe Verluste, die je nach Verbrauchergruppe unterschiedlich sind. Die Industrie ebenso wie Haushalte und Kleinverbraucher setzen ca. 50 % bis 60 % der Endenergie in Nutzenergie um, der Verkehr nur ca. 20 % bis 25 %. Insgesamt beträgt das Verhältnis von Primär- zu End- zu Nutzenergie heute etwa 3:2:1.

Primärenergieverbrauch

Zwischen 1991 und 2006 erfolgte eine stetige Zunahme des Primärenergieverbrauchs (PEV) um 12,4 % von 420,8 TWh auf 473,0 TWh, worauf dann bis zum Jahr 2009 wieder eine Abnahme um 9,2 % auf 429,3 TWh zu verzeichnen war. Im Jahr 2010 folgte – nach Überwindung der Wirtschaftskrise – ein Wiederanstieg. Der Wert des Jahres 2008 wurde jedoch nicht mehr erreicht (Abb. 1.3-3).

Zwischen den Energieträgern gab es von 1973 bis 2010 große Verschiebungen. Insbesondere wurde, in erster Linie als Reaktion auf die Ölkrise, der Anteil des Erdöls am PEV von über 75 % (1973) auf weniger als 35 % (2010) zurückgefahren. Entsprechend wurde die Kernenergie von einem Anteil von 2,6 % im Jahr 1973 auf einen Anteil von ca. 21,8 % im Jahr 2010 ausgebaut. Weiterhin kam verstärkt Erdgas zum Einsatz, dessen Anteil von ca. 6,9 % im Jahr 1973 auf einen Anteil von ca. 17,2 % im Jahr 2010 anstieg. Durch die starke Zunahme, insbesondere der Biomasse und Photovoltaik, stieg der Anteil der EE am PEV von unter 2 % im Jahr 1973 auf 10,4 % im Jahr 2010. Der Anteil aller fossilen Energien am PEV sank von ca. 93 % im Jahr 1973 auf ca. 63 % im Jahr 2010. Jedoch führte eine Zunahme des PEV um ca. 35,5 % im gleichen Zeitraum zu einer leichten Zunahme der absoluten Menge des Verbrauchs an fossilen Energien (Abb. 1.3-4).

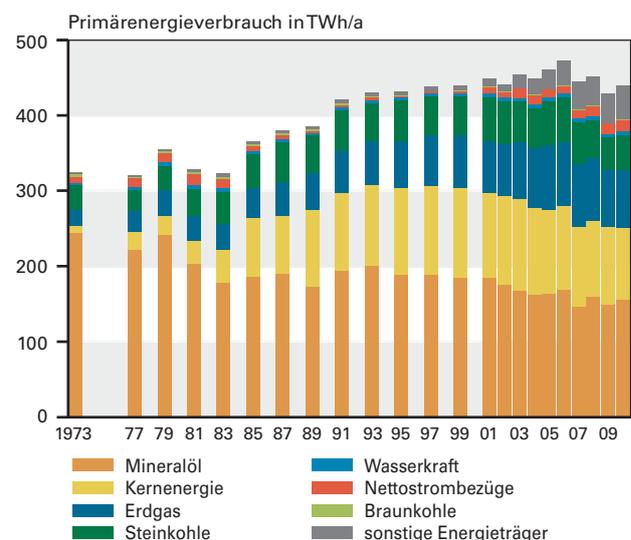


Abb. 1.3-3: Anteile der Energieträger am Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

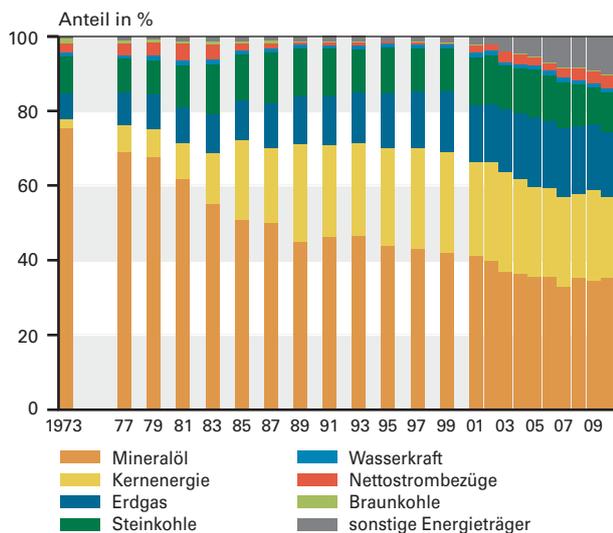


Abb. 1.3-4: Prozentuale Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch im Land lag 2010 mit etwa 302 TWh über dem Durchschnitt der 1980er Jahre von etwa 260 TWh. Die zeitliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist qualitativ identisch mit der des PEV (Abb. 1.3-3). Markante Verschiebungen ergaben sich während der vergangenen 37 Jahre bei den prozentualen Anteilen der einzelnen Energieträger Mineralölprodukte (Heizöl, Benzin, Diesel, Flugbenzin), Erdgas (einschließlich Erdölgas), Kohle (einschließlich eines geringen Anteils sonstiger Brennstoffe wie Holz und Abfall), Strom und Fernwärme.

Das starke Absinken des Mineralölanteils von 74,5 % (1973) auf 41,3 % (2010) ist zu einem großen Teil auf den Ersatz von Heizöl durch Erdgas beim Hausbrand zurückzuführen. Im Zuge dieser Entwicklung konnte Erdgas seinen Anteil von 5,4 % (1973) auf 21,2 % (2010) ausbauen. Einen immer größeren Anteil am Endenergieverbrauch nimmt der elektrische Strom ein. Der Stromanteil am Endenergieverbrauch hat sich von 12,8 % 1973 auf 24,8 % 2010 nahezu verdoppelt. Bei der besonders hochwertigen Endenergieform „Elektrischer Strom“ bestehen große Einsparpotenziale durch den verstärkten Einsatz der KWK bei der zunehmend dezentralen Energieversorgung.

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist in den letzten 37 Jahren von einer Zunahme des Verkehrsanteils und einer Abnahme bei der Industrie gekennzeichnet. Die Industrie verbraucht in Baden-Württemberg im Vergleich zur Industrie bundesweit einen geringeren Anteil an der End-

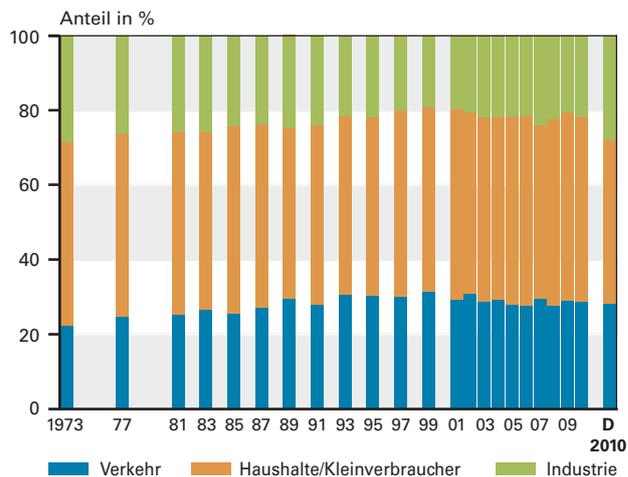


Abb. 1.3-5: Prozentuale Anteile der Verbrauchergruppen am Endenergieverbrauch (EEV) in Baden-Württemberg – Vergleich mit Deutschland. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

energie, was nicht zuletzt auf eine hohe Energieeffizienz und den großen Anteil von wenig energieintensiven Industrie- und Gewerbebranchen in Baden-Württemberg zurückzuführen ist (Abb. 1.3-5).

Haushalte, Kleinverbraucher und der Verkehr verbrauchen zusammen etwa drei Viertel der Endenergie. Damit ist bei diesen Verbrauchergruppen auch ein bedeutendes Potenzial zur Energieeinsparung vorhanden.

1.3.3 Nutzung erneuerbarer Energien

Die Nutzung erneuerbarer Energien (Abb. 1.3-6) ist ein wichtiger Baustein, um die Klimaschutzziele in Baden-Württemberg zu erreichen.

In Baden-Württemberg bieten sich in naher Zukunft Ausbaupotenziale bei der Wasserkraft, der Biomasse, der Geo-

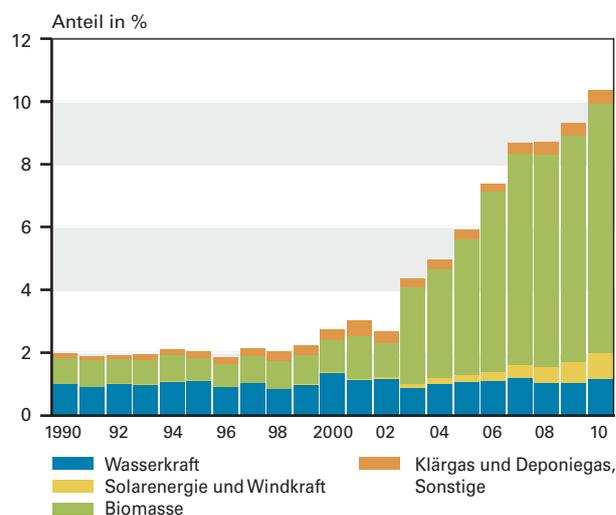


Abb. 1.3-6: Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg 1990 bis 2010. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

thermie, der Photovoltaik und bei der Windkraft an. Die Wasserkraft trug 2010 mit 1,17 % zum PEV in Baden-Württemberg bei, dies entspricht etwas mehr als einem Zehntel des PEV aus erneuerbaren Energien. Bei extremer Trockenheit und dadurch bedingtem geringem Wasserabfluss, wie beispielsweise 2003, kann die Energieerzeugung aus Wasserkraft deutlich zurückgehen.

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2010 ca. 35 TWh Biomasse als Primärenergie genutzt. Dies sind etwa 77 % des PEV aus erneuerbaren Energien in unserem Land. Damit trägt die Biomasse ca. 8 % zum gesamten PEV bei. Den größten Anteil haben hierbei die Nutzung von Holz als Brennstoff in Feuerungen und die Nutzung von Biodiesel und Pflanzenöl.

Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche. Hier unterscheidet man zwischen der Tiefengeothermie, die sich aufgrund des hohen Temperaturniveaus auch zum Betrieb von kleineren Kraftwerken nutzen lässt, und der oberflächennahen Geothermie, die durch Wärmepumpen vor allem für Niedertemperaturwendungen, wie die Raumheizung, nutzbar ist. Im Jahr 2010 lieferte die Tiefengeothermie einen äußerst geringen Beitrag zum PEV von < 1 %. Die Stromerzeugung aus Erdwärmekraftwerken war vernachlässigbar gering.

Bei der direkten Nutzung der Solarenergie unterscheidet man zwischen Anlagen zur Wärmeerzeugung (Solarthermie) und Anlagen zur Erzeugung von elektrischem Strom (Photovoltaik). Im Jahre 2010 wurden in Baden-Württemberg etwa 1 TWh Wärme durch Solarthermie erzeugt. Dies entspricht 0,23 % des PEV.

Photovoltaikanlagen wandeln das Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um. Derzeit liegt der Wirkungsgrad von Solarzellen zwischen 7 % und 21 %. Die Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen deckte im Jahr 2009 mit etwa 1,37 TWh ca. 0,31 % des gesamten PEV. Mit einem Anstieg von 52,2 % war sie im Jahr 2010 mit insgesamt 2,1 TWh bereits zu 0,47 % an der Deckung des PEV in Baden-Württemberg beteiligt.

Windenergie dient wie die Photovoltaik nur der Stromerzeugung. Sie spielt bisher in Baden-Württemberg keine große Rolle in der Zusammensetzung der Stromerzeugung. Ihre Nutzung deckte mit einer Strommenge von 0,545 TWh lediglich 0,11 % des gesamten PEV des Jahres 2010. Ähnlich wie die Solarenergie unterliegt auch die Windenergie

starken Schwankungen beim Angebot, was Ersatzkapazitäten bei den Kraftwerken bzw. im Stromverbund notwendig macht.

Zusammen mit der Photovoltaik und der Solarthermie hatte die Windenergie im Jahr 2010 einen Anteil von 0,81 % an den EE in Baden-Württemberg.

1.4 Umwelt und Wirtschaft

1.4.1 Ausgaben für den Umweltschutz

Investitionen, die Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes für den Umweltschutz tätigen, lassen sich in drei Kategorien unterteilen:

- **Additive Maßnahmen** sind meist zusätzliche an den Produktionsprozess angefügte Anlagenteile. Hierzu zählen beispielsweise Anlagen zur Abfallbehandlung oder Filteranlagen für Abluft oder Abwasser.
- **Integrierte Maßnahmen** lassen sich nicht vom Produktionsprozess trennen. Sie dienen in der Regel dem vorsorgenden Umweltschutz. Hierzu zählen z. B. die Kreislaufführung von Wasser oder die Nutzung von Restwärme. Der finanzielle Aufwand, der bei integrierten Maßnahmen tatsächlich dem Umweltschutz zuzuordnen ist, lässt sich meist nicht exakt beziffern.
- **Produktbezogene Maßnahmen** sind Verfahrensumstellungen zur Herstellung eines umweltfreundlicheren, z. B. recycelbaren, Produktes.

Die von der Statistik erfassten Umweltschutzinvestitionen umfassen additive und zumindest annähernd bezifferbare, integrierte und produktbezogene Maßnahmen und stellen somit die Untergrenze der insgesamt für den Umweltschutz getätigten Ausgaben dar (Abb. 1.4-1).

Im Berichtsjahr 2010 meldeten in Baden-Württemberg etwa 1 000 Betriebe des verarbeitenden Gewerbes Umweltschutzinvestitionen in Höhe von insgesamt 277,7 Mio. €. Dies entspricht rund 3,2 % der Gesamtinvestitionen dieses Wirtschaftsbereichs.

Der mit knapp 70 % größte Beitrag zu den Umweltschutzinvestitionen entfällt auf die Bereiche Klimaschutz und Luftreinhaltung. Der Anteil von Naturschutz, Landschaftspflege und Bodensanierung an den gesamten Umweltschutzinvestitionen ist mit zusammen 3 % zwar vergleichsweise gering, die Investitionen in diesen Bereichen wurden jedoch

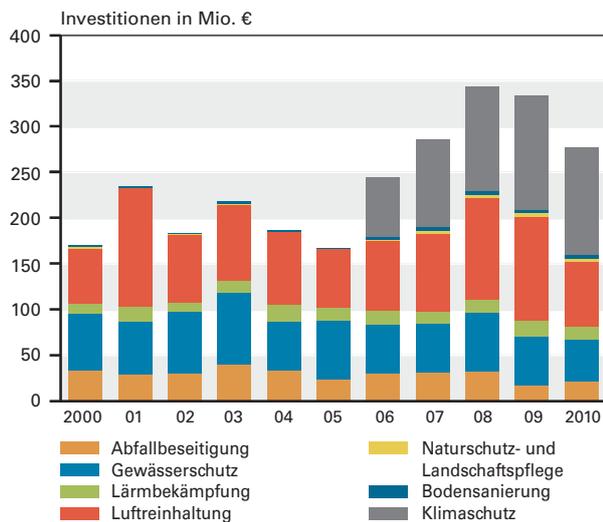
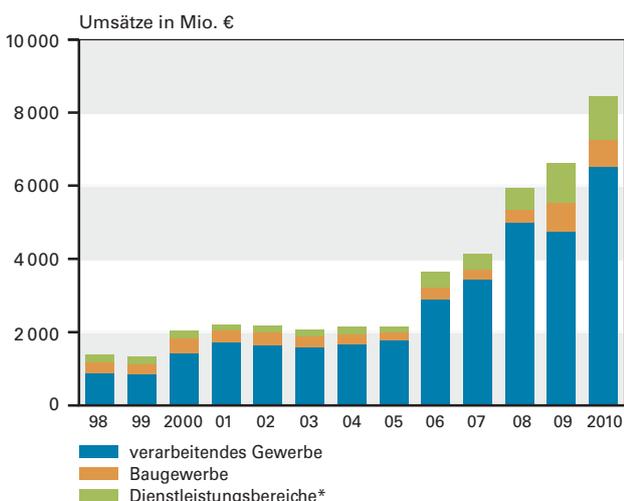


Abb. 1.4-1: Umweltschutzinvestitionen im verarbeitenden Gewerbe nach Bereichen. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

in den letzten Jahren nahezu verdoppelt und liegen im Jahr 2010 bei über 8 Mio. €. Die in den Klimaschutz investierte Summe steigerte sich von ca. 66 Mio. € im Jahr 2006 auf 117,7 Mio. € im Jahr 2010. Dies sind 42,4 % an den gesamten Umweltschutzinvestitionen.

1.4.2 Wirtschaftsfaktor Umweltschutz

Die Umsätze, die Unternehmen in Baden-Württemberg mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz erwirtschaften, beliefen sich im Jahr 2010 auf etwa 8,5 Mrd. € (Abb. 1.4-2). Nicht enthalten sind Entsorgungsdienstleistungen und die Produktion erneuerbarer Energie.



* Architektur- und Ingenieurbüros sowie technische, physikalische und chemische Untersuchungen und sonstige Dienstleistungen für den Umweltschutz

2006 wurde erstmalig der Umweltbereich Klimaschutz abgefragt; 2008/2009 eingeschränkte Vergleichbarkeit aufgrund von Ausweitungen des Befragungskreises.

Abb. 1.4-2: Umsätze der Unternehmen mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

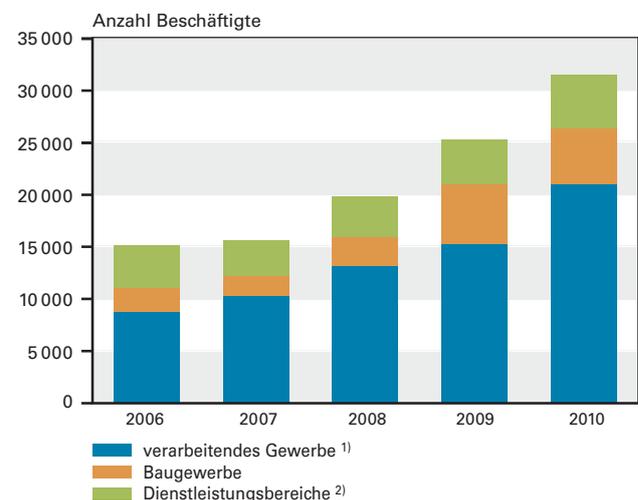
Seit 2006 werden auch Umsätze aus dem Bereich des Klimaschutzes erfasst. Diese haben sich bis 2010 nahezu verdreifacht.

Dabei macht der Umsatz mit Waren des produzierenden Gewerbes etwa 76 % (6 524 Mio. €) des Gesamtumsatzes aus. Einen starken Zuwachs verzeichnete auch der Bereich der Bauleistungen. Förderprogramme zur energetischen Sanierung von Altbauten, gekoppelt mit zinsgünstigen Krediten, führten 2010 zu einem Umsatzvolumen von 720 Mio. € gegenüber 337 Mio. € vor zehn Jahren.

Bei den Dienstleistungen wurden die Umsätze in den letzten zwei Jahren von 600 Mio. € auf 1 200 Mio. € verdoppelt.

1.4.3 Beschäftigte in der Umweltbranche

In Baden-Württemberg arbeiteten 2010 rund 31 000 Beschäftigte in der Herstellung von Umweltschutzgütern, davon etwa zwei Drittel im verarbeitenden Gewerbe (Abb. 1.4-3). Im Dienstleistungsbereich und im Baugewerbe stieg die Zahl der Beschäftigten in der Produktion von Umweltschutzdienstleistungen auf jeweils rund 5 000 Beschäftigte im Jahr 2010 an. Ab 2006 sind auch die Sektoren Klimaschutz, erneuerbare Energien und Energieeffizienz miteinbezogen.



1) verarbeitendes Gewerbe einschließlich Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden

2) Architektur- und Ingenieurbüros sowie technische, physikalische und chemische Untersuchungen und sonstige Dienstleistungen für den Umweltschutz

Aufgrund der Ausweitung des Befragungskreises sind die Ergebnisse der Jahre 2008 und 2009 nur eingeschränkt vergleichbar.

Abb. 1.4-3: Beschäftigte mit Waren-, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz in Baden-Württemberg. Quelle: StaLa BW. Stand: 2012

1.4.4 Betriebliches Umweltmanagement

Zur kontinuierlichen Verbesserung des Umweltschutzes in Unternehmen hat sich die Einführung von Umweltmanagementsystemen bewährt.

Mit dem EMAS-System (Eco Management and Audit Scheme) steht den Unternehmen seit 1995 ein anerkannter Standard auf europäischer Ebene zur Verfügung. Die Anzahl registrierter Betriebe und Organisationen ist von 320 im Jahr 2006 auf 406 im Jahr 2012 angestiegen. Baden-Württemberg stellt damit 2012 knapp 32 % aller Teilnehmer in Deutschland. Die teilnehmenden Betriebe und Organisationen sind vor allem kirchliche und schulische Einrichtungen (Abb. 1.4-4). Es zeigt sich damit eine Verschiebung der Registrierungen weg vom produzierenden Gewerbe hin zu den Bereichen Erziehung und Unterricht sowie Interessenvertretungen und Kirchen.

Eine Zunahme von Registrierungen ist auch in den Branchen Beherbergung und Gastronomie zu verzeichnen. Regionale Schwerpunkte bei den Registrierungszahlen bilden mit jeweils über 20 Eintragungen die Stadt Stuttgart sowie die Landkreise Hohenlohe und Konstanz.

Die weltweit gültige ISO 14001 gilt als weiterer zertifizierbarer Umweltmanagementstandard und ist privatrechtlicher Natur. Weltweit gibt es knapp 251 000 Zertifizierungen. Der ISO Survey der International Organization for Standardization geht für Deutschland von rund 6 000 Zertifizierungen aus (Stand Dezember 2010). Seit 2006 ist damit deutschlandweit ein Anstieg der ISO 14001 Zertifizierungen um knapp 11 % zu verzeichnen. Übertragen auf Baden-Württemberg ergibt das für 2010 etwa 930 Zertifizierungen nach dem ISO 14001-Norm gegenüber 840 Zertifizierungen im Jahr 2006. Insbesondere im produzierenden Bereich ist eine stetige Zunahme von ISO 14001-Zertifizierungen zu beobachten.

Für kleine und mittlere Unternehmen kann der Einstieg in den betrieblichen Umweltschutz über sogenannte „niederschwellige Systeme“ erfolgen. Dazu gehört das vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg geförderte ECOfit-Programm, das seit 2005 zur Verfügung steht. Bis 2010 haben mindestens 140 Betriebe am ECOfit-Programm in Baden-Württemberg teilgenommen. Besonders stark vertreten waren die Branchen Metallverarbeitung und Elektrotechnik.

Im Rahmen der Umweltmanagementansätze gewinnt das betriebliche Energiemanagement zunehmend an Bedeu-

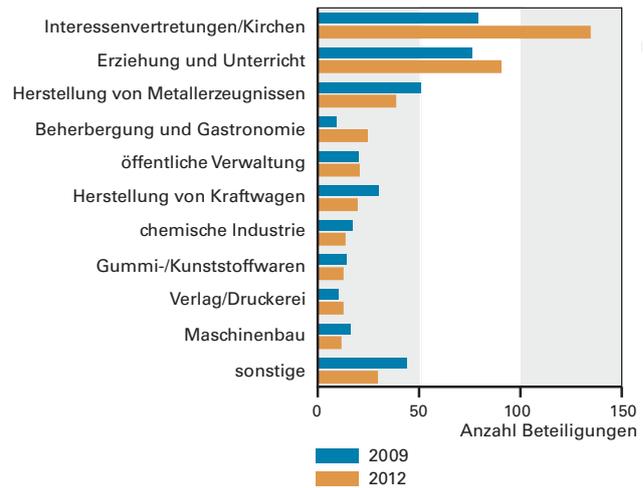


Abb. 1.4-4: Branchenbezogene EMAS-Beteiligung in Baden-Württemberg. Quelle: Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK). Stand 1/2012

tung, dessen Fokus auf der stetigen Verbesserung der betrieblichen Energieeffizienz liegt. Neben der Umsetzung von Energiesparmaßnahmen und dem Einsatz von Techniken zur Energieeffizienzsteigerung stellt das Energiecontrolling einen zentralen Baustein innerhalb des Managementsystems dar. Anhand von Messdaten und Energieleistungskennzahlen werden der Energieverbrauch sowie die Energiekosten laufend überprüft. Energiemanagementsysteme können eigenständig oder in Verbindung mit anderen Managementsystemen angewendet werden. Zu nennen ist hier die internationale Norm ISO 50001, deren Struktur sich unter anderem an der Umweltmanagementnorm ISO 14001 orientiert und auch mit der EMAS-Verordnung kompatibel ist.

1.4.5 Kommunale Nachhaltigkeit

Auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen 1992 in Rio de Janeiro verabschiedeten 178 Staaten mit der „Agenda 21“ ein umfangreiches weltweites Aktionsprogramm für eine umweltverträgliche, nachhaltige Entwicklung. Darin erging die Aufforderung an die Kommunen, in einen Dialog mit der Bevölkerung, Organisationen und der Privatwirtschaft zu treten und eine „Lokale Agenda 21“ als kommunales Zukunftsprogramm zu beschließen. Bis zum Jahr 2004 hatte jeder dritte Gemeinderat und Kreistag in Baden-Württemberg einen Beschluss zur Lokalen Agenda 21 gefasst.

Für die Weiterführung der Lokalen Agenda 21 sollen, anknüpfend an die bisherigen Erfolge, vor allem einzelne „kommunale Nachhaltigkeitsbausteine“ umgesetzt werden.

Damit werden die beiden Hauptziele der Agenda 21, Nachhaltigkeit und Bürgerbeteiligung, schrittweise in den Kommunen verankert.

So wurden beispielsweise in mehr als jeder dritten der 100 größten Kommunen in Baden-Württemberg (Stadtkreise und Große Kreisstädte) Nachhaltigkeitsindikatoren erhoben, knapp die Hälfte davon mit dem Schwerpunkt kommunaler Klimaschutz.

Im Umweltplan Baden-Württemberg 2007-2012 wurde dieses Ziel einer „nachhaltigen Bürgerkommune“ verankert und dafür als vorläufige Schwerpunktthemen ein kommunales Nachhaltigkeitsmanagement, ein kooperativer Klimaschutz und nachhaltiger Konsum benannt. Weitere Themen sind die Verbesserung der Umweltbilanz, des Verkehrs sowie das nachhaltige Wirtschaften von Betrieben.

Für ein **kommunales Nachhaltigkeitsmanagement** in der Verwaltung und für die Förderung eines nachhaltigen Konsums spielt die Ausrichtung der kommunalen Beschaffung nach ökologischen und sozialen Kriterien eine wichtige Rolle. Als soziales Kriterium wird dabei besonders der Ausschluss ausbeuterischer Kinderarbeit bei Produkten aus Asien, Afrika und Lateinamerika benannt. In Baden-Württemberg hat mehr als jede dritte der 100 größten Kommunen entsprechende Gemeinderatsbeschlüsse gefasst oder entsprechende Dienstanweisungen erlassen.

Für die Förderung eines **nachhaltigen Konsums** soll die Bevölkerung besonders für ökologische, regionale oder fair gehandelte Produkte gewonnen werden. Inzwischen wird in jeder zweiten der 100 größten Kommunen Baden-Württembergs ein eigener, fair gehandelter und ökologisch produzierter Kaffee angeboten. Meist wird dabei in Zusammenarbeit von Weltläden, Eine-Welt- und Agenda-Gruppen mit der Kommunalverwaltung ein bio-fairer Kaf-

fee mit eigenem Namen und Logo durch die Kommune vertrieben.

Bürgerschaftlicher und **kooperativer Klimaschutz** vor Ort zeigt sich besonders in der schnell wachsenden Zahl von Bürger- und Gemeinschaftssolaranlagen. Dabei finanzieren und betreiben Bürgerinnen und Bürger durch finanzielle Anteile gemeinsam eine Solaranlage, die häufig auf den Dächern kommunaler Liegenschaften angebracht wird. Seit 2009 geschieht dies zunehmend in Form von Energiegenossenschaften, die einen starken Boom verzeichnen. Allein im Jahr 2011 kamen 42 Neugründungen hinzu, sodass Ende 2011 in Baden-Württemberg 98 Energiegenossenschaften eingetragen waren (Abb. 1.4-5). Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erzeugung erneuerbarer Energien, vor allem von Strom aus Photovoltaikanlagen. Etwa jede siebte Energiegenossenschaft betreibt Nahwärmenetze oder hat als Hauptzweck den An- und Verkauf erneuerbarer Energien.

Mehr Informationen zur Lokalen Agenda finden sich im Internetthemenportal „Agenda 21“ der LUBW (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Agenda 21).

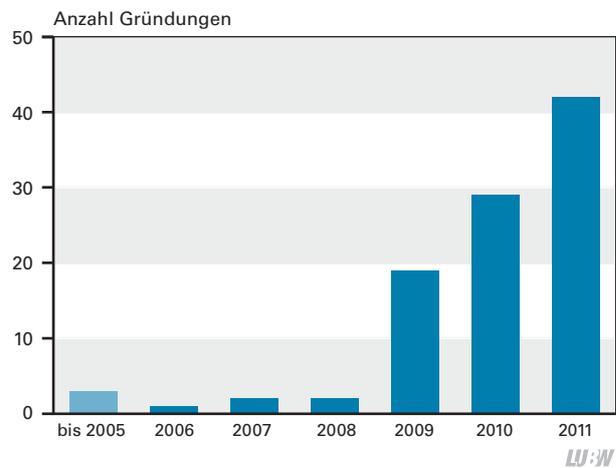


Abb. 1.4-5: Gründungen von Energiegenossenschaften in Baden-Württemberg. Stand: 2012

2 Klima

Das Wichtigste in Kürze

Der Trend zu einer **Erwärmung des Klimas** hat sich in Baden-Württemberg fortgesetzt. In den letzten 80 Jahren hat die Jahresmitteltemperatur um ca. 1,1 °C zugenommen. Der Temperaturanstieg fiel im Winterhalbjahr stärker aus als im Sommerhalbjahr.

Die **Jahresniederschläge** sind regional unterschiedlich leicht angestiegen. Die Zeitreihen ab dem Jahr 1932 zeigen in Baden-Württemberg an ca. 90 % der Pegel eine Tendenz zu steigenden Hochwasserabflüssen. Insbesondere tritt im Winterhalbjahr etwa ab Mitte der 1970er Jahre häufiger Hochwasser in Baden-Württemberg auf.

Treibhausgasemissionen als Verursacher des Klimawandels zeigten nach einem mehr oder weniger kontinuierlichen Anstieg von 1990 bis 2006 im Jahr 2008 erstmals als Folge der Wirtschaftskrise einen deutlichen Rückgang. Im Jahr 2010 liegen die im Rahmen des Emissionskatasters erhobenen Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg nahezu unverändert auf dem Niveau von 2008.

Der Klimawandel und seine Folgen sind nicht nur auf globaler, sondern auch auf regionaler und lokaler Ebene eine große gesellschaftliche Herausforderung für die Zukunft. Auch vor Baden-Württemberg hat der Klimawandel nicht haltgemacht. Auswertungen langjähriger meteorologischer und hydrologischer Beobachtungen sowie aktuelle Untersuchungen der Veränderungen der Pflanzen- und Tierwelt Baden-Württembergs belegen dies. Ein weiterer Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts ist nach Meinung der Wissenschaft kaum noch zu vermeiden. Allenfalls eine ambitionierte Klimaschutzpolitik soll den Klimawandel und mit ihm die gesundheitlichen, ökologischen und ökonomischen Beeinträchtigungen begrenzen können. Der Klimaschutz, das Monitoring von Klimaveränderungen und das Monitoring der Folgen sowie Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel werden demzufolge wichtige gesellschaftliche Aufgaben für die nächsten Dekaden sein. Entsprechend sind verlässliche Daten und Informationen zu den Treibhausgasemissionen, den Klimaveränderungen und den Entwicklungen in Natur und Umwelt notwendig.

2.1 Emission von Treibhausgasen

2.1.1 Treibhausgase und ihre Relevanz

Das 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll hat das Ziel, in der Periode 2008 bis 2012 die Treibhausgasemissionen durch die Industrieländer um 5,2 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Es werden dabei sechs verschiedene Treibhausgase bzw. Treibhausgasgruppen betrachtet:

- Kohlendioxid, zum größten Teil aus der Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas,
- Methan, z. B. aus Viehzucht und Deponien,
- Lachgas, z. B. aus der Stickstoffdüngung,
- Perfluorierte Kohlenwasserstoffe, z. B. aus der Aluminiumproduktion,
- Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, z. B. aus Kühlmitteln und chemischer Industrie,
- Schwefelhexafluorid, z. B. aus Elektroindustrie und chemischer Industrie.

Über die Kyoto-Ziele hinausgehend hat sich die EU verpflichtet, die Klimagasemissionen gegenüber 1990 um 8 % im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 zu senken. Deutschland strebt für denselben Zeitraum eine Minderung der Emissionen von 21 % an. Ein Kyoto-Folgeabkommen existiert bis heute noch nicht. Erklärtes Ziel der Landesregierung Baden-Württemberg ist, die Treibhausgasemissionen im Land bis 2020 um 25 % und bis 2050 um rund 90 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Um die Treibhauswirksamkeit der Gase bzw. Gasgruppen durch eine einzige Zahl bewerten und miteinander vergleichen zu können, wird die Treibhauswirkung der Gase mit

der von Kohlendioxid verglichen und als Kohlendioxid-äquivalent bezeichnet (Tab. 2.1-1).

Wie Abbildung 2.1-1 zeigt, haben die Kohlendioxidemissionen trotz der relativ geringen Treibhauswirksamkeit den größten Anteil an den klimarelevanten Emissionen in Baden-Württemberg.

Im Zeitraum von 1990 bis 2010 sind die energiebedingten Kohlendioxidemissionen in Baden-Württemberg bei jährlichen, vorrangig witterungsbedingten Schwankungen um ca. 3,6 % angestiegen. 2010 lagen sie mit 75,4 Mio. Tonnen (t) deutlich unter dem Maximalwert von 2006.

Neben den energiebedingten Kohlendioxidemissionen gibt es nicht energiebedingte Kohlendioxidemissionen durch industrielle Prozesse, z. B. aus der Zementindustrie. Die Kohlendioxidemissionen durch industrielle Prozesse gingen seit 1990 um 60 % zurück. Sie tragen 2010 mit 3 % in geringem Maße zur Gesamtemission klimarelevanter Gase

bei und werden in der folgenden Betrachtung nicht berücksichtigt.

2.1.2 Erhebung von Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen der Bundesländer werden nach einer abgestimmten verbindlichen Methodik auf Grundlage der Energiebilanz und anderer Daten jährlich ermittelt und von den Statistischen Landesämtern veröffentlicht. Dabei handelt es sich um eine quellenbezogene Darstellung der Emissionen. Unberücksichtigt bleiben dabei die mit Importstrom zusammenhängenden Kohlendioxidemissionen. Dagegen werden die Emissionen, die auf die Erzeugung von Exportstrom zurückzuführen sind, in vollem Umfang einbezogen. Berücksichtigt werden ausschließlich die Emissionen der fossilen Energieträger Kohle, Gas und Mineralöl sowie deren kohlenstoffhaltige Produkte.

Neben diesen aus dem Primärenergieverbrauch und anderen Größen abgeleiteten Daten werden in Baden-Württemberg kleinräumig erhobene Daten zu Treibhausgasemissionen im Emissionskataster der LUBW erfasst. In diesem Emissionskataster ist neben dem energiebedingten Anteil auch der prozessbedingte Anteil aufgeführt. Die Emissionsdaten der LUBW basieren auf einer kleinräumigen Erhebung auf Ebene der Gemeinden und Kreise und setzen sich zusammen aus Daten zum Verkehrsaufkommen, aus Emissionsdaten von genehmigungspflichtigen Anlagen nach der Verordnung über Emissionserklärungen (11. BImSchV), aus Angaben von Schornsteinfeuern zu kleinen und mittleren Feuerungsanlagen sowie zusätzlichen Angaben aus Gemeindebefragungen. Detaillierte Informationen zu der Erhebungsmethode finden sich in den Emissionskatasterberichten zu den einzelnen Quellengruppen des jeweiligen Bezugsjahres. Die Emissionsdaten für die Jahre 1990 und 1992 wurden aufgrund der für diese Jahre fehlenden kleinräumigen Datenerhebung mittels Kenngrößen auf der Basis des Erhebungsjahres 1995 abgeschätzt. Die Katasterdaten der LUBW weichen aufgrund der dargestellten unterschiedlichen Erhebungsmethoden von den Daten des Statistischen Landesamtes ab. Die Daten des Statistischen Landesamtes werden überwiegend nach einer im „Länderarbeitskreis Energiebilanzen“ abgestimmten Methodik erhoben, d. h. bundesweite Energiedaten werden über Faktoren auf Landesebene und Kreisebene heruntergebrochen.

Tab. 2.1-1: Kohlendioxidäquivalente der Treibhausgase des Kyoto-Protokolls [IPCC 2007].

Treibhausgas	Kohlendioxid-äquivalente*
Kohlendioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	21
Lachgas (N ₂ O)	310
Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe/ Trifluormethan (HFC/CHF ₃)	11 700
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	23 900
Perfluorierte Kohlenwasserstoffe / Tetrafluormethan (PFC/CF ₄)	6 500

* Potenzial bezogen auf 100 Jahre Zeithorizont

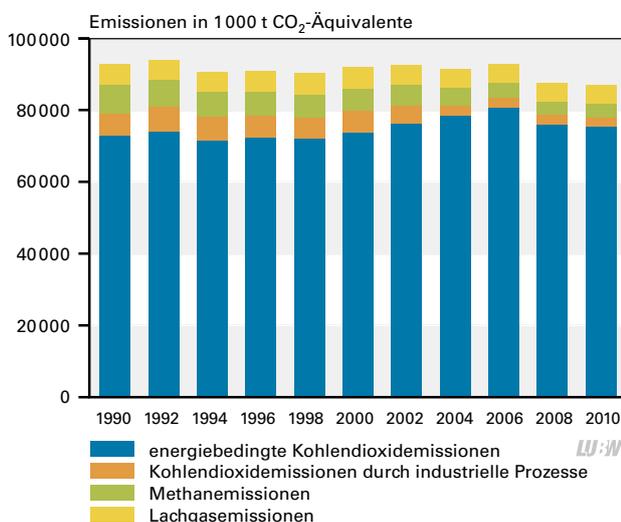
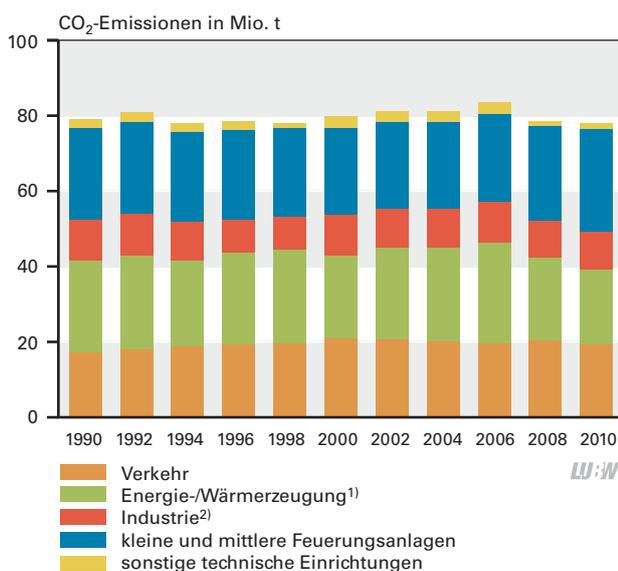


Abb. 2.1-1: Klimarelevante Emissionen in Kohlendioxidäquivalenten in Baden-Württemberg. Stand: 2012

2.1.3 Kohlendioxidemissionen nach Emittentengruppen

Für die Darstellungen der Treibhausgasemissionen werden erstmals die von der LUBW kleinräumig ermittelten Zahlen des Emissionskatasters Baden-Württemberg 2010 (www.ekat.baden-wuerttemberg.de) verwendet. Die Aufteilung der Anlagen erfolgt nach Anlagengruppen der Verordnung über genehmigungspflichtige Anlagen (4. BImSchV). Die Eingruppierung der Emittenten weicht dabei leicht von der Einteilung durch das Statistische Landesamt Baden-Württemberg (StaLa) ab. Die in den einzelnen Gruppen berechneten Daten des StaLa sind mit den Katasterdaten der LUBW aufgrund der bereits beschriebenen unterschiedlichen Erhebungsmethodik nicht vergleichbar. Deshalb weichen die absoluten Zahlen von den Werten der Vorjahre ab, die auf Daten des StaLa beruhen. Die Trendaussagen ähneln sich jedoch.

Die Aufgliederung der Kohlendioxidemissionen in die Emittentengruppen Industrie, Energie-/Wärmeerzeugung, kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie Verkehr zeigt, dass der Verkehr ähnliche Bedeutung für den Anstieg des Kohlendioxids in der Atmosphäre und deren Auswirkungen auf den Klimawandel hat, wie die anderen Emittentengruppen (Abb. 2.1-2). Prozentual gesehen nahm der Anteil des Verkehrs an den Kohlendioxidemissionen zwischen 1990 und 2010 um 13 % deutlich zu, der Anteil der Industrie sank um 9 %, der Anteil der Energie-/Wärmeerzeugung um 19 %, während der Anteil der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen um 13 % zunahm.



1) Energie-/Wärmeerzeugung (Anlagengruppe 1 nach 4. BImSchV)
2) Industrie (Anlagengruppe 2-10 nach 4. BImSchV)

Abb. 2.1-2: Anteile der Emittentengruppen an den Kohlendioxidemissionen in Baden-Württemberg. Stand: 2012

2.1.4 Sonstige Treibhausgasemissionen

In Baden-Württemberg trugen die Kohlendioxidemissionen im Jahr 2010 mit rund 89 % zum anthropogenen Treibhausgasemissionsbeitrag bei. 87 % dieser Kohlendioxidemissionen werden durch die Erzeugung von Energie verursacht. Hierzu zählen neben den Emissionen durch die Erzeugung von Wärme und Strom auch die vom Verkehr verursachten Emissionen. Bei den Emissionen der anderen Treibhausgase machten die Methanemissionen im Jahr 2010 bezogen auf ihr Treibhausgaspotenzial etwa 4,3 % der gesamten Treibhausgasemissionen aus (Abb. 2.1-1). Sie sind zwischen 1990 und 2010 um ca. 52 % zurückgegangen (Abb. 2.1-3). Hauptverursacher für die Methanemissionen waren im Jahr 2010 mit ca. 64 % die Landwirtschaft, mit ca. 15 % die Abfallwirtschaft mit Hausmülldeponien, Kompostierungsanlagen und Sickergruben. Mehr als 10 % des Methanausstoßes sind energieverbrauchsbedingten Emissionen zuzurechnen, insbesondere durch Gasverluste und Feuerungen. Gründe für die rückläufige Entwicklung sind der Ausbau der Deponiegaserfassung, die Reduzierung der abgelagerten organischen Abfälle und die Reduzierung der Viehbestände bzw. der technische Fortschritt bei der landwirtschaftlichen Produktion. Der Anteil von Lachgas an den Treibhausgasemissionen macht in Baden-Württemberg, bezogen auf das Treibhausgaspotenzial, etwa 6,1 % aus (Abb. 2.1-1). Die absolut emittierte Menge bewegte sich im Zeitraum von 1990 bis 2010 auf etwa gleichbleibendem Niveau. Hauptquelle sind mikrobielle Umsetzungen von

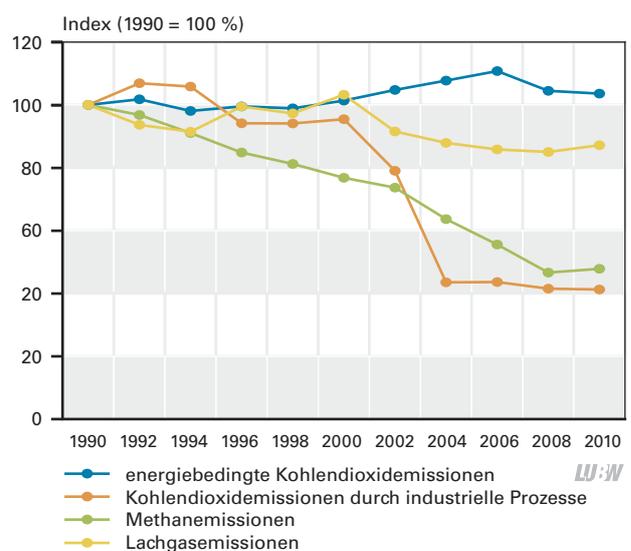


Abb. 2.1-3: Entwicklung der Lachgas- und Methanemissionen im Vergleich zu den Kohlendioxidemissionen in Baden-Württemberg (1990 = 100 %). Stand: 2012

Stickstoffverbindungen in Böden, die beispielsweise auf Stickstoffeinträgen durch Landwirtschaft, Industrie und Verkehr beruhen.

Die weiteren Treibhausgase Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, Perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid, die vor allem aus industriellen Prozessen und Anwendungen stammen, hatten im Jahr 2010 in der Summe, bezogen auf das Treibhausgaspotential, nur einen Anteil von etwa 0,7 % an den Treibhausgasemissionen von Baden-Württemberg.

2.1.5 Reduktion von Treibhausgasen

Mit dem Ziel, die Treibhausgase effektiv zu reduzieren, wurde zum 01.01.2005 durch eine EU-Richtlinie der im Kyoto-Protokoll vorgesehene Emissionshandel im industriellen Bereich in Deutschland eingeführt (2003/87/EG).

In Baden-Württemberg nehmen zu Beginn der zweiten Handelsperiode 156 Anlagen am Emissionshandel teil. Betroffen sind überwiegend Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 Megawatt (MW). In Tabelle 2.1-2 sind die verschiedenen Anlagenarten und die zugewiesenen Emissionsberechtigungen (Befugnis zur Emission von einer Tonne Kohlendioxid bzw. Kohlendioxid-äquivalent in der Handelsperiode 2008 bis 2012) aufgelistet. Demnach wurde in der Handelsperiode 2008 bis 2012 der überwiegende Anteil der Emissionsberechtigungen kostenlos zugewiesen. Ab 2013 werden für alle stromproduzierenden Anlagen die Emissionsberechtigungen versteigert. Für Anlagen der Industrie werden 2013 noch 80 % der Emissionsberechtigungen kostenlos zugewiesen und bis 2020 sukzessiv auf 30 % reduziert. Eine vollständige kostenlose

Zuteilung soll ausschließlich in Industriezweigen erfolgen, die in weltweiter Konkurrenz zu Industrien stehen, die dem Emissionshandel nicht unterliegen.

Parallel zum Emissionshandel sollen durch zielgenaue und kosteneffiziente Maßnahmen der Energieverbrauch und damit auch die Kohlendioxidemissionen deutlich gesenkt werden. Die Schwerpunkte konzentrieren sich vor allem auf die energetische Modernisierung von Gebäuden, eine umweltfreundliche Mobilität, eine Erhöhung der Energieeffizienz sowie den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung. Begleitend dazu sollen die Energieforschung und die Weiterentwicklung des internationalen Klimaschutzes unterstützt werden. Die Umsetzung der Maßnahmen und die tatsächliche Entwicklung der Kohlendioxidemissionen hängen von zahlreichen weiteren Faktoren wie z. B. der Wirtschaftsentwicklung, der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel, der notwendigen Versorgungssicherheit, der Entwicklung der Energiekosten und dem Verbraucherverhalten ab.

2.2 Klimawandel und seine Folgen

2.2.1 Klimaentwicklung der letzten Jahrzehnte

Das Klimamonitoring hat zum Ziel, das Langzeitverhalten ausgewählter meteorologischer Kenngrößen für Baden-Württemberg zu dokumentieren. Auf diese Weise sollen regionalklimatische Veränderungen erfasst und grundlegende Informationen für die Beurteilung möglicher Auswirkungen des Klimawandels bereitgestellt werden.

In dem Kooperationsvorhaben KLIWA werden von den Ländern Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern

Abb. 2.1-2: Anlagenarten und Gegenüberstellung tatsächlich und kostenlos in der zweiten Handelsperiode 2008 bis 2012 zugewiesene Emissionsberechtigungen (in Tonnen Kohlendioxidäquivalenten) in Baden-Württemberg. Quelle: Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHST). Stand: 2012

Anlagenart	tatsächlich zugewiesene Emissionsberechtigungen		kostenlos zugewiesene Emissionsberechtigungen		Anlagen	
	in t	in %	in t	in %	Anzahl	in %
Feuerungsanlagen (> 50 MW Feuerungswärmeleistung)	16 666 003	65,5	15 424 707	60,1	40	26
Feuerungsanlagen (20-50 MW Feuerungswärmeleistung)	850 253	3,3	1 266 161	4,9	58	37
Mineralölraffinerien	2 726 355	10,7	3 041 787	11,8	2	1
Herstellung von Zementklinker	3 063 181	12,0	3 308 412	12,9	8	5
Herstellung von Papier und Pappe	1 135 078	4,5	1 315 119	5,1	26	17
Sonstige	995 880	4,0	1 334 348	5,2	22	14
Gesamtergebnis	25 436 750	100,0	25 690 534	100,0	156	100

sowie dem Deutschen Wetterdienst Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft untersucht. In dem jüngsten Klimamonitoringbericht von KLIWA werden meteorologische und hydrologische Veränderungen der letzten 80 Jahre bis einschließlich 2010 ausführlich dokumentiert (www.kliwa.de > Klimamonitoringbericht 2011). Hier sind auszugsweise die wesentlichen Ergebnisse dargestellt:

Lufttemperatur

Generell ist festzustellen, dass sich der Trend zu einer Erwärmung auch in Baden-Württemberg fortsetzt. Nach einem kühleren Jahr 2010 ist die Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg 2011 wieder deutlich über den langjährigen Mittelwert gestiegen (Abb. 2.2-1). Die mittlere Jahreslufttemperatur hat in den letzten 80 Jahren (1931 bis 2010) um etwa 1,1 °C zugenommen. Die Erwärmung fällt in den letzten 80 Jahren im Winterhalbjahr (November bis April) mit +1,1 °C bis +1,3 °C stärker aus als im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) mit +0,9 °C bis +1,0 °C (Abb. 2.2-2). Der Trend zu höheren Temperaturen ist in den Monaten Dezember, Januar, Februar, Mai und August am ausgeprägtesten.

Gebietsniederschlag

Der Jahresniederschlag hat um 3 % bis 11 % leicht zugenommen. Die Änderungen sind im Sommer gering. Im Winterhalbjahr (November bis April) haben die Gebietsniederschläge in den letzten 80 Jahren um rund 13 % bis 24 % signifikant zugenommen (Abb. 2.2-3).

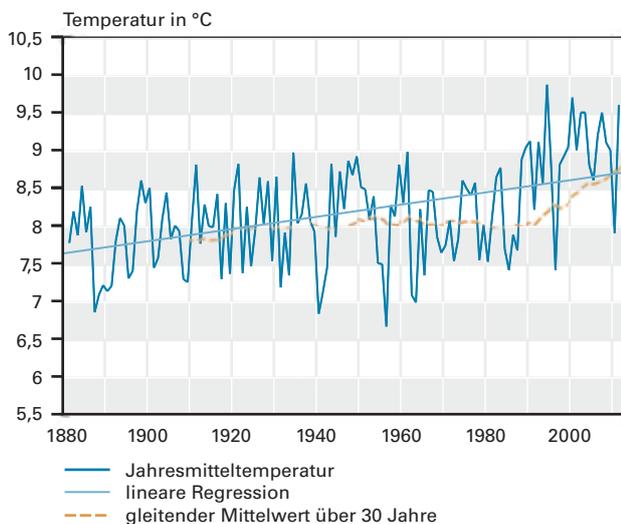


Abb. 2.2-1: Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen in Baden-Württemberg. Quelle: Deutscher Wetterdienst. Stand: 2011

Starkniederschlag

Die Entwicklung der Starkniederschläge, d. h. die höchsten jeweils im Sommer- bzw. Winterhalbjahr gemessenen Tagesniederschläge, ist regional uneinheitlicher als die der Gebietsniederschläge, aber auch hier sind weiterhin klare Trends zu erkennen: Im Winterhalbjahr erhöhen sich die Starkniederschläge um bis zu 21 % (Abb. 2.2-4), im Sommerhalbjahr sind die Änderungen meistens nicht signifikant. Es gibt keine Hinweise, dass Starkniederschlagsereignisse, die Hochwasser verursachen können, flächendeckend zugenommen haben.

Hochwasserabfluss

Die Zeitreihen ab 1932 zeigen in Baden-Württemberg an ca. 90 % der Pegel eine Tendenz zu steigenden Hochwasserabflüssen, vor allem im Winterhalbjahr (November bis April), der Jahreszeit mit der größten Hochwassergefährdung. Dieser Trend ist ab Mitte der 1970er Jahre verstärkt zu erkennen.

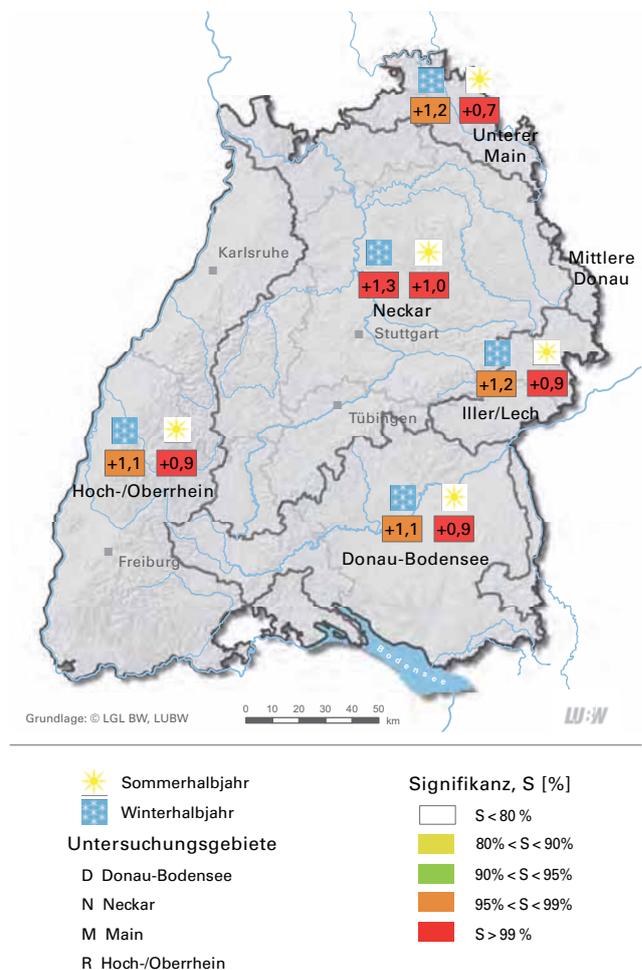


Abb. 2.2-2: Trend der mittleren Lufttemperatur in °C im hydrologischen Winter- und Sommerhalbjahr im Zeitraum 1931 bis 2010 [KLIWA 2011].

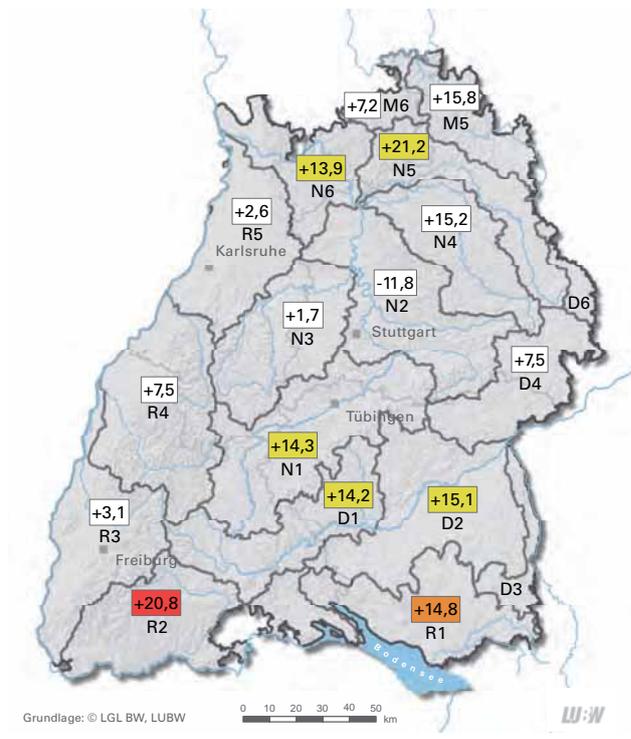
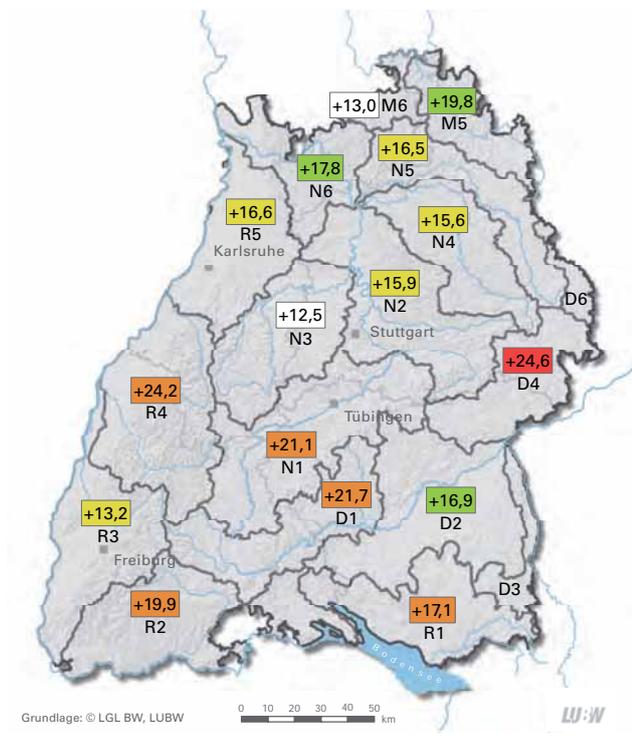


Abb. 2.2-3: Entwicklung der Gebietsniederschlagshöhe im hydrologischen Winterhalbjahr (relativer Trend in % vom Mittelwert der Zeitreihe von 1931 bis 2010) [KLIWA 2011].

Abb. 2.2-4: Entwicklung der Starkniederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr (relativer Trend in % vom Mittelwert 1931 bis 2010) [KLIWA 2011].

Niedrigwasserabfluss

Bei der Interpretation der Niedrigwasserabflüsse muss beachtet werden, dass durch wasserwirtschaftliche Nutzung mögliche Klimaeinflüsse überlagert werden können. Bei den Zeitreihen 1951 bis 2010 wird an ca. 70 % der Pegel in Baden-Württemberg ein Trend zu höheren Niedrigwasserabflüssen beobachtet. Bei Betrachtung des Zeitraumes 1974 bis 2000 zeigt sich eine Unterbrechung des Trends hin zu eher geringeren Niedrigwasserabflüssen. Die maximale Dauer von Niedrigwasserperioden war überwiegend rückläufig: Dies deutet auf eine Entspannung der Niedrigwassersituation in den letzten Jahren hin. Allerdings sind diese Trends bisher größtenteils nicht signifikant.

Grundwasserstände und Quellschüttungen

Für die Grundwasserstände und Quellschüttungen wurden Messstellen mit teilweise historisch langen Zeitreihen von 1913 bis 2007 ausgewertet. 67 % aller Messstellen weisen einen signifikanten, langfristigen Trend zu niedrigeren Grundwasserständen und Quellschüttungen auf. In den

letzten 20 bis 30 Jahren hat sich dies jedoch zu gleichbleibenden oder eher zunehmenden Grundwasserständen und Quellschüttungen entwickelt. Im Jahresverlauf tritt der Maximalwert bei 45 % der Messstellen zunehmend früher auf, d. h. im Mittel um etwa 0,6 Tage pro Jahr früher. Ebenso ist bei etwa 40 % der Messstellen ein signifikanter Trend zur höheren Variabilität zu erkennen.

Langzeituntersuchungen im Bodensee

Der Anstieg der Lufttemperatur in den letzten Jahrzehnten spiegelt sich auch in der oberflächennahen Wassertemperatur des Bodensees wider. Die Durchmischung des Bodensees im Winter und damit auch der Austausch des Tiefenwassers war seit Ende der 1980er Jahre häufiger schwach ausgeprägt, möglicherweise aufgrund wärmerer winterlicher Temperaturen. Seit etwa den 1990er Jahren ist der Wasserstand im Bodensee im Sommer im Mittel deutlich niedriger. Verschiedene Einflussfaktoren kommen dabei infrage: Wärmere Winter bedingen eine verringerte Schneespeicherung im alpinen Einzugsgebiet, sodass es weniger

Schmelzwasser im Frühjahr und Sommer gibt. Hinzu kommen Veränderungen bei der Verdunstung und der saisonalen Niederschlagsverteilung.

2.2.2 Auswirkungen des Klimawandels

Phänologische Untersuchungen an Wild- und Nutzpflanzen belegen einen Wandel der klimatischen Verhältnisse in Baden-Württemberg.

Die Phänologie befasst sich mit den Wachstums- und Entwicklungserscheinungen bei Pflanzen und Tieren. Dabei werden regelmäßig wiederkehrende biologische Phänomene, sogenannte phänologische Phasen, beobachtet wie z. B. der „Beginn der Blattentfaltung“, „Beginn/Ende der Blüte“, „Fruchtreife“ oder „Beginn des Blattfalls“. Das Jahr wird in zehn Phänologische Jahreszeiten eingeteilt: Vor-, Erst- und Vollfrühling, Früh-, Hoch- und Spätsommer, Früh-, Voll- und Spätherbst sowie Winter. In der Phänologischen Uhr werden die Mittelwerte des Eintritts der Phänologischen Jahreszeiten eines Ortes oder eines Gebietes in der Regel über einen Zeitraum von 30 Jahren dargestellt. Aber auch kürzere Zeiträume sind möglich. Bei der Doppelten Phänologischen Uhr werden zwei Zeiträume miteinander verglichen (Abb.2.2-5). Klimatisch bedingte Veränderungen in der Natur werden dadurch deutlich.

Mithilfe Phänologischer Uhren von Wild- und Nutzpflanzen konnte festgestellt werden, dass seit den 1960er Jahren bei vielen Pflanzen Blattaustrieb, Blüte und Fruchtreife im Frühling und Sommer immer früher einsetzen, sie blühen im Landesdurchschnitt um bis zu zwei Wochen früher. Dies wird am Beispiel „Nördliches Oberrheintiefeland“

deutlich (Abb. 2.2-5). Im Herbst hingegen verspäten sich Blattverfärbung und Blattfall. Insgesamt verlängert sich dadurch die Vegetationsperiode der Pflanzen.

Eine Pflanze, für die der immer häufigere Blühbeginn seit 1850 eindrucksvoll belegt werden kann, ist die Schlehe (*Prunus spinosa*).

Die Analyse phänologischer Zeitreihen von 1837 bis 2009 der Station Hohenheim zeigt, dass sich die phänologischen Phasen wie der Blühbeginn schon in früheren Jahrzehnten verschoben haben. Die Blüte der Schlehe (*Prunus spinosa*) tritt 30 Tage früher ein als noch vor rund 170 Jahren (Abb. 2.2-6). Diese Entwicklung beschleunigte sich in den letzten 20 Jahren.

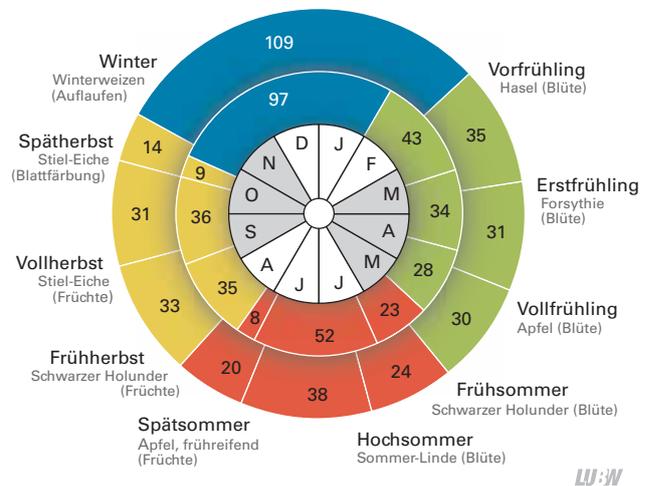


Abb. 2.2-5: Doppelte Phänologische Uhr für die Naturraumgruppe „Nördliches Oberrheintiefeland“ für die Zeiträume 1961 bis 1990 (äußerer Ring) und 1991 bis 2009 (innerer Ring), Monate im Zentrum, Frühlingstage in grün, Sommertage in Rot, Herbsttage in Gelb und Wintertage in blau. Quelle: DWD. Stand: 2010

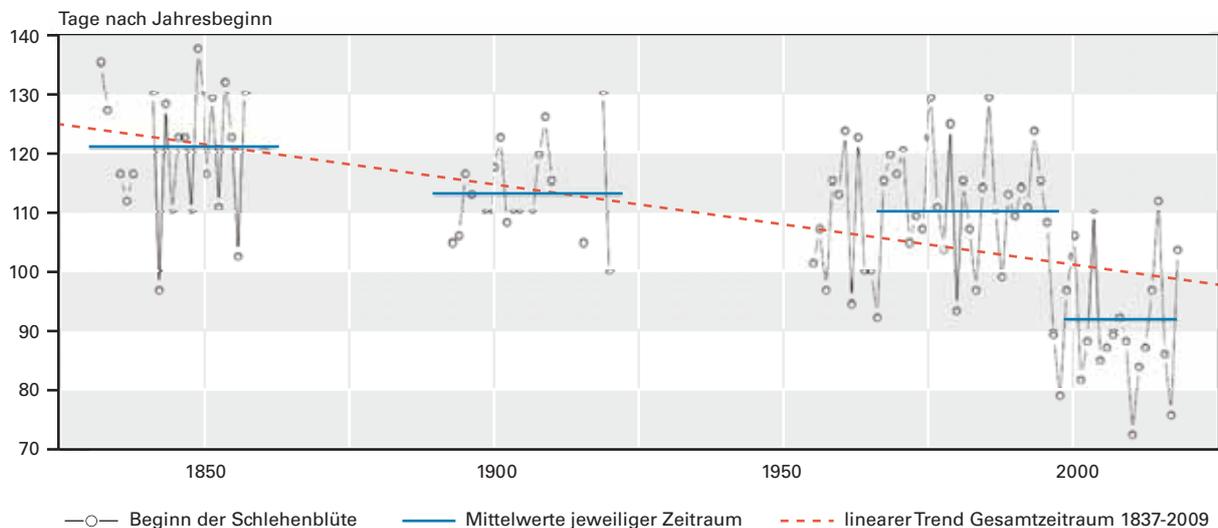


Abb. 2.2-6: Beginn der Schlehenblüte/Station Hohenheim. Quelle: Historische Phänologische Datenbank. Stand: 2010

Von der verlängerten Vegetationsperiode in Folge der Klimaänderung profitieren auch eingeschleppte Arten. Die Pollen der um 1860 von Nordamerika nach Deutschland eingebrachten Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) weisen für den Menschen ein hohes allergenes Potenzial auf. Dies ist besonders deshalb von Relevanz, da die Pflanze erst spät im Jahr nach anderen wichtigen Pollenallergieauslösern blüht. Bei Frostfreiheit kann die Blüte bis in den November anhalten. Für Allergiker kann sich dadurch die Leidenszeit im Jahr erheblich verlängern.

Im Jahr 1877 wurde die Beifuß-Ambrosie erstmals in Baden-Württemberg festgestellt. Eine Häufung der Nachweise ergab sich aber erst für die letzten beiden Jahrzehnte. Einerseits hängt dies mit der Einfuhr von mit Ambrosiasamen verunreinigtem Vogelfutter nach Deutschland zusammen – u. a. aus Ungarn, Rumänien und Kroatien. Andererseits erhöht eine verlängerte Vegetationsperiode im Zuge des Klimawandels die Vitalität und Reproduktivität der Art deutlich. Durch die Häufung milder Herbste in den letzten Jahrzehnten konnten die Samen der spät blühenden und frostempfindlichen Beifuß-Ambrosie noch ausreifen und sich ausbreiten.

In Teilen des Nördlichen Oberrheingebiets ist die Beifuß-Ambrosie etabliert (Abb. 2.2-7). Dort kommen auch mit mehreren zehntausend Pflanzen die größten Bestände, insbesondere auf Ruderalflächen und Wildäckern, vor. Eine mittlere bis hohe Etablierungstendenz besitzt die Pflanze im Mittleren und Südlichen Oberrheingebiet, im Neckarbecken und im Bodenseegebiet. In den anderen Landesteilen tritt die Beifuß-Ambrosie bislang sporadisch und unbe-

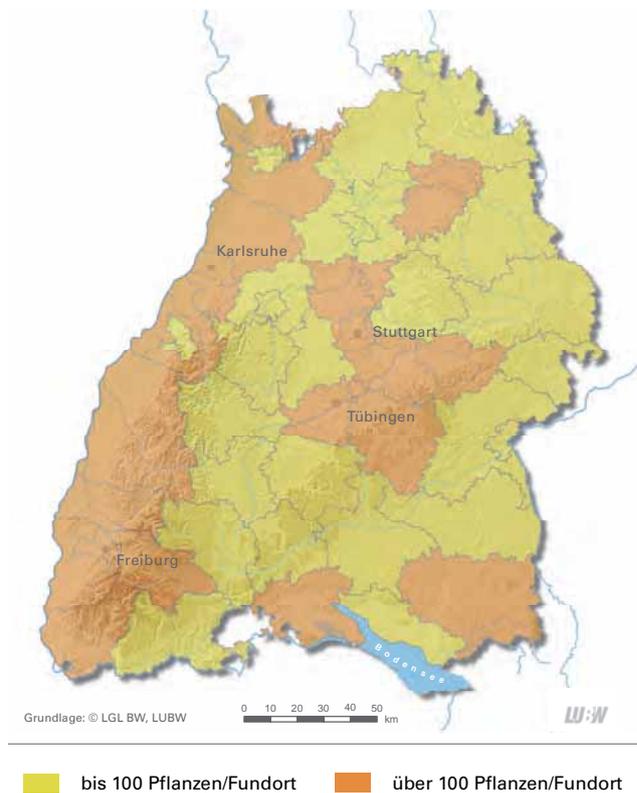


Abb. 2.2-7: Vorkommen von *Ambrosia artemisiifolia* in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs, Fundmeldungen 2007 bis 2010 [EDLER ET AL. 2010].

ständig auf. Zu den häufigsten Wuchsorten im Land zählen Vogelfutterstellen, Gärten, Äcker, Wildäcker, Ruderalflächen und Straßenränder.

Bekämpfungsmaßnahmen werden freiwillig von kommunalen und staatlichen Dienststellen, aber auch von privater Seite vorgenommen. Gute Bekämpfungserfolge zeigen sich beispielsweise auf ehemals stark befallenen Flächen auf Karlsruher Gemarkung und im Freiburger Stadtgebiet.

3 Luft

Das Wichtigste in Kürze

Die Luftqualität in Baden-Württemberg hat sich in den letzten 20 Jahren stetig verbessert. Besonders bei den **klassischen Luftverunreinigungen** Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Benzol und Blei lagen die gemessenen Konzentrationen weit unterhalb der vom Gesetzgeber festgelegten Grenzwerte.

Bei den primär **verkehrsbedingten Luftverunreinigungen** Stickstoffdioxid und Partikel PM₁₀ lagen im Jahr 2011 die gemessenen Konzentrationen bei den verkehrsnahen Messstationen zum Teil noch erheblich über den festgelegten Immissionsgrenzwerten. Die Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid an den verkehrsnahen Messstationen überstiegen alle den Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³. Auch beim Ozon konnten im Jahr 2011 an einigen Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg die Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Vegetation nicht eingehalten werden. Die Informationsschwelle von 180 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) wurde im Jahr 2011 an den beiden Messstationen Karlsruhe-Nordwest und Kehl an jeweils einem Tag überschritten. Im Luftmessnetz wurde im Jahr 2011 an keiner Messstation die Alarmschwelle für Ozon von 240 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) erreicht.

Bei den Emissionen von Luftschadstoffen in Baden-Württemberg konnten von 1994 bis 2010 zum Teil deutliche Rückgänge verzeichnet werden. Mit Ausnahme der **Luftschadstoffe Ammoniak und Gesamtstaub sowie Partikel PM₁₀** gingen die Emissionen aller anderen betrachteten Komponenten in dem genannten Zeitraum um bis zu 70 % zurück. Die Ammoniakemissionen reduzierten sich hingegen von 1994 bis 2010 nur geringfügig um 8 %. Bei den Luftschadstoffen Gesamtstaub und Partikel PM₁₀ konnte lediglich ein Rückgang von 20 % bzw. 32 % verzeichnet werden.

Aufgabe einer vorsorgenden Luftreinhaltepolitik ist es, Art und Wirkungen von Luftverunreinigungen auf den Menschen und die Umwelt zu erkennen, zu erfassen und die Ursachen soweit wie möglich zu beseitigen oder zumindest zu begrenzen. Aus diesem Grund werden in Baden-Württemberg sowohl die Art und Menge der in die Luft freigesetzten Stoffe (Emissionen) als auch die Konzentrationen der Stoffe in der Außenluft (Immissionen) und ihre Ablagerung (Deposition) systematisch untersucht und bewertet.

Als Luftverunreinigungen werden gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) alle Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft bezeichnet, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe und Geruchsstoffe. Vom Menschen verursachte Luftverunreinigungen entstehen durch Emissionen aus Industrie- und Gewerbeanlagen, dem Verkehr, Heizungen oder auch der Landwirtschaft. Daneben gibt es auch bedeutende natürliche Quellen für Luftverunreinigungen wie z. B. Fäulnisprozesse, Emissionen aus Nadelbäumen („Kiefernduft“), Baum- und Graspollen, Winderosion von Bodenmaterial und Waldbrände oder Vulkanausbrüche.

3.1 Erhebung der Emissionen

Grundlage für gezielte Luftreinhaltemaßnahmen ist eine räumlich und zeitlich aufgelöste Ermittlung der von verschiedenen Verursachern freigesetzten Luftverunreinigungen (Emissionen). Mit der Erfassung der Emissionsdaten wurde in Baden-Württemberg Ende der 1970er Jahre punktuell begonnen. Seit 1994 wurden die Emissionserhebungen im Zweijahres-Rhythmus auf das ganze Land ausgedehnt, sodass nun eine Gesamtbewertung der Emissionssituation auf der Basis der Emissionsdaten von 1994 bis 2010 vorliegt. Im Rahmen der Emissionserhebungen werden die Stoffe

- Stickstoffoxide (NO und NO₂, gerechnet als NO₂),
- Staub (Gesamtstaub und Partikel PM₁₀, PM_{2,5}),
- flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NM-VOC),
- Benzol (C₆H₆),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Ammoniak (NH₃),
- Schwefeldioxid (SO₂),
- klimarelevante Gase (CO₂, CH₄, N₂O) und
- ausgewählte Staubinhaltsstoffe (Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Benz[a]pyren (BaP), Polychlorierte Dibenz-p-dioxine und Dibenzofurane PCCD/PCDF) erfasst.

Die räumliche Auflösung der erhobenen Emissionen erlaubt neben der landesweiten auch eine regionale, kreis- und gemeindebezogene Beurteilung der Emissionssituation. Die Emissionserhebungen umfassen fünf nachfolgend näher beschriebene Quellengruppen.

Verkehr

In der Quellengruppe Verkehr werden die Emissionen des Straßen-, Schiff-, Schienen- und bodennahen Flugverkehrs erfasst. Wesentliche Grundlagen für die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen sind die Bundesverkehrszählung und deren Fortschreibung auf der Grundlage aktueller Verkehrsdaten und Verkehrsprognosen sowie die aktuellen Emissionsfaktoren des Handbuchs Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs – HBEFA, Version 3.1 [INFRAS 2010]. Die Berechnung der Emissionen von Schiffen, Schienenfahrzeugen und bodennahem Flugverkehr erfolgt auf Grundlage der Kraftstoffverbräuche, beim Flugverkehr werden die Emissionen der Starts und Landungen bis zu einer Höhe von 1 000 m einbezogen und die Emissionen organischer Stoffe des Flughafenbetriebs erfasst (z. B. Enteisierung, Vorfeldfahrzeuge).

Industrie und Gewerbe

Die Quellengruppe Industrie und Gewerbe umfasst:

- Betriebe mit nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen außer den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen nach der 1. BImSchV, der Kleinf Feuerungsverordnung. Hierzu zählen besonders kleinere Lackierereien und Druckereien, chemische Reinigungen, Tankstellen, Betriebe, in denen Holz, Metalle und Kunststoffe be- und verarbeitet werden, sowie Steinbrüche und Häfen.
- Betriebe mit genehmigungsbedürftigen Anlagen, die nach der 11. BImSchV, der Verordnung über Emissionserklärungen, verpflichtet sind, eine Emissionserklärung abzugeben.
- Betriebe, die nach den Vorgaben des europäischen Schadstofffreisetzungs- und Verbringungsregisters (E-PRTR) Informationen über ihre Schadstofffreisetzungen u. a. in Luft und Wasser melden.

Kleine und mittlere Feuerungsanlagen

Bei der Quellengruppe der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen handelt es sich um häusliche und gewerbliche Feuerungsanlagen für die Gebäudeheizung und die Warmwasserbereitung sowie für die Erzeugung von Prozesswärme bei Kleinverbrauchern, die der 1. BImSchV unterliegen. Die wesentlichen Energieträger sind hier Brenngase (Erdgas und Flüssiggase) und leichtes Heizöl, aber zunehmend auch im Sinne der Luftreinhaltung „kritische“ Festbrennstoffe wie Holz. Die Erfassung der Emissionen der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen wie auch der biogenen Systeme und sonstigen technischen Einrichtungen erfolgt im Zweijahres-Rhythmus im Rahmen der Aktualisierung des Luftschadstoff-Emissionskatasters Baden-Württemberg.

Biogene Systeme

Die biogenen Systeme beinhalten zum einen die Emissionen aus den Bereichen Vegetation, Böden, Gewässer, Wildtiere und Feuchtgebiete, also die eher naturbelasteten Quellen, zum anderen die vom Menschen beeinflussten Freisetzungen aus Landwirtschaft, Nutztierhaltung und Abwasserkanälen.

Sonstige technische Einrichtungen

Die sonstigen technischen Einrichtungen umfassen alle Anlagenarten, die sich nicht den vorher genannten Quellengruppen zuordnen lassen

- Erdgasverteilung (Netzverluste und Leckagen),
- Abfalldeponien und Altablagerungen,
- Abwasserbehandlung,
- Grundwasserförderung,
- private und kleingewerbliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte und
- Maschinen, Geräte und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (z. B. dieselgetriebene land- und forstwirtschaftliche Maschinen, auf Baustellen betriebene Maschinen und Geräte).

3.2 Immissionsmessnetze und Depositionsmessnetz

Zur Überwachung der Luftqualität gibt es in Baden-Württemberg drei landesweite Messnetze:

Luftmessnetz

Das Luftmessnetz besteht aus 37 Messstationen (Abb. 3.2-1), von denen drei im Auftrag Dritter (Städte bzw. umliegende Industriebetriebe) betrieben werden. Das Messnetz dient der Langzeitüberwachung von Luftverunreinigungen. Die langjährigen Messreihen lassen Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Luftbelastung zu. Die Anzahl der Messstellen und ihre räumliche Anordnung im Land gewährleisten eine flächendeckende Überwachung der Luftqualität. Im Jahr 2011 wurden an

- 8 Verkehrsmessstationen,
- 27 Messstationen im städtischen Hintergrund und an
- 2 Messstationen im ländlichen Hintergrund

die relevanten Luftverunreinigungen gemessen.

Damit werden zum einen die Immissionskonzentrationen erfasst, die in ländlichen bzw. städtischen Gebieten dort

auftreten, wo kein direkter Einfluss eines Emittenten vorliegt (ländlicher bzw. städtischer Hintergrund). Zum anderen werden die Immissionen an den Verkehrsmessstationen in direkter Nähe zum Kfz-Verkehr als einem wichtigen Verursacher von Luftverunreinigungen gemessen.

An den Stationen des Luftmessnetzes werden je nach Lage und lokaler Immissionssituation folgende Stoffe gemessen

- Stickstoffdioxid (NO₂),
- Partikel PM₁₀ und PM_{2,5},
- Ozon (O₃),
- Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Benzol (C₆H₆),
- Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) und Benzo[a]pyren (BaP) als Gesamtgehalt in der PM₁₀-Fraktion und
- Ammoniak (NH₃).

An den Stationen des Luftmessnetzes werden auch die für die Beurteilung der Luftqualität wichtigen meteorologischen Größen wie zum Beispiel Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur, Taupunkt, Niederschlag und Luftdruck gemessen.

Spotmessungen

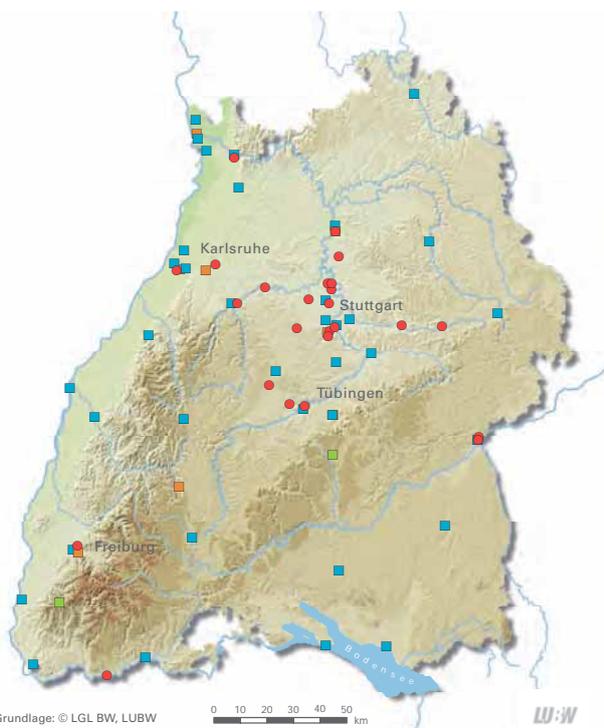
Die Spotmessungen erweitern das Luftmessnetz um zeitlich befristete Messstellen an innerörtlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen (Abb. 3.2-1). Im Jahr 2012 wurden an 28 Messpunkten in Baden-Württemberg Messungen von

- Stickstoffdioxid und
- Partikel PM₁₀

sowie an einigen ausgewählten Messstellen von

- Benzol,
- Ruß,
- Schwermetallen und
- Benzo[a]pyren

durchgeführt.



- Luftmessnetz, ländlicher Hintergrund
- Luftmessnetz, städtischer Hintergrund
- Luftmessnetz, Verkehrsmessstationen
- Spotmessung

Abb. 3.2-1: Standorte der Messstellen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen in Baden-Württemberg. Stand 2011

Depositionsmessnetz

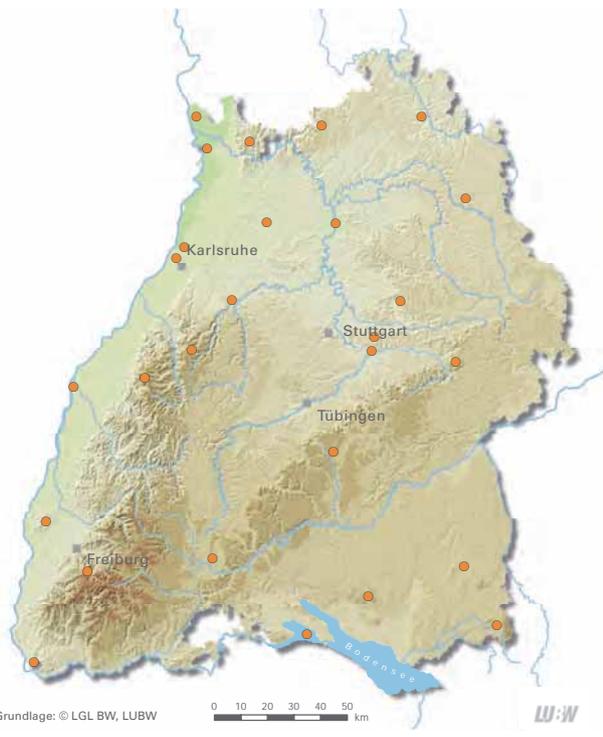
Seit 1992 werden die Ablagerungen (Deposition) von Luftverunreinigungen in städtisch und industriell geprägten Gebieten sowie in ländlichen Räumen messtechnisch erfasst. Mit der Optimierung und Neukonzeption des Depositionsmessnetzes 2005 kamen zu den bisher gemessenen Parametern:

- Staubniederschlag,
- Sulfat- und Nitrateintrag

die folgenden Untersuchungsparameter hinzu:

- Schwermetalleintrag (Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber),
- Eintrag der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie der
- Stickstoff-/Säureeintrag.

Im Jahr 2011 wurden an 27 Messstandorten die Depositionen erfasst. Die Standorte in den ländlich strukturierten Gebieten sind nach klimatischen, vegetationspezifischen sowie naturräumlichen Kriterien über das ganze Land verteilt und reichen von den regenreichen Hochlagen des Schwarzwaldes bis zu den trockenen Lagen des Taubertals (Abb. 3.2-2).



● Standorte Depositionsmessnetz

Abb. 3.2-2: Standorte der Messstellen des Depositionsmessnetzes in Baden-Württemberg. Stand: 2011

3.3 Luftverunreinigungen

Die Überwachung der Luftqualität durch die zuständigen Behörden ist in § 44 BImSchG geregelt. Die genauen Durchführungsbestimmungen wurden vom Gesetzgeber in der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) festgelegt. Die 39. BImSchV enthält u. a. Immissionswerte in Form von Immissionsgrenzwerten, Zielwerten, Informations- und Alarmschwellen sowie kritische Werte für alle relevanten Luftverunreinigungen.

3.3.1 Stickstoffoxide

Stickstoffoxide (NO_x) entstehen bei allen Verbrennungsprozessen unter hohen Temperaturen. Bedeutende Emissionsquellen sind der Kraftfahrzeugverkehr und die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Stickstoffoxide wirken reizend auf die Schleimhäute und Atemwege des Menschen und können Pflanzen schädigen. Auch eine Zunahme von Herz-Kreislauf-Erkrankungen kann beobachtet werden. Stickstoffdioxid (NO_2) ist zusammen mit den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) eine der Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon und anderen Photooxidantien. Stickstoffoxide tragen durch die langfristige Umwandlung in Nitrat und nachfolgender Deposition zur Überdüngung der Böden in empfindlichen Ökosystemen und Gewässern bei. Über die Umwandlung zu Salpetersäure leisten sie einen Beitrag zum „sauren Regen“.

Emissionen

Im Jahr 2010 wurden in Baden-Württemberg insgesamt 113 300 t Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, berechnet als Stickstoffdioxid) freigesetzt. Die Quellengruppe Verkehr hatte daran einen Anteil von 53 %, gefolgt von der Quellengruppe Industrie und Gewerbe mit 24 % und mit einem Anteil von 13 % und 10 % die kleinen und mittleren Feuerungsanlagen bzw. die sonstigen technischen Einrichtungen (Abb. 3.3-1).

Der Straßenverkehr ist bei der Quellengruppe Verkehr mit einem Anteil von 90 % hauptsächlich für die Stickstoffoxidemissionen verantwortlich (Abb. 3.3-2). Innerhalb der Quellengruppe Straßenverkehr sind es insbesondere die schweren Nutzfahrzeuge und Personenkraftwagen, die jeweils zu 42 % an den Stickstoffoxidemissionen beteiligt sind. Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe sind insbesondere die großen Kraft- und Heizwerke, die Ze-

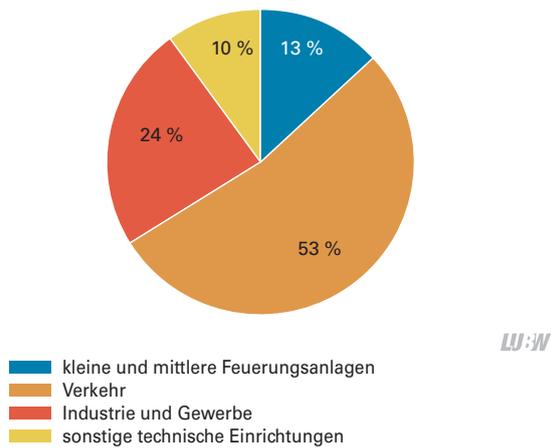


Abb. 3.3-1: Verteilung der Stickstoffoxidemissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

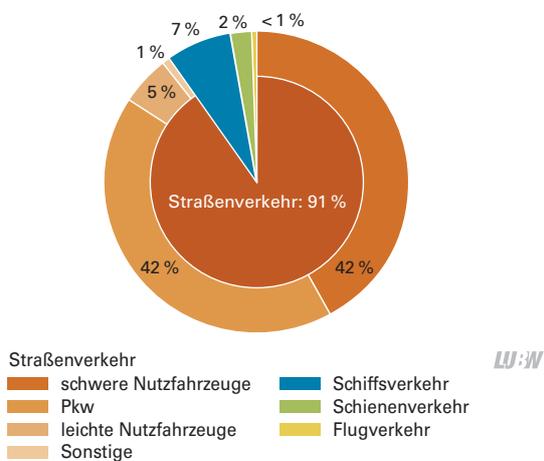


Abb. 3.3-2: Verteilung der Stickstoffoxidemissionen auf die Verkehrsträger in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

mentindustrie und die Mineralölverarbeitung für die Stickstoffoxidemissionen verantwortlich. Die wesentlichen Verursacher der Stickstoffoxidemissionen der sonstigen technischen Einrichtungen sind Geräte, Maschinen, Fahrzeuge der Bau- sowie der Land- und Forstwirtschaft und der Industrie. Bei den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen sind die privaten Gebäudeheizungen der Hauptemittent. Von 1994 bis 2010 gingen in Baden-Württemberg die Stickstoffoxidemissionen um 50 % zurück (Abb. 3.3-3). Die Emissionen des Verkehrs haben in diesem Zeitraum aufgrund von Minderungsmaßnahmen an den Fahrzeugen etwas stärker abgenommen (59 %), trotz zunehmender Zulassungszahlen und steigender Fahrleistung. Die Quellengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen weist in diesem Zeitraum keinen Rückgang bei den Stickstoffoxidemissionen auf. Die Emissionen dieser Gruppe sind abhängig vom Energieverbrauch und damit von den jeweiligen Temperaturen in der Heizperiode. Durch die Flottenver-

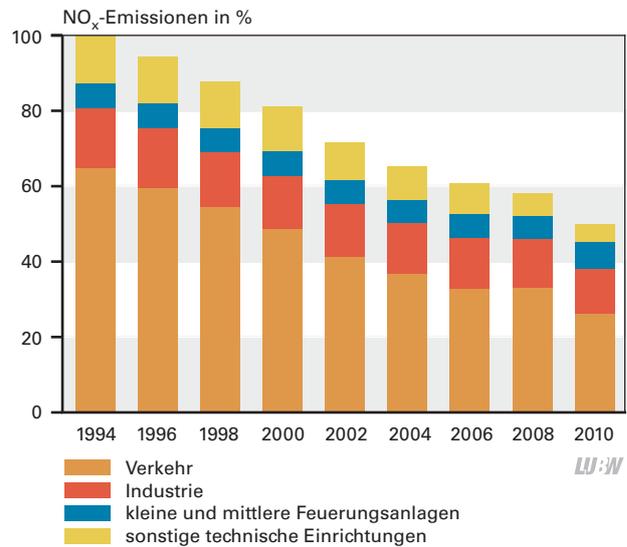


Abb. 3.3-3: Entwicklung der Stickstoffoxidemissionen in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

jüngung im Straßenverkehr und durch Neufahrzeuge mit niedrigem Emissionsniveau (Abgasgrenzwertstufen Euro 5 und Euro 6) ist mit einem weiteren Rückgang der Stickstoffoxidemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs zu rechnen. Bei den Quellengruppen Industrie und Gewerbe sowie kleinen und mittleren Feuerungsanlagen sind dagegen bei den Stickstoffoxiden nur noch geringe Minderungen zu erwarten.

Immissionen

Die höchsten Stickstoffdioxidbelastungen treten an den verkehrsnahen Messstellen auf. Die hier gemessenen Jahresmittelwerte liegen alle über dem Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im ländlichen und städtischen Hintergrund wurden im Jahr 2011 keine Überschreitungen festgestellt. Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) treten nur an der Verkehrsmessstation Reutlingen – Lederstraße Ost sowie an einigen Spotmessstellen auf (Abb. 3.3-5).

Die Entwicklung der Stickstoffdioxidbelastung seit Anfang der 1990er Jahre zeigt in direkter Verkehrsnähe (Mittelwert aus drei Messstationen) und im städtischen Hintergrund (Mittelwert aus 17 Messstationen) einen leicht abnehmenden Trend. Erwartungsgemäß liegt die Immissionsbelastung durch primär verkehrsbedingtes Stickstoffdioxid an den ländlichen Hintergrundmessstationen (Mittelwert aus zwei Messstationen) seit den 1990er Jahren auf sehr niedrigem Niveau (Abb. 3.3-6).

Tab. 3.3-1: Immissionswerte der 39. BImSchV für Stickstoffoxide

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert	zulässige Anzahl Überschreitungen
Stickstoffdioxid (NO ₂)	menschliche Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m ³	18 im Kalenderjahr
	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	—
	Alarmschwelle	1 Stunde*	400 µg/m ³	—
Stickstoffoxide (NO _x)	Vegetation	Kalenderjahr	30 µg/m ³	—

*gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden

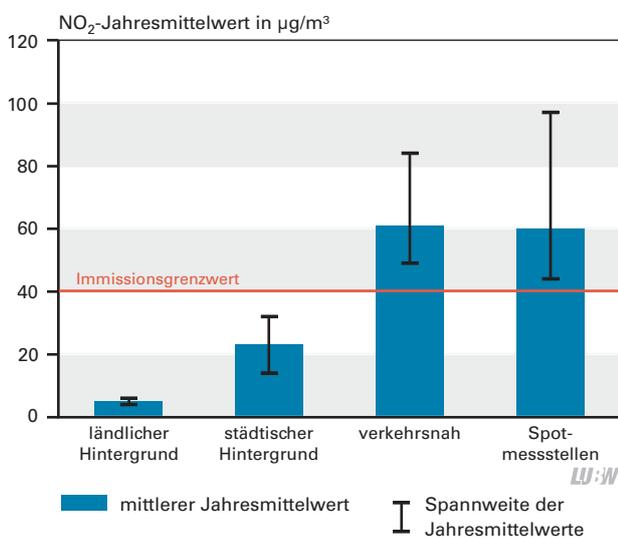


Abb. 3.3-4: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund, Verkehr) und den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

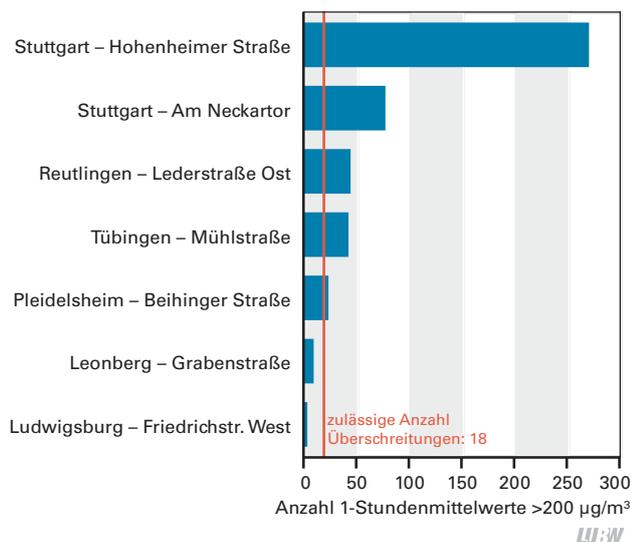


Abb. 3.3-5: Anzahl der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 200 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) für Stickstoffdioxid in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

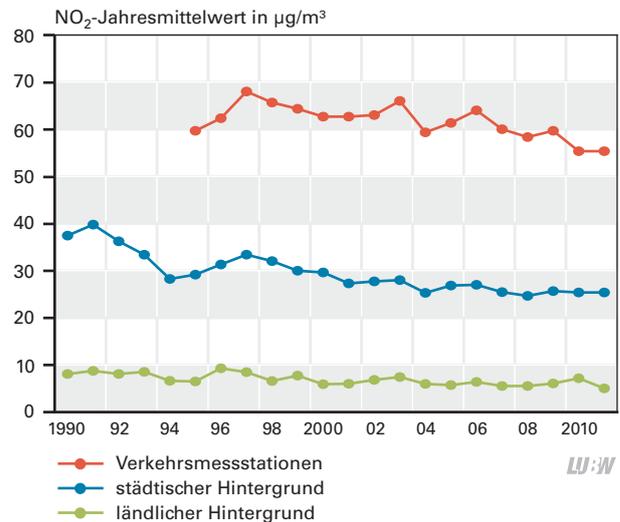


Abb. 3.3-6: Entwicklung der Immissionsbelastung von Stickstoffdioxid seit 1990 in Baden-Württemberg (Mittelwert aus den Jahresmittelwerten in µg/m³). Stand: 2012

Ursachenanalyse

Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität sind nach § 47 Abs. 4 BImSchG entsprechend dem Verursacheranteil unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit gegen alle Emittenten zu richten, die zum Überschreiten des Immissionswerts (Tab. 3.3-1) beitragen. Um Maßnahmen verursachergerecht ergreifen zu können, sind zunächst mittels einer Ursachenanalyse die Beiträge der einzelnen Verursacher zur Immissionsbelastung zu ermitteln.

Das Konzentrationsniveau bei Stickstoffdioxid wird an den untersuchten Straßenabschnitten durch den lokal direkt in unmittelbarer Umgebung der Messstelle vorhandenen Straßenverkehr beeinflusst. Der Beitrag dieser Quellengruppe liegt 2010 zwischen 42 % und 78 % an den gesamten NO₂-Belastungen. Die kleinen und mittleren Feuerungsanlagen verursachen zwischen 10 % und 32 % der NO₂-Immissionsbelastung, die Industrie, Offroad (Schiene-, Schiff- und Flugverkehr) und die sonstigen Quellen (Land- und Forstwirtschaft, Geräte, Maschinen und sonstige Fahrzeuge etc.) tragen insgesamt zwischen 2 % und 19 % zur Luftbelastung durch Stickstoffdioxid bei. Abbildung 3.3-7 zeigt beispielhaft die Verursacheranteile für die 2010 gemessenen Stickstoffdioxidbelastungen am Messpunkt Ludwigsburg – Friedrichstraße West.

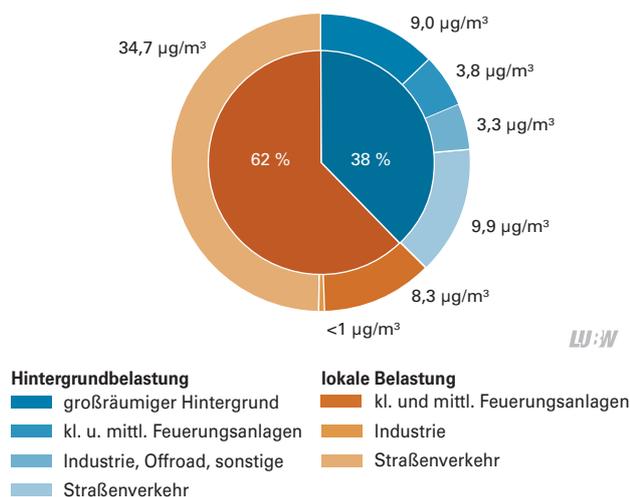


Abb. 3.3-7: Verursacher der NO₂-Immissionsbelastung am Messpunkt Ludwigsburg – Friedrichstraße West im Jahr 2010 [LUBW 2011b].

3.3.2 Partikel

Partikel oder Aerosole sind luftgetragene, feste oder flüssige Teilchen, die nicht unmittelbar zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen und über große Distanzen transportiert werden können. Für die gesundheitliche Bedeutung der Partikel (engl.: Particulate Matter, PM) ist neben ihren chemischen Stoffeigenschaften insbesondere ihre Größe von Bedeutung. Es werden vier Fraktionen hinsichtlich des Durchmessers der Staubpartikel unterschieden, wobei die größeren Fraktionen immer auch die kleineren Partikel beinhalten (Tab. 3.3-2). Umgangssprachlich werden die Partikelfraktionen auch als Feinstaub bezeichnet.

Vor allem Partikel der Fraktionen PM_{0,1} und PM_{2,5} sind für Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit bedeutsam. Aufgrund ihrer guten Lungengängigkeit können sie weit in den Organismus vordringen und Beschwerden des Atemtrakts und des Herz-Kreislauf-Systems verursachen. Als primäre Aerosole werden Partikel bezeichnet, die direkt in die Umwelt emittiert werden. Sekundäre Aerosole entstehen hingegen erst in der Atmosphäre durch che-

Tab. 3.3-2: Einteilung der Staubfraktionen

	Partikelgröße
Gesamtstaub	> 10 µm
inhalierbare Partikel PM ₁₀	< 10 µm*
lungengängige Partikel PM _{2,5}	< 2,5 µm
ultrafeine Partikel PM _{0,1}	< 0,1 µm

*Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % hat.

mische Reaktion aus Vorläufersubstanzen wie z. B. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide oder Ammoniak.

Emissionen

Bei den Staubemissionen wird zwischen Gesamtstaub und dem Partikelgehalt im Gesamtstaub unterschieden. Bei der Erfassung der Emissionen handelt es sich ausschließlich um primär emittierten Staub; die Bildung sogenannter sekundärer Aerosole aus Vorläufersubstanzen wird nicht berücksichtigt.

Natürliche Quellen von Staub wie z. B. Abwehungen von Bodenpartikeln (Erosion, Wüstenstaub), Waldbrände oder Pollen und Sporen werden im Rahmen des Emissionskatalogs als biogene Systeme erfasst.

Die PM₁₀-Fraktion wurde für jede Quelle getrennt aus den jeweiligen Gesamtstaubemissionen berechnet. Die Partikelemissionen werden mit 38 % von der Quellengruppe Verkehr bestimmt. Die kleinen und mittleren Feuerungsanlagen tragen 26 % zu den Emissionen von Partikel PM₁₀ bei. Gleich große Anteile stammen von der Quellengruppe Industrie und Gewerbe und den biogenen Systemen mit jeweils 16 %. Die sonstigen technischen Einrichtungen sind mit 4 % an den Emissionen von Partikel PM₁₀ beteiligt (Abb. 3.3-8).

Zwischen 1994 und 2010 nahmen die Emissionen von Partikel PM₁₀ um 32 % ab (Abb. 3.3-9), die Emissionen an PM_{2,5} gingen sogar um 42 % zurück. Beim Verkehr konnte ein Rückgang der Partikel PM₁₀-Emissionen um 34 % erreicht werden. Bei den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen stiegen die Partikel PM₁₀-Emissionen jedoch in diesem Zeitraum durch den verstärkten Einsatz von Holz als Brennstoff um 14 % an.

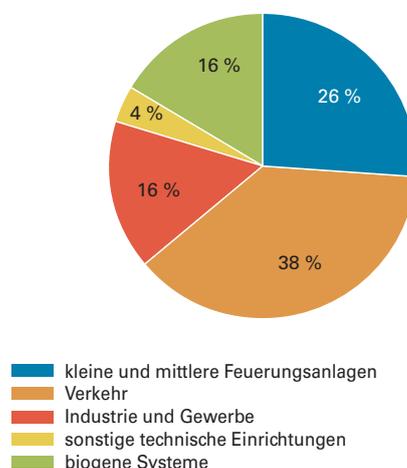


Abb. 3.3-8: Verteilung der Emissionen von Partikel PM₁₀ auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

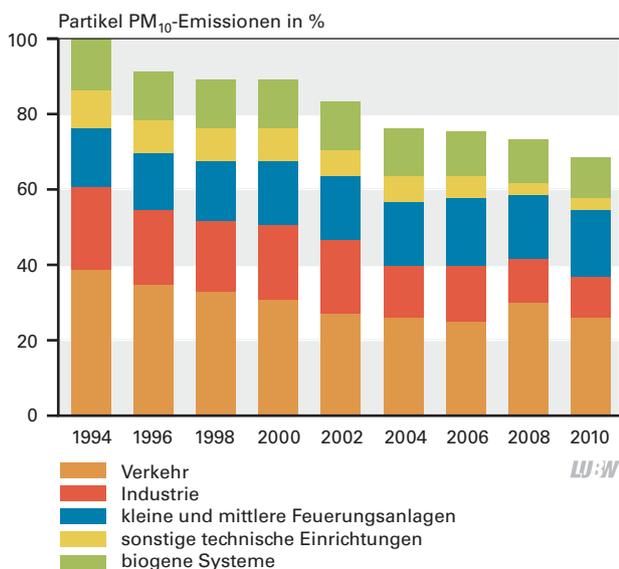


Abb. 3.3-9: Entwicklung der Emissionen von Partikel PM₁₀ in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

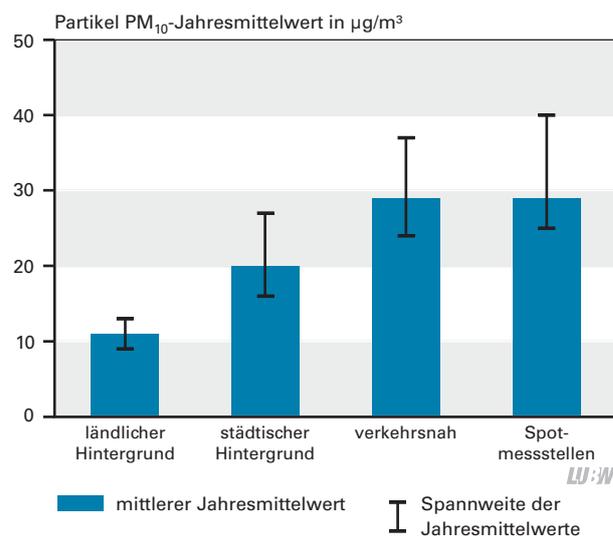


Abb. 3.3-10: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund, Verkehr) und den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

Immissionen

In den Abbildungen 3.3-10 bis 3.3-12 sind die im Jahr 2011 an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen gemessenen Partikelkonzentrationen (PM₁₀ und PM_{2,5}) dargestellt. Die höchsten Partikelkonzentrationen treten erwartungsgemäß an den verkehrsnahen Messstellen auf. Vor allem der Immissionsgrenzwert (Tab. 3.3-3) von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) wird an einigen Verkehrsmessstationen und Spotmessstellen häufig überschritten.

In den letzten Jahren ist bei den Verkehrsmessstationen (Mittelwert aus drei Messstationen) und den städtischen Hintergrundmessstationen (Mittelwert aus 22 Messstationen) ein leicht abnehmender Trend bei der Immissionsbelastung festzustellen. Erwartungsgemäß liegt die Immissionsbelastung der primär verkehrsbedingten Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den ländlichen Hintergrundmessstationen (Mittelwert aus zwei Messstationen) auf tiefem Niveau (Abb. 3.3-13).

Ursachenanalyse

Die Beiträge des Straßenverkehrs zu den Partikel PM₁₀-Immissionskonzentrationen der straßennahen Überschreitungspunkte 2010 bewegen sich zwischen 15 % und 53 %, wobei etwa ein Drittel durch Abgase verursacht wird und zwei Drittel aus verkehrsbedingtem Reifen-, Bremsen- und Straßenabrieb sowie aus Aufwirbelungen stammen. Die kleinen und mittleren Feuerungsanlagen haben einen An-

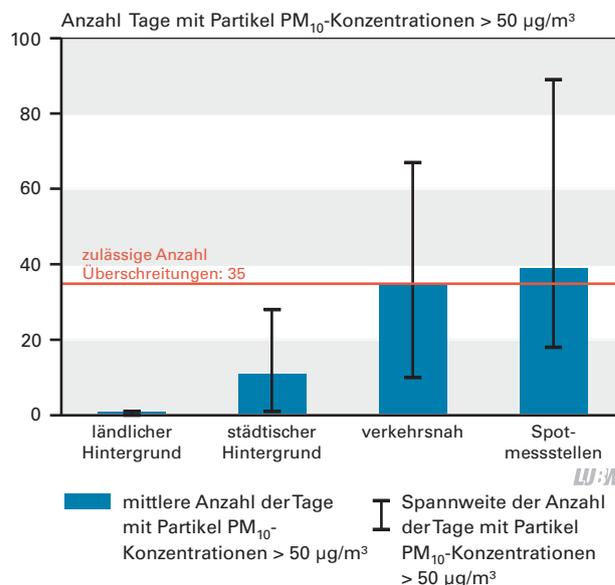


Abb. 3.3-11: Spannweiten der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) für Partikel PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund, Verkehr) und den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

Tab. 3.3-3: Immissionswerte für Partikel gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mitteilungszeitraum	Immissionswert	zulässige Anzahl Überschreitungen
Partikel PM ₁₀	menschliche Gesundheit	Tag	50 µg/m ³	35 im Kalenderjahr
	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	—
Partikel PM _{2,5}	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	25 µg/m ³	—

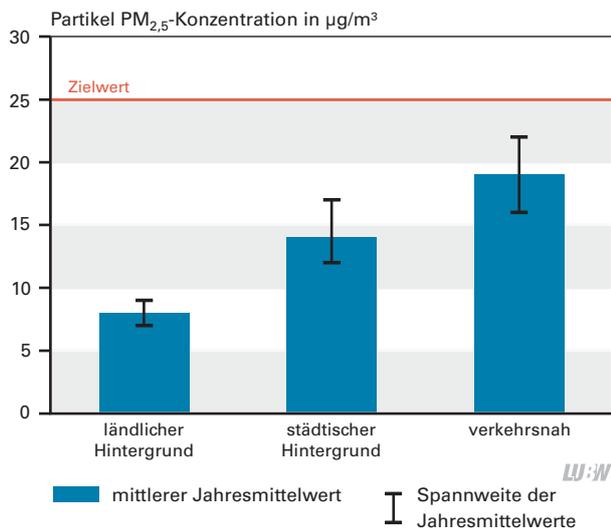


Abb. 3.3-12: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Partikel PM_{2,5}-Konzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

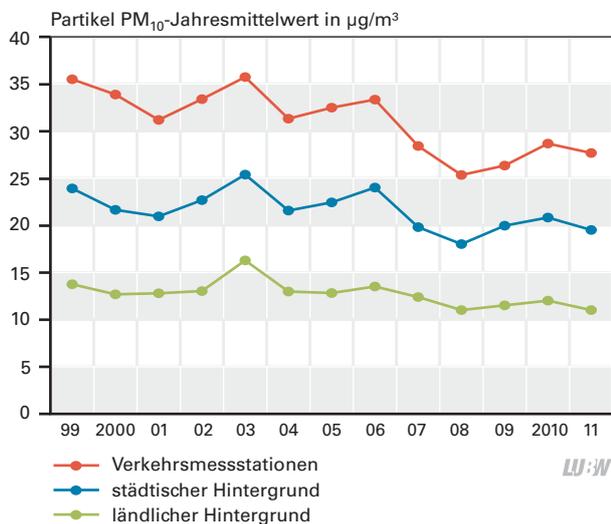


Abb. 3.3-13: Entwicklung der Immissionsbelastung von Partikel PM₁₀ seit 1999 in Baden-Württemberg (Mittelwert aus den Jahresmittelwerten in µg/m³). Stand: 2012

teil zwischen 9 % und 29 %, Industrie, Offroad-Verkehr (z. B. Traktoren, Baumaschinen), sonstige und biogene Quellen je nach Standort zwischen 2 % und 6 % an den PM₁₀-Werten.

Betrachtet man die Anteile der Verursachergruppen an den Partikel PM₁₀-Belastungen, wird deutlich, dass der Anteil der lokal bzw. in unmittelbarer Nähe der Messstelle liegenden Quellen einen wesentlich geringeren Einfluss auf die Partikel PM₁₀-Immissionsbelastung hat als bei den Stickstoffdioxidkonzentrationen. Der großräumige Hintergrund hat 2010 an den PM₁₀-Jahresmittelwerten einen Anteil zwischen 30 % und 45 %. In Abbildung 3.3-14 sind beispielhaft die Verursacheranteile am Messpunkt Ludwigsburg – Friedrichstraße West für Partikel PM₁₀ für 2010 dargestellt.

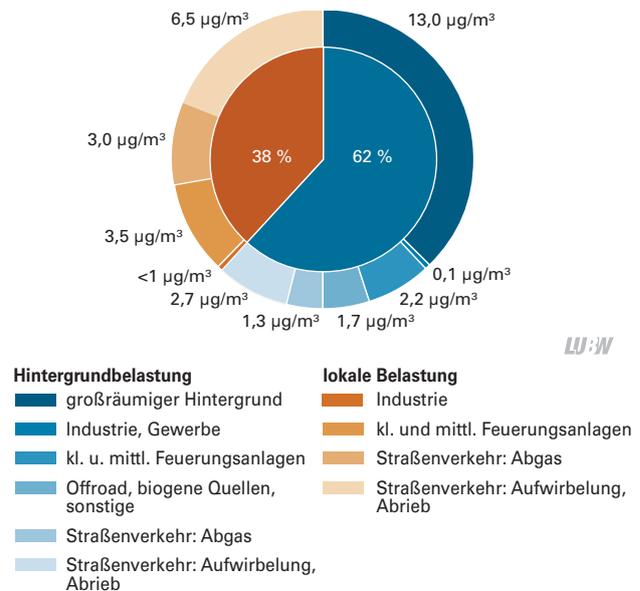


Abb. 3.3-14: Verursacher der PM₁₀-Immissionsbelastung am Messpunkt Ludwigsburg – Friedrichstraße West im Jahr 2010 [LUBW 2011b].

3.3.3 Ozon und Vorläufersubstanzen des Ozons

Ozon ist ein farbloses und sehr reaktives Gas. In der Erdatmosphäre schützt es als natürliche Ozonschicht oberhalb von etwa 20 km Höhe (Stratosphäre) die Erdoberfläche vor schädlicher Ultraviolettstrahlung der Sonne. Die Ozonschicht ist also ein natürlicher UV-Filter, ohne den Leben auf der Erdoberfläche nicht möglich wäre. Ozon kommt natürlicherweise auch in bodennahen Schichten vor. Die natürliche Hintergrundkonzentration beträgt etwa 50 µg/m³. Darüber hinaus wird Ozon aus Sauerstoff und Luftschadstoffen wie NO_x und flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compound – VOC) bei hoher Sonneneinstrahlung und mehrere Tage andauernden Hochdruckwetterlagen gebildet. Ozon wirkt in erhöhten Konzentrationen als Reizgas auf die Atemwege und kann nach tiefer Inhalation (z. B. bei sportlicher Betätigung) die Entstehung entzündlicher Prozesse im Lungengewebe fördern. Die Empfindlichkeit gegenüber Ozon ist dabei individuell unterschiedlich ausgeprägt. Zudem können erhöhte Ozonkonzentrationen in Bodennähe das Wachstum von Wild- und Nutzpflanzen beeinträchtigen.

Unter dem Oberbegriff **flüchtige organische Verbindungen (VOC)** ist eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffarten zusammengefasst, die sich sowohl in ihrer Wirkung auf den Menschen als auch in ihrem Verhalten in der Umwelt stark unterscheiden. Bestimmte organische Verbindungen haben Einfluss auf den globalen Zustand der Atmosphäre, indem sie in den Strahlungshaushalt der Erde eingreifen.

So ist Methan neben Kohlendioxid hauptverantwortlich für die Verstärkung des Treibhauseffektes. Aus diesem Grund wird bei der Darstellung der VOC-Emissionen im Allgemeinen zwischen Methan- und Nicht-Methan-VOC (NMVOC) unterschieden.

Emissionen

Die NMVOC-Emissionen betragen 2010 in Baden-Württemberg 165 000 t. Hauptverursacher sind mit einem Anteil von 48 % die biogenen Systeme und die industriellen und gewerblichen Quellen mit einem Anteil von 21 %. Die sonstigen technischen Einrichtungen tragen mit einem Anteil von 19 % zu den NMVOC-Emissionen bei, der Anteil des Verkehrs liegt bei 9 % und der Anteil der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen beträgt 3 % (Abb. 3.3-15). Innerhalb der biogenen Systeme sind vor allem die Wälder für die NMVOC-Emissionen verantwortlich. Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist das Gewerbe zu drei Viertel für die NMVOC-Emissionen verantwortlich. Die Emissionen entstehen hier vor allem beim Einsatz von Reinigungsmitteln, Lacken, Druckfarben und dem Umschlag von Kraftstoffen.

Bei den sonstigen technischen Einrichtungen tragen der Einsatz von Produkten mit organischen Lösemitteln, wie die Anwendung von Reinigungsmitteln, Klebstoffen oder Lacken, sowie die unvollständige Kraftstoffverbrennung in Geräten, Maschinen und Fahrzeugen wesentlich zu den NMVOC-Emissionen bei.

Die NMVOC-Emissionen gingen in Baden-Württemberg von 1994 bis 2010 um 43 % zurück (Abb. 3.3-16). Die Emissionsminderung beim Verkehr von 1994 bis 2010 um 83 % wurde vor allem durch das fortschreitende Anwachsen des

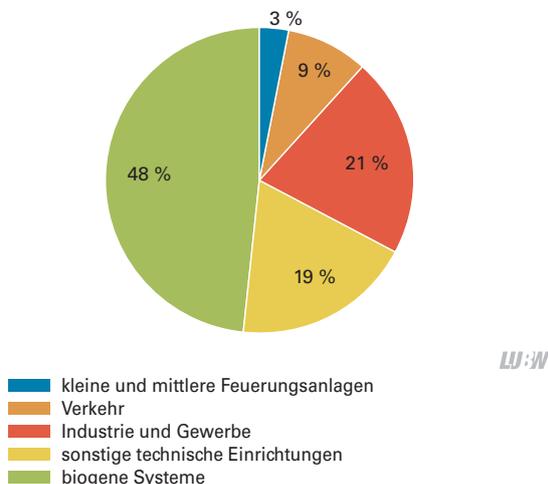


Abb. 3.3-15: Verteilung der NMVOC-Emissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

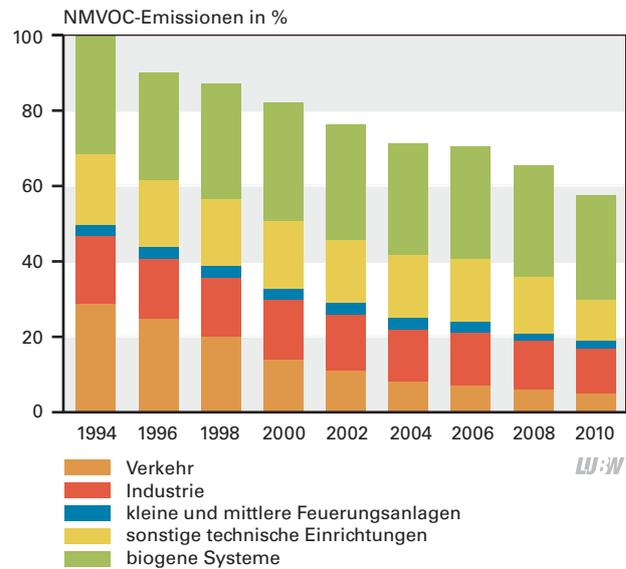


Abb. 3.3-16: Entwicklung der NMVOC-Emissionen in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

Kraftfahrzeugbestandes mit geregelter Katalysator erreicht. Bei den sonstigen technischen Einrichtungen betrug der Rückgang infolge lösemittelarmer Produkte und emissionsarmer Verfahren etwa 43 %, bei den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen wurde eine Minderung von 36 % erreicht. Zukünftig wird ein weiterer Rückgang der NMVOC-Emissionen erwartet. Der wachsende Anteil von Kraftfahrzeugen an der Fahrzeugflotte, die schärferen Abgasgrenzwerten entsprechen, wird wie bei den Stickstoffoxiden auch zukünftig zur Abnahme der Emissionen beitragen. Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist ein Rückgang der NMVOC-Emissionen insbesondere im Bereich der Lösemittelanwendungen zu erwarten.

Immissionen

Ozon weist einen charakteristischen Jahresgang mit Maximalkonzentrationen in den Sommermonaten bei intensiver Sonneneinstrahlung sowie eine räumliche Differenzierung mit hohen Konzentrationen vor allem am Stadtrand und in stadtnahen ländlichen Gebieten auf.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Ozon beträgt $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) bei 25 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr (Tab. 3.3-4). Maßgebend für die Beurteilung, ob der Zielwert eingehalten werden kann, ist die Zahl der Überschreitungstage pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre. Das Jahr 2010 ist das erste Jahr, das zur Berechnung der Anzahl der Überschreitungstage pro Kalenderjahr he-

Tab. 3.3-4: Immissionswerte für Ozon gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert	zulässige Anzahl Überschreitungen
Ozon	menschliche Gesundheit	8 Stunden ¹⁾	120 µg/m ³	25 im Kalenderjahr
	menschliche Gesundheit Informationsschwelle	1 Stunde	180 µg/m ³	—
	menschliche Gesundheit Alarmschwelle	1 Stunde	240 µg/m ³	—
	Vegetation	AOT40 ²⁾	18 000 (µg/m ³)h	—
	Vegetation (langfristiges Ziel)	AOT40 ²⁾	6 000 (µg/m ³)h	—

1) Höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages, gemittelt über drei Jahre; 2010 ist das erste Jahr, das zur Beurteilung des 3-Jahres-Zeitraums herangezogen wird.

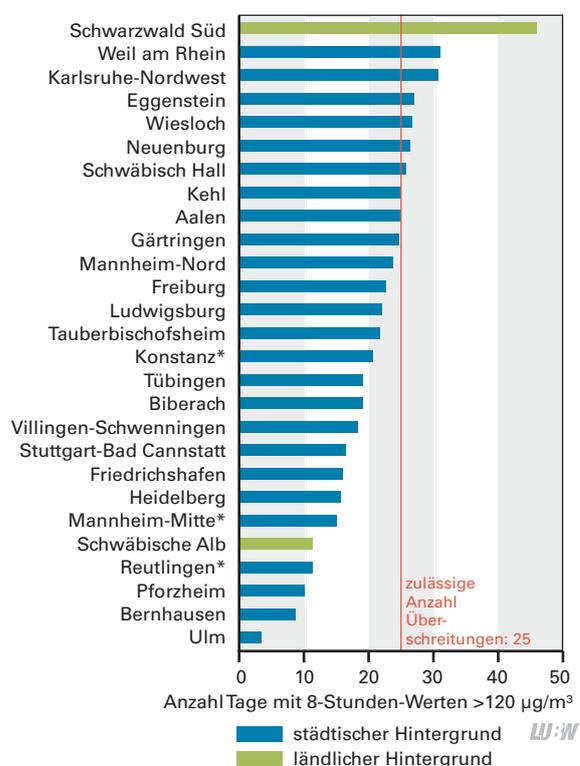
2) AOT40, ausgedrückt in (µg/m³)h, ist die über einen vorgegebenen Zeitraum (1. Mai bis 31. Juli) summierte Differenz zwischen Ozonwerten über 80 µg (= 40 ppb) und 80 µg unter ausschließlicher Verwendung der täglichen 1-Stundenmittelwerte zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit; AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb) im Mittel über fünf Jahre; 2010 ist das erste Jahr, das zur Beurteilung des 3-Jahres-Zeitraums herangezogen wird.

angezogen wird (39. BImSchV). Die Beurteilung, ob der Zielwert erreichbar ist, kann daher erst im Jahr 2013 erfolgen (Mittelung über die Jahre 2010, 2011 und 2012). Die Mittelung über mehrere Jahre dient dazu, den starken Einfluss der Meteorologie auf die Ozonbildung zu berücksichtigen.

Zur Abschätzung der zukünftigen Einhaltung des Zielwertes von 120 µg/m³ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) wurde eine Mittelung der Überschreitungstage für die Jahre 2009, 2010 und 2011 vorgenommen und in Abbildung 3.3-17 dargestellt. Die zulässige Anzahl von 25 Überschreitungen im Kalenderjahr für den Zielwert von 120 µg/m³ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) wurde im Jahr 2011 an 7 Messstationen überschritten (Abb. 3.3-17).

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation vor Ozon beträgt 18 000 (µg/m³)h als AOT40 für den Zeitraum von Mai bis Juli eines Kalenderjahres. Der AOT40, ausgedrückt in (µg/m³)h, ist die über einen vorgegebenen Zeitraum (1. Mai bis 31. Juli) summierte Differenz zwischen Ozonwerten über 80 µg (= 40 ppb) und 80 µg unter ausschließlicher Verwendung der täglichen Einstundenmittelwerte zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit. Maßgebend für die Beurteilung, ob der Zielwert zum 1. Januar 2010 erreicht wurde, ist der AOT40-Wert für diesen Zeitraum, gemittelt über fünf Jahre. Das Jahr 2010 ist das erste Jahr, das zur Berechnung der Zahl der Überschreitungstage pro Kalenderjahr herangezogen wird (39. BImSchV). Die Beurteilung, ob der Zielwert erreichbar ist, kann daher erst im Jahr 2015 erfolgen (Mittelung über die Jahre 2010, 2011, 2012, 2013 und 2014). Die Mittelung über mehrere Jahre dient dazu, den starken Einfluss der Meteorologie auf die Ozonbildung zu berücksichtigen.

Zur Abschätzung der zukünftigen Einhaltung des Ziel-

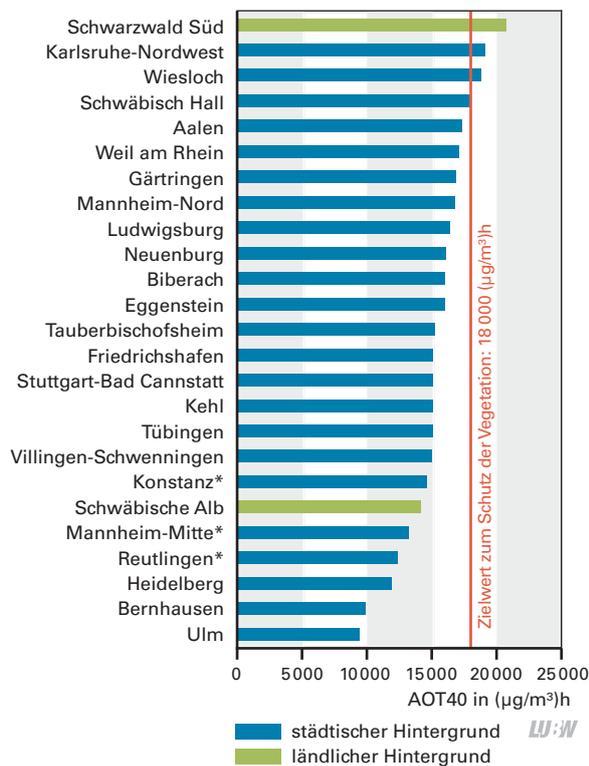


* privat finanzierte Messstation

Abb. 3.3-17: Anzahl der Tage mit Überschreitungen (Mittelung über die Jahre 2009, 2010 und 2011) des Zielwertes von 120 µg/m³ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) für Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg. Stand: 2012

wertes von 18 000 (µg/m³)h wurde eine Mittelung der AOT40-Werte für die Jahre 2007, 2008, 2009, 2010 und 2011 vorgenommen. Der Zielwert von 18 000 (µg/m³)h konnte im Jahr 2011 lediglich an drei Messstationen nicht eingehalten werden (Abb. 3.3-18).

Die Informationsschwelle von 180 µg/m³ (Einstundenmittelwert) wurde im Jahr 2011 nur an den beiden Messstationen Karlsruhe-Nordwest und Kehl an jeweils einem Tag



* privat finanzierte Messstation

Abb. 3.3-18: Ozonkonzentrationen berechnet als AOT40 in (µg/m³)h (Mittelung über die Jahre 2007 bis 2011) an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg. Stand: 2012

überschritten. Im Luftmessnetz wurde im Jahr 2011 an keiner der 31 Messstationen, an denen Ozon gemessen wurde, die Alarmschwelle von 240 µg/m³ (Einstundenmittelwert) erreicht.

Seit den 1990er Jahren ist sowohl bei den städtischen Hintergrundmessstationen als auch an der ländlichen Hintergrundmessstation Schwarzwald Süd ein abnehmender Trend bei der Immissionsbelastung festzustellen, wobei die Abnahme an der ländlichen Hintergrundmessstation Schwarzwald Süd deutlicher ausfällt. Deutlich sichtbar ist auch das „ozonreiche“ Jahr 2003, das aufgrund des heißen, trockenen Sommers hohe Ozonwerte aufwies (Abb. 3.3-19).

3.3.4 Benzol

Benzol (C₆H₆) ist der einfachste Vertreter der aromatischen Kohlenwasserstoffe. Die farblose Flüssigkeit hat einen charakteristischen Geruch und tritt leicht in die Gasphase über. Der Hauptaufnahmepfad in den Körper ist inhalativ. Benzol ist toxisch, jedoch spielen toxische Effekte in den in der Außenluft auftretenden Konzentrationsbereichen nur eine untergeordnete Rolle. Relevant ist die kanzerogene

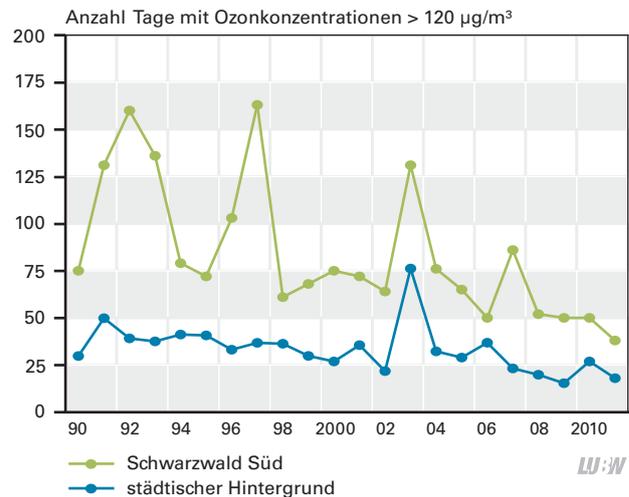


Abb. 3.3-19: Entwicklung der Immissionsbelastung von Ozon seit 1990 in Baden-Württemberg (Mittelwert aus den Überschreitungshäufigkeiten). Stand: 2012

(Leukämie) und erbgutschädigende Wirkung von Benzol bei längerer Exposition.

Emissionen

Hauptemissionsquellen von Benzol sind die Verbrennung von Benzin in Kraftfahrzeugen, Verdunstungsverluste beim Betanken und bei Heiß-/Warmabstellvorgängen sowie Freisetzen bei der industriellen Produktion. Aufgrund der Reduzierung des zulässigen Benzolgehalts in Benzin sowie der Einführung wirksamer Gasrückführungssysteme in Tankanlagen sind die Benzolfreisetzen rückläufig. Eine weitere Quelle sind Holzfeuerungsanlagen.

Die Gesamtemissionen von 1 181 t im Jahr 2010 stammen zu 70 % aus dem Verkehr, davon etwa 98 % von Pkw und Krafträdern. 26 % werden von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen emittiert, davon 98 % von Holzfeuerungsanlagen (Abb. 3.3-20). Durch die Begrenzung des Benzolgehalts im Ottokraftstoff auf 1 Vol.-% seit dem 1. Januar 2000 (10. BImSchV) und der allgemeinen Verbreitung von Kraftfahrzeugen mit geregelter Katalysator sanken die Benzolemissionen des Verkehrs seit 1994 um 78 %. Insgesamt verminderten sich in diesem Zeitraum die Benzolemissionen nur um 70 %. Grund hierfür ist die zunehmende Verwendung von Holz als Brennstoff in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen, die zu einer Vervielfachung der Benzolemissionen seit 1994 aus dieser Quellengruppe geführt hat (Abb. 3.3-21).

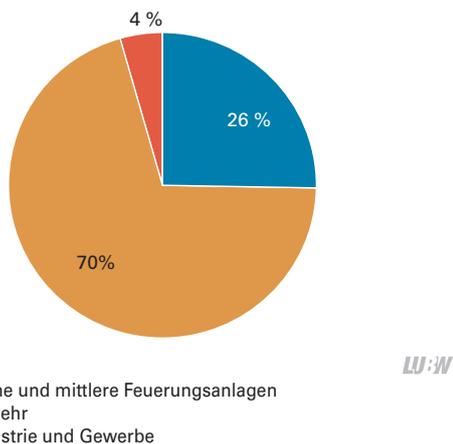


Abb. 3.3-20: Verteilung der Benzolemissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

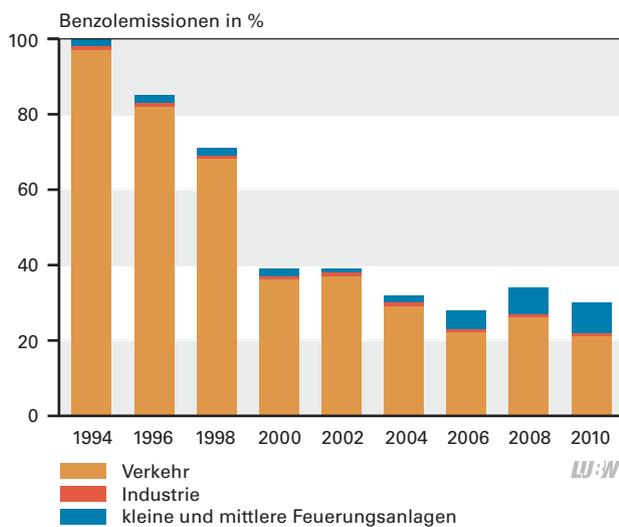


Abb. 3.3-21: Entwicklung der Benzolemissionen in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

Immissionen

Im Luftmessnetz und an den Spotmessstellen wurde im Jahr 2011 an allen Messstationen, an denen Benzol gemessen wurde, der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) eingehalten (Abb. 3.3-22).

In der Abbildung 3.3-23 ist die Entwicklung der Luftqualität für Benzol an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe – Reinhold-Frank-Straße, Mannheim – Friedrichsring und Stuttgart – Arnulf-Klett-Platz seit 1995 dargestellt. An den Verkehrsmessstationen ist ein deutlich abnehmender Trend der Benzolkonzentrationen festzustellen.

Tab. 3.3-5: Immissionswerte für Benzol gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Benzol	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

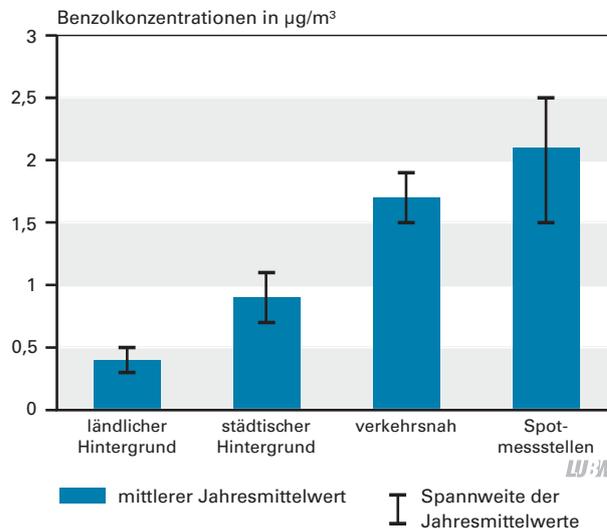


Abb. 3.3-22: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Benzolkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund, Verkehr) und den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

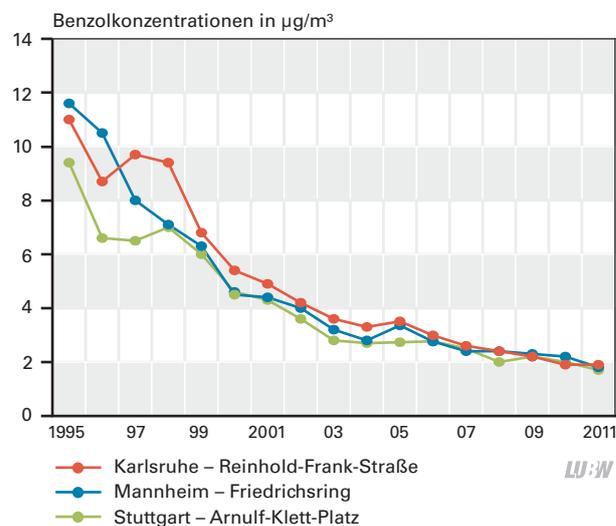


Abb. 3.3-23: Entwicklung der Immissionsbelastung von Benzol an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe – Reinhold-Frank-Straße, Mannheim – Friedrichsring und Stuttgart – Arnulf-Klett-Platz seit 1995 (Jahresmittelwerte). Stand: 2012

3.3.5 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid (CO) ist ein farb- und geruchloses, brennbares und wasserlösliches Gas und entsteht bei der unvollständigen Verbrennung kohlenstoffhaltiger, fossiler Brennstoffe. Einer der Hauptemittenten ist der Verkehr. Kohlenmonoxid wirkt in höheren Konzentrationen giftig, indem es den Sauerstofftransport im Blut blockiert. Akute Vergiftungserscheinungen treten vor allem in geschlossenen Räumen mit laufenden Verbrennungsmotoren (z. B. Garagen) auf. In der Außenluft lassen sich üblicherweise nur relativ niedrige Konzentrationen nachweisen, welche sich jedoch bei längerer Exposition ebenfalls belastend auf den Menschen, insbesondere auf empfindliche Bevölkerungsgruppen, wie ältere Menschen, Schwangere, Kinder oder Menschen mit Vorerkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, auswirken können.

Emissionen

Die Kohlenmonoxidemissionen von 319 000 t im Jahr 2010 wurden zu 44 % vom Verkehr und zu 36 % von den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen verursacht (Abb. 3.3-24). Durch die weitgehende Ausrüstung der Benzinfahrzeuge mit einem geregelten Katalysator sanken die Kohlenmonoxidemissionen des Verkehrs im Zeitraum 1994 bis 2010 um 75 %, während die Kohlenmonoxidemissionen insgesamt um 62 % abnahmen (Abb. 3.3-25).

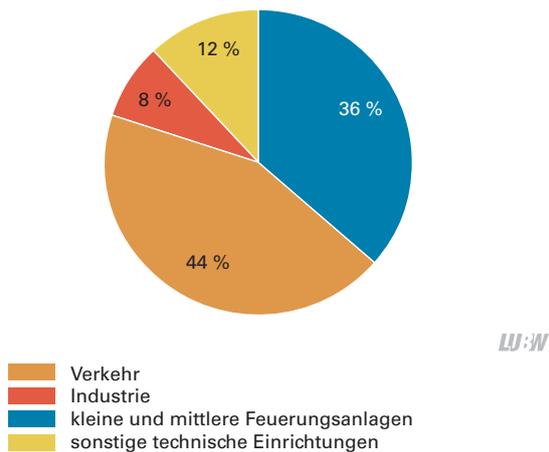


Abb. 3.3-24: Verteilung der Kohlenmonoxidemissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

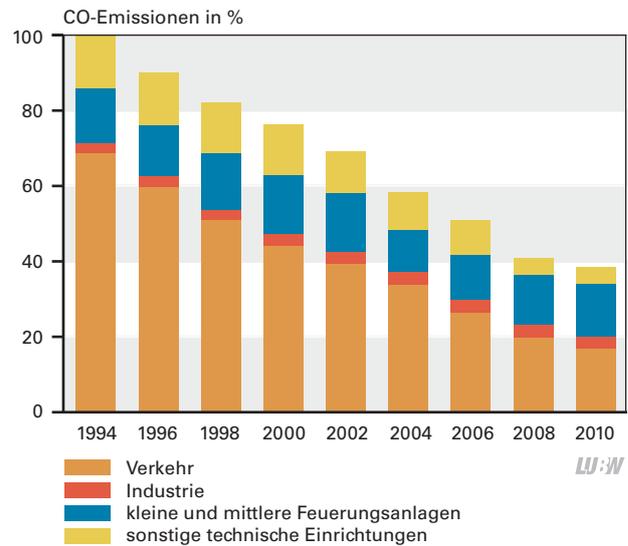


Abb. 3.3-25: Entwicklung der Kohlenmonoxidemissionen in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

Immissionen

Im Luftmessnetz wurde im Jahr 2011 an allen Messstationen, an denen Kohlenmonoxid gemessen wurde, der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 10 mg/m³ (maximaler 8-Stundenmittelwert pro Tag) weit unterschritten (Abb. 3.3-26, Tab. 3.3-6).

In Abbildung 3.3-27 ist die Entwicklung der Luftqualität für Kohlenmonoxid an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe – Reinhold-Frank-Straße, Mannheim – Friedrichsring und Stuttgart – Arnulf-Klett-Platz seit 1995 dargestellt. An den Verkehrsmessstationen ist ein stark abnehmender Trend der Jahresmittelwerte von Kohlenmonoxid festzustellen.

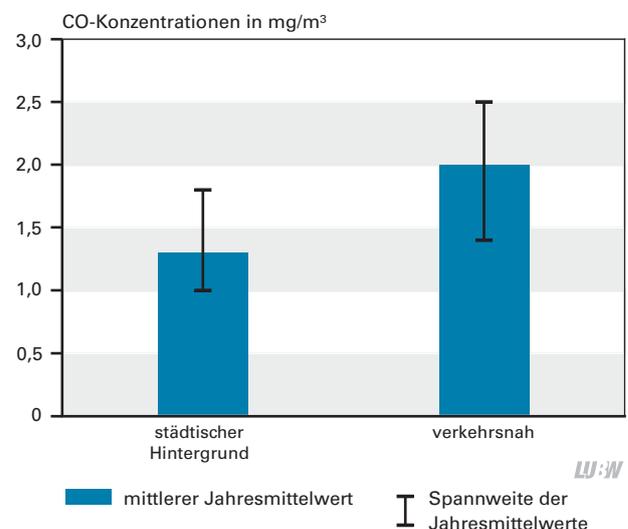


Abb. 3.3-26: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (städtischer Hintergrund und Verkehr) Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

Tab. 3.3-6: Immissionswerte für Kohlenmonoxid gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Kohlenmonoxid (CO)	menschliche Gesundheit	8 Stunden*	10 mg/m ³

*höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages

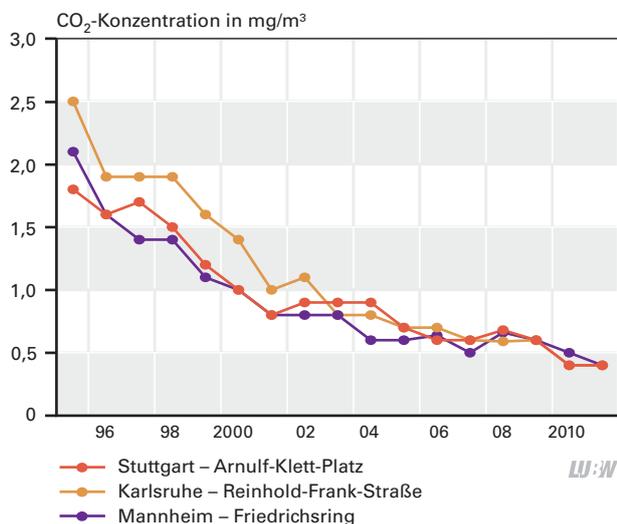


Abb. 3.3-27: Entwicklung der Immissionsbelastung von Kohlenmonoxid an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe – Reinhold-Frank-Straße, Mannheim – Friedrichsring und Stuttgart – Arnulf-Klett-Platz seit 1995 (Jahresmittelwerte). Stand: 2012

3.3.6 Ammoniak

Ammoniak (NH₃) ist ein wasserlösliches, farbloses und stechend riechendes Gas. In der Natur entsteht NH₃ bei der mikrobiellen Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Materie (Pflanzenreste, tierische Exkremente). Ammoniak wirkt reizend auf Augen, Schleimhäute und den Atemtrakt. Ammoniak wirkt in unmittelbarer Emittentennähe. Ein größerer Teil des Ammoniaks wird in der Atmosphäre zu Ammonium (NH₄⁺) bzw. seinen Salzen Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄) und Ammoniumnitrat (NH₄NO₃) umgewandelt, die über weite Strecken transportiert werden [LUBW 2008]. Diese sekundär gebildeten Aerosole tragen mit zur Partikelbelastung und durch ihre versauernde und eutrophierende Wirkung zur Gefährdung empfindlicher Ökosysteme bei.

Emissionen

Für Ammoniak sind in der 39. BImSchV für Deutschland Emissionshöchstmengen von 550 kt/a festgelegt, die seit 2011 einzuhalten sind.

Ammoniak stammt zu 95 % aus biogenen Quellen, insbesondere aus landwirtschaftlichen Tätigkeiten wie Nutztier-

haltung, sowie aus Böden und Pflanzen. Die Ammoniakemissionen, die als Nebenprodukt im geregelten Dreiwegekatalysator beim Pkw-Verkehr entstehen, machen einen Anteil von 5 % aus. Im Jahr 2010 betrug die Emissionen von Ammoniak insgesamt 54,15 kt/a (Abb. 3.3-28). Als Schwerpunkte der Ammoniakemissionen sind in Baden-Württemberg die Gebiete mit hohem Viehbestand, wie die Regionen Hohenlohe, Ostalb und Oberschwaben, zu nennen (Abb. 3.3-29). Von 1994 bis 2010 sind die Ammoniakemissionen um 8 % gesunken [LUBW 2012]. Ausschlaggebend hierfür war die Abnahme der Rinderbestände um 25 % [STALA 2009]. Weiterhin trägt die Anwendung der guten fachlichen Praxis gemäß der Düngeverordnung (DüV) zur Reduktion der Emissionen bei. Dagegen steigen die Ammoniakemissionen durch den Straßenverkehr im gleichen Zeitraum um das 2,5-fache an.

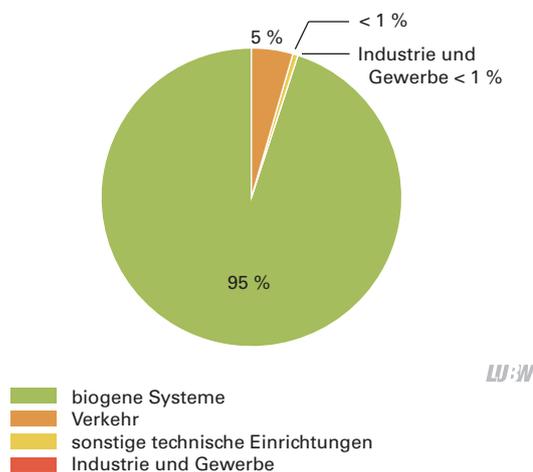
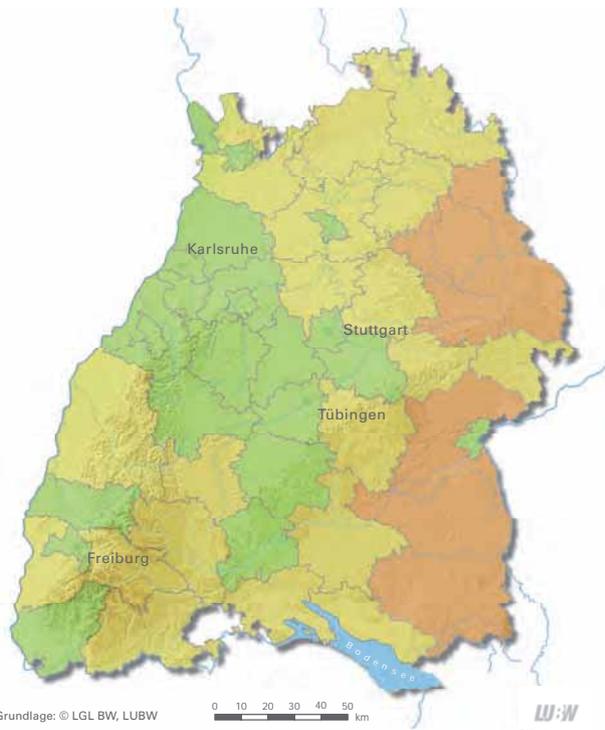


Abb. 3.3-28: Verteilung der Ammoniakemissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012



Grundlage: © LGL BW, LUBW

0 10 20 30 40 50 km

LUBW

0 bis 1000 t/a 1000 bis 3000 t/a 3000 bis 6000 t/a

Abb. 3.3-29: Verteilung der Ammoniakemissionen auf die Stadt- und Landkreise in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

Immissionen

Seit 2007 wird an 19 Standorten in Baden-Württemberg die Ammoniakkonzentration mittels Passivsammler (Fernsammler) ermittelt. Die Höhe der Ammoniakkonzentration ist durch die Emittenten der Umgebung geprägt. Monatliche Messungen finden fern von direkten Emittenten sowohl im landwirtschaftlich und industriell geprägten Umfeld als auch im naturnahen Hintergrund statt (Abb. 3.3-30). Diese emittentenernen Messungen ermöglichen eine Bewertung der Ammoniakvorbelastung für das jeweilige Umfeld.

Bei den städtisch- und verkehrsgeprägten Standorten werden direkt am Straßenrand (emittentennah) im zweiwöchigen Rhythmus die Ammoniakimmissionen erfasst. Diese Ergebnisse spiegeln somit die Immissionssituation in unmittelbarer Verkehrsnähe wider (Abb. 3.3-31). In direkter Nähe von Landwirtschaftsbetrieben (Tierhaltung) können Ammoniakkonzentrationen von weit mehr als 30 µg/m³ gemessen werden [LUBW 2008].

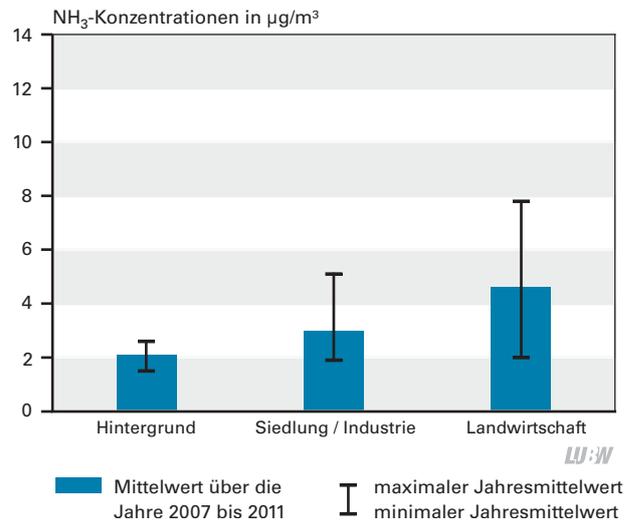


Abb. 3.3-30: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen an emittentenernen Standorten in Baden-Württemberg im Zeitraum 2007 bis 2011. Stand: 2012

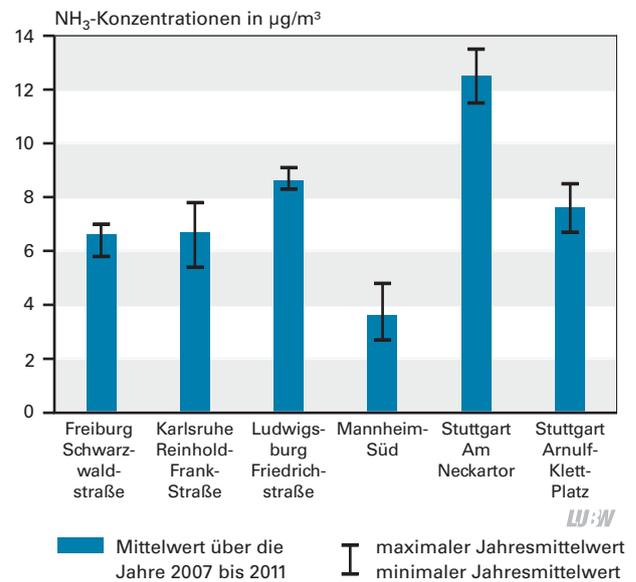


Abb. 3.3-31: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen an emittentennahen Standorten in Baden-Württemberg im Zeitraum 2007 bis 2011. Stand: 2012

3.3.7 Schwefeldioxid

Schwefeldioxid (SO₂) reizt die Schleimhäute und die Atemwege. Die Kombination von Schwefeldioxid und Stäuben verstärkt die negative Wirkung auf die Gesundheit erheblich. Des Weiteren schädigt Schwefeldioxid Pflanzen. Insbesondere Nadelhölzer, Moose und Flechten reagieren empfindlich auf erhöhte Schwefeldioxidkonzentrationen in der Luft.

Der Abbau von Schwefeldioxid in der Atmosphäre erfolgt durch Oxidation zu Schwefelsäure, die als Niederschlag ausgetragen wird. Schwefeldioxid trägt damit über den

„sauren Regen“ erheblich zur Versauerung von Böden und Gewässern sowie zu säurebedingten Korrosions- und Verwitterungsschäden an Metallen und Gestein, z. B. an Gebäuden, bei.

Emissionen

Schwefeldioxidemissionen entstehen bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe, insbesondere von Kohle und Heizöl. Im Jahr 2010 wurden 22 300 t Schwefeldioxid emittiert, davon 79 % durch Kraftwerke und Industriefeuerungen und 20 % durch kleine und mittlere Feuerungsanlagen (Abb. 3.3-32).

Insgesamt nahmen die Emissionen von Schwefeldioxid zwischen 1994 und 2010 um 60 % ab. Den stärksten Rückgang der Schwefeldioxidemissionen gab es bereits Ende der 1980er Jahre, vor allem durch die Abgasentschwefelung bei Kraftwerken und Industriefeuerungen. Seit 1994 sind die Emissionen von Schwefeldioxid bei dieser Emittentengruppe nochmals um 45 % gesunken. Auch bei den kleinen und mittleren Feuerungsanlagen hat sich der Rückgang der Emissionen um 71 % durch die Reduzierung des Schwefelgehalts des leichten Heizöls von maximal 0,20 % auf durchschnittlich 0,096 % stark auf die Emissionen ausgewirkt. Besonders groß ist der Rückgang der Emissionen um 98 % beim Verkehr durch Einsatz von schwefelfreiem Dieseldieselkraftstoff (max. 10 mg Schwefel je kg Dieseldieselkraftstoff), so dass dieser kaum noch zur Schwefeldioxidemission beiträgt (Abb. 3.3-33).

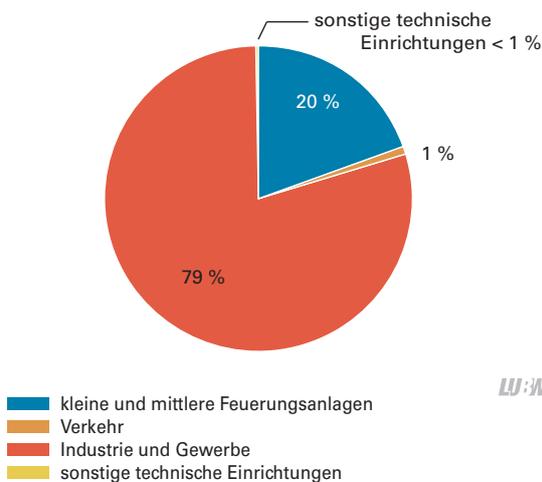


Abb. 3.3-32: Verteilung der Schwefeldioxidemissionen auf die Quellengruppen in Baden-Württemberg 2010. Stand: 2012

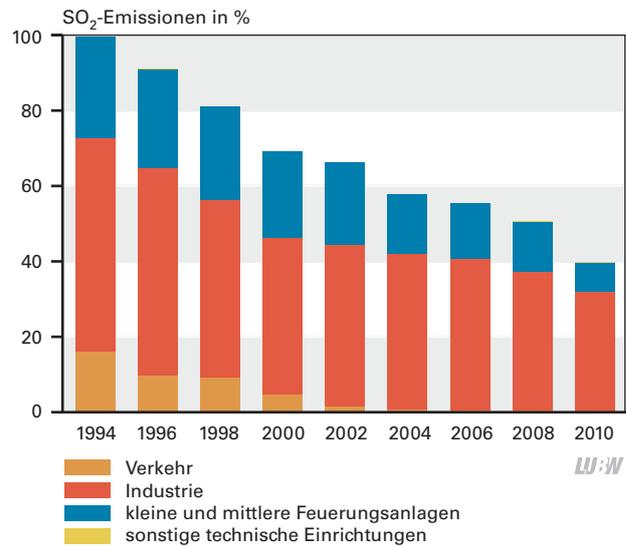


Abb. 3.3-33: Entwicklung der Schwefeldioxidemissionen in Baden-Württemberg 1994 bis 2010 im Vergleich zu 1994 (1994 = 100 %). Stand: 2012

Immissionen

Im Luftmessnetz wurden im Jahr 2011 an allen Messstationen, an denen Schwefeldioxid gemessen wurde, die Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 350 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) und 125 µg/m³ (Tagesmittelwert) sowie der kritische Wert zum Schutz der Ökosysteme von 20 µg/m³ (Jahresmittelwert) weit unterschritten (Tab. 3.3-7 und Abb. 3.3-34 bis 3.3-36). In Abbildung 3.3-37 ist die Entwicklung der Luftqualität in Baden-Württemberg für Schwefeldioxid seit 1990 dargestellt. Die Immissionsbelastung ist seit den 1990er Jahren stark rückläufig und spiegelt eindrucksvoll die Erfolge der Luftreinhaltepolitik bei der Reduktion der Schwefeldi-

Tab. 3.3-7: Immissionswerte für Schwefeldioxid gemäß der 39. BImSchV

Luftverreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert	zulässige Anzahl Überschreitungen
Schwefeldioxid (SO ₂)	menschliche Gesundheit	1 Stunde	350 µg/m ³	24 im Kalenderjahr
	menschliche Gesundheit	1 Tag	125 µg/m ³	3 im Kalenderjahr
	Alarmschwelle	1 Stunde*	500 µg/m ³	—
	Ökosysteme	Winterhalbjahr 1. Oktober bis 31. März	20 µg/m ³	—

*gemessen in drei aufeinander folgenden Stunden

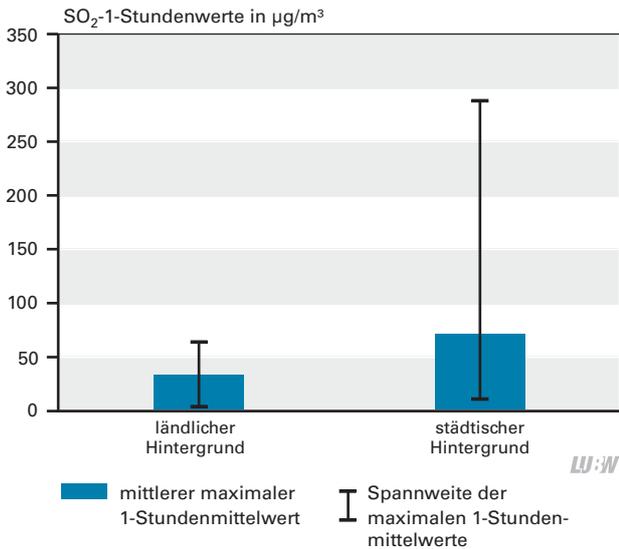


Abb. 3.3-34: Spannweiten der maximalen Einstundenmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund) in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

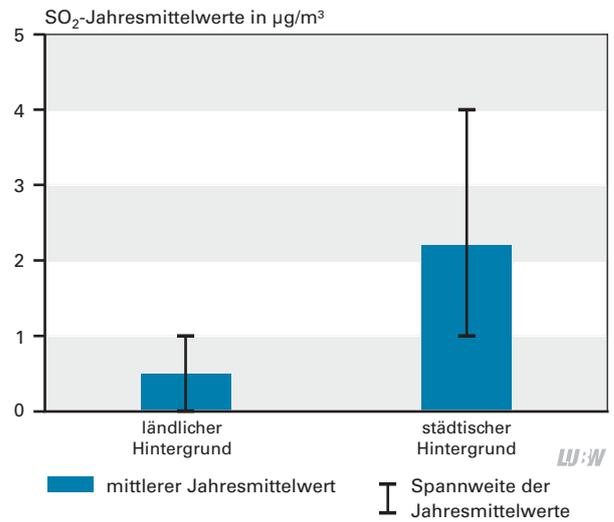


Abb. 3.3-36: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund) in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

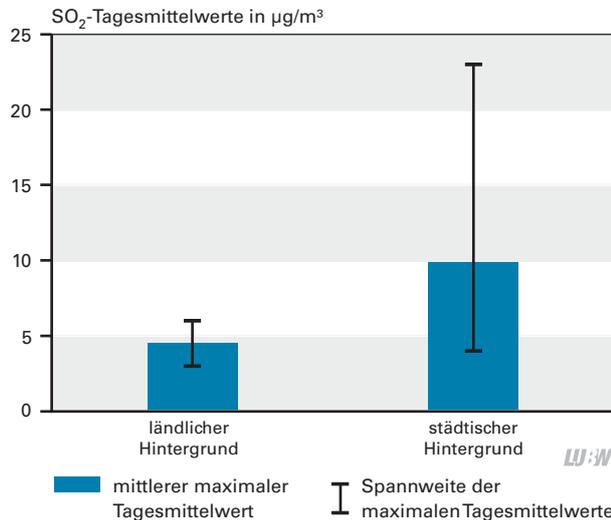


Abb. 3.3-35: Spannweiten der maximalen Tagesmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes (ländlicher und städtischer Hintergrund) in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

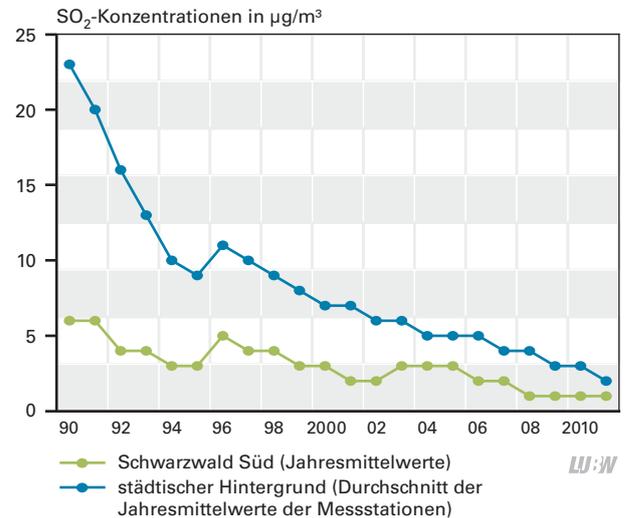


Abb. 3.3-37: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid seit 1990 in Baden-Württemberg. Stand: 2012

oxidemissionen vor allem bei den Kraftwerken und der Industrie wider. Vor allem bei den städtischen Hintergrundmessstationen (Mittelwert aus zehn Messstationen) ist eine deutliche Verbesserung der Luftqualität eingetreten. Aber auch an den ländlichen Hintergrundmessstationen (Mittelwert aus zwei Messstationen) ist ein deutlicher Rückgang der Immissionsbelastung feststellbar. An den Verkehrsmessstationen wird in der Regel kein Schwefeldioxid gemessen.

3.3.8 Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM₁₀

Benzo[a]pyren (BaP) gehört zur Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Zur Gruppe der PAK gehören mehrere Hundert Einzelverbindungen. PAK reichern sich in der Umwelt an und werden kaum abgebaut. Sie lassen sich ubiquitär nachweisen. PAK sind toxisch, einige PAK sind kanzerogen und stehen im Verdacht, frucht- und erbgutschädigend zu sein. Benzo[a]pyren wird als Leitsubstanz für die Gruppe der PAK herangezogen.

Emissionen

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe werden überwiegend durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe in Feuerungsanlagen und durch den Kraftfahrzeugverkehr verursacht. Im Jahr 2010 wurden aus allen Quellengruppen 932 kg Benzo[a]pyren emittiert. Hauptverursacher für die BaP-Freisetzung ist mit 63 % die Quellengruppe kleine und mittlere Feuerungsanlagen, gefolgt von der Quellengruppe sonstige technische Einrichtungen mit einem Anteil von 19 % an den Gesamtemissionen. Seit dem Erhebungsjahr 2000 haben sich die BaP-Emissionen in etwa halbiert.

Immissionen

In Abbildung 3.3-38 sind die im Jahr 2011 an den Messstationen des Luftmessnetzes und den Spotmessstellen gemessenen BaP-Konzentrationen im Vergleich zum Zielwert dargestellt. An den Spotmessstellen Tübingen – Jesinger Hauptstraße und Urbach – Hauptstraße konnte der Zielwert von 1 ng/m³ (Jahresmittelwert) nicht eingehalten werden.

Tab. 3.3-8: Immissionswerte für Benzo[a]pyren gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Benzo[a]pyren (BaP)	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	1 ng/m ³

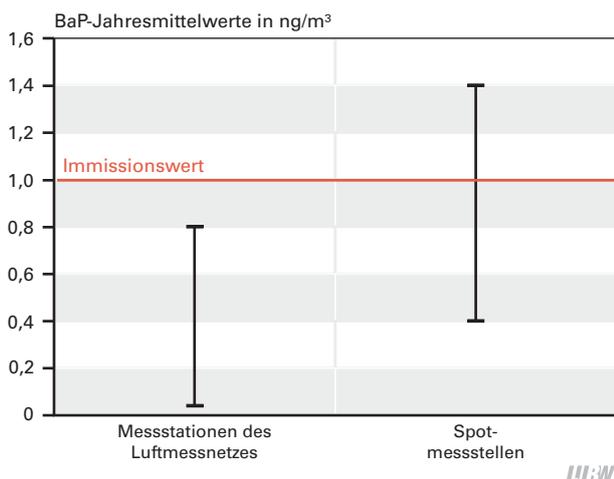


Abb. 3.3-38: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Benzo[a]pyren-Konzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes und den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

3.3.9 Schwermetalle

Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber und Thallium sind Schwermetalle. Bedeutung für gesundheitliche Beeinträchtigungen haben weniger akut toxische Effekte als vielmehr die Akkumulation im Körper aufgrund langjähriger Exposition und inhalativer oder oraler Aufnahme. Blei kann u. a. zu Nierenfunktionsstörungen, zu Schäden des blutbildenden Systems und der Muskulatur sowie des Nervensystems führen. Zudem kann es fruchtschädigend wirken und die Zeugungsfähigkeit beeinträchtigen. Cadmium kann u. a. den Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel stören sowie Knochenschäden und Erkrankungen des Immun- und Nervensystems verursachen. Bestimmte Cadmiumverbindungen sind kanzerogen und Erbgut schädigend. Während metallisches Arsen nicht giftig ist, weisen die dreiwertigen, löslichen Arsenverbindungen ein hohes akut toxisches Potenzial auf. Quecksilber kann das Nervensystem und die Fruchtbarkeit stören sowie Gehirnfunktionen und Erbinformation schädigen. Thallium ist toxisch und führt u. a. zu Nervenschädigungen, Haarausfall, Gelenk- und Magenschmerzen.

Emissionen

Während Blei bis zum Verbot bleihaltiger Zusätze in Kraftstoffen hauptsächlich durch den Verkehr freigesetzt wurde, sind die Hauptquellen atmosphärischer Emissionen von Cadmium, Nickel und Arsen die Verbrennung von Öl und Kohle in Feuerungsanlagen. Bei der Abfallverbrennung, beim Einschmelzen von Metallschrott oder bei der Düngemittelherstellung wird hauptsächlich Quecksilber freigesetzt. Als Hauptquellen für Thalliumemissionen sind die Zementindustrie sowie die Blei- und Zinkverhüttung zu nennen. 2010 wurden in Baden-Württemberg 2 355 kg Blei, 388 kg Arsen und 241 kg Cadmium freigesetzt.

Immissionen

Im Jahr 2011 wurden Schwermetalle in der Partikelfraktion PM₁₀ an zwölf Stationen des Luftmessnetzes und an der Spotmessstelle Stuttgart – Am Neckartor gemessen. In Abbildung 3.3-10 sind die Spannweiten der gemessenen Jahresmittelwerte für das Jahr 2011 dargestellt. Die Zielwerte bzw. der Immissionsgrenzwert für Blei (Tab. 3.3-9) wurden an allen Messstationen weit unterschritten.

Tab. 3.3-9: Immissionswerte für Schwermetalle in der Partikelfraktion PM₁₀ gemäß der 39. BImSchV

Luftverunreinigung	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Zielwert
Arsen	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	6 ng/m ³
Blei	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	0,5 µg/m ³
Cadmium	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	5 ng/m ³
Nickel	menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	20 ng/m ³

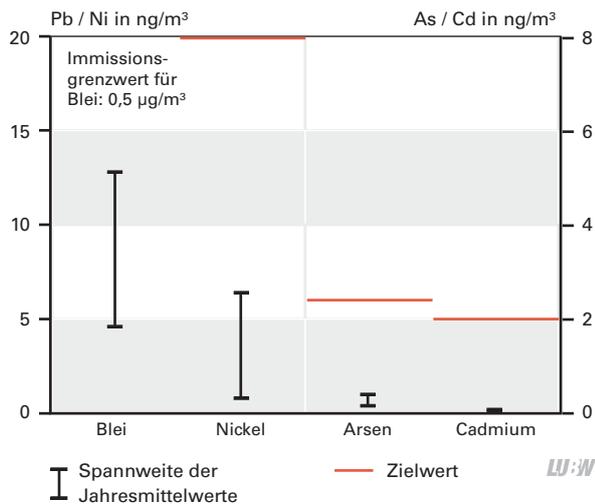


Abb. 3.3-39: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwermetalle in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2011. Stand: 2012

3.4 Depositionen

Die in die Atmosphäre eingebrachten Luftschadstoffe werden durch trockene, feuchte und nasse Deposition (Ablagerung) wieder aus der Atmosphäre entfernt. Dies reinigt auf der einen Seite die Atmosphäre, auf der anderen Seite können diese Depositionen zu einer Belastung für Pflanzen, Böden und Gewässer führen. Als nasse Deposition wird der Stoffeintrag über Niederschläge wie Regen, Hagel oder Schnee bezeichnet. Bei der feuchten Deposition, z. B. Nebel oder Tau, und der trockenen Deposition (trockene Partikel, Gase) hängen die Stoffeinträge überwiegend von Größe und Struktur der beaufschlagten Oberfläche ab. Bei Bäumen bilden die Blätter und Nadeln eine große Oberfläche mit unterschiedlicher Rauigkeit, d. h. der Depositionswiderstand ist hier recht hoch und die luftgetragenen Schadstoffe lagern sich vermehrt ab (Auskämmeffekt).

Die Emissionen von z. B. Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden oder Ammoniak lagern sich vor Ort ab oder werden in ländliche Regionen transportiert. Dort tragen diese Depositionen zur Eutrophierung und Versauerung in Ökosystemen bei. Das Depositionsmessnetz dient dazu, diese Vorgänge zu überwachen. Langfristig sollen insbesondere die empfindlichen Ökosysteme vor zu hohen Stickstoff- und Säureeinträgen geschützt werden. Die Empfindlichkeit eines Ökosystems bezüglich eutrophierend und versauernd wirkender Stoffeinträge wird über die kritische Belastungsrate – critical load – definiert. Wird diese ökosystemspezifische Belastungsrate eingehalten oder unterschritten, kommt es nach dem derzeitigen Wissensstand nicht zu schädigenden Wirkungen bei empfindlichen Ökosystemen [UBA 2011].

3.4.1 Staub-, Sulfat- und Nitrateinträge

Für den langjährigen Trend (1992 bis 2011) wurden an 19 Standorten (Abb. 3.2-2) die Staubbiederschläge sowie die Sulfat- und Nitrateinträge in Bergerhoff-Gefäßen bestimmt. Für die Auswertung und Darstellung der Daten werden die Standorte zu Regionen (Städte, Schwarzwald, Oberschwaben, Tauberland, übrige ländliche Räume) zusammengefasst. Diese Regionen unterscheiden sich z. B. hinsichtlich ihres Emissionspotenzials, ihrer Niederschlagsmenge und ihres Vegetationsspektrums. Der Schwarzwald und Oberschwaben zählen zu den niederschlagsreichen Regionen, das Tauberland hingegen zu den niederschlagsarmen. Die

Städte Karlsruhe und Mannheim stehen für eine hohe Industrie- und Verkehrsdichte und damit für ein höheres Emissions- und Eintragspotenzial. Die Standortvegetation und die damit verbundene unterschiedliche Oberflächenstruktur beeinflusst ebenfalls das Eintragspotenzial.

Beim Staub (Abb. 3.4-1) lagen im Jahr 2011 die Einträge in einem Wertebereich zwischen 30 mg/(m²·d) und 100 mg/(m²·d) und damit deutlich unter dem Immissionswert von 350 mg/(m²·d) (Tab. 3.4-1). Seit Beginn der Messungen ist der Trend bei den Staubeinträgen leicht abnehmend, nur im Tauberland ist keine Veränderung erkennbar. In den Städten liegen die höchsten Staubeinträge vor.

Die Sulfateinträge (Abb. 3.4-2) haben sich seit 1992 deutlich reduziert und liegen ab 2004 in einem Bereich zwischen 10 kg/(ha·a) bis 20 kg/(ha·a). Die höchsten Sulfateinträge verzeichnen die Städte und der Schwarzwald. Die Schwefeldioxidfreisetzung, verursacht durch Verbrennung fossiler Energieträger bedingen in den Städten höhere Sulfateinträge. Dagegen können im Schwarzwald die höheren Niederschläge, der Auskämmeffekt und der Ferntransport Gründe für höhere Einträge sein. Aufgrund der geringeren

Niederschlagsmengen sind im Jahr 2011 geringere Sulfateinträge gemessen worden.

Bei den Nitrateinträgen (Abb. 3.4-3) ist nur eine leichte Abnahme erkennbar und die Einträge streuen über einen breiten Wertebereich von 10 kg/(ha·a) bis 25 kg/(ha·a). Aufgrund höherer Niederschläge sowie der längeren Verweildauer des Nitrats in der Atmosphäre werden die höchsten Einträge im Schwarzwald und in Oberschwaben ermittelt. Aufgrund der geringeren Niederschlagsmengen im Jahr 2011 liegen auch beim Nitrat, im Vergleich zum Vorjahr, geringere Einträge vor.

Tab. 3.4-1: Immissionswert für Staubniederschlag gemäß der TA Luft.

Stoffgruppe	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Staubniederschlag	Kalenderjahr	350 mg/(m ² ·d)

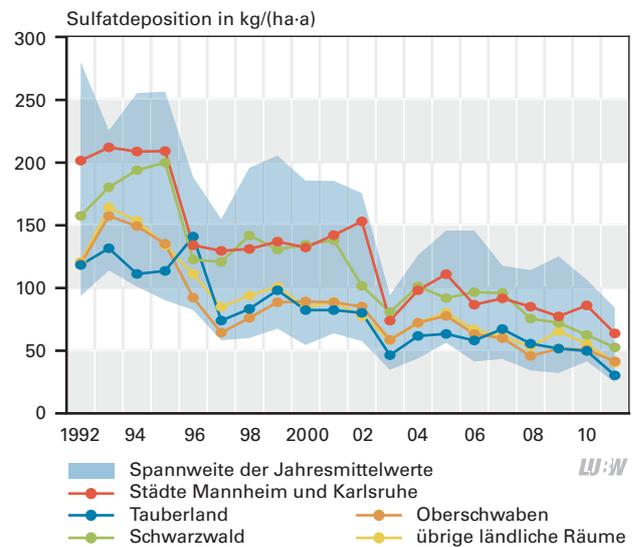


Abb. 3.4-2: Jahresmittelwerte der Sulfateinträge an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg der Jahre 1992 bis 2011. Stand: 2012

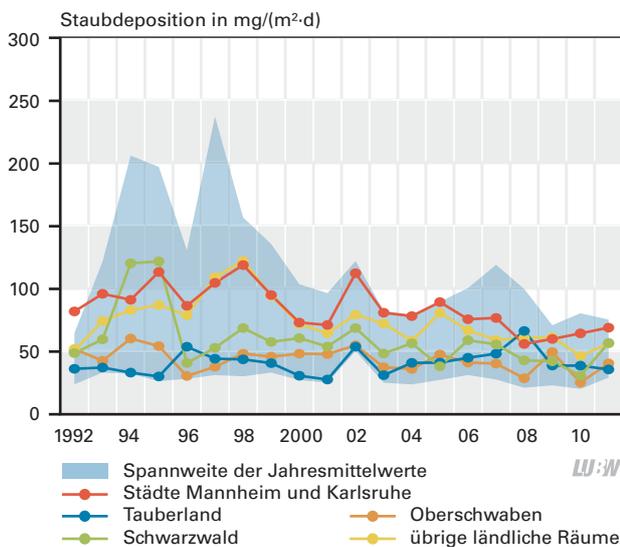


Abb. 3.4-1: Jahresmittelwerte des Staubeintrags an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg der Jahre 1992 bis 2011. Stand: 2012

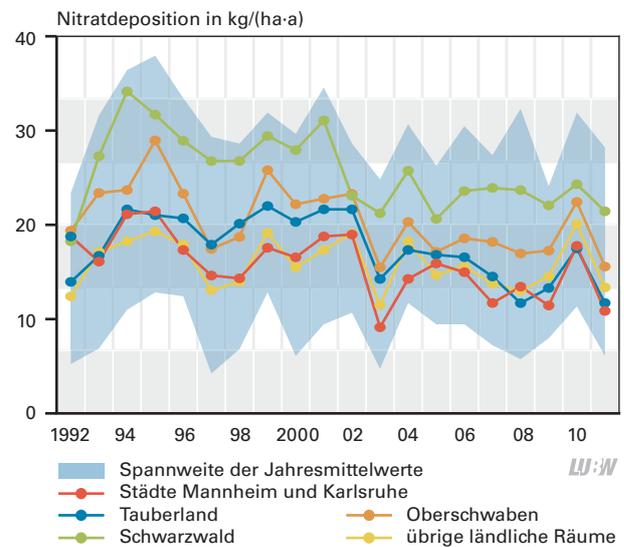


Abb. 3.4-3: Jahresmittelwerte der Nitrateinträge an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg der Jahre 1992 bis 2011. Stand: 2012

3.4.2 Schwermetalleinträge

In Baden-Württemberg werden mittels Bergerhoff-Gefäßen seit dem Jahr 2007 an zehn Standorten die Schwermetalle Antimon (Sb), Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Nickel (Ni) im Staubniederschlag bestimmt. Quecksilbereinträge werden an sechs Standorten über Trichter-Flasche-Sammler erfasst. Die mittleren jährlichen Schwermetalldepositionen für die Jahre 2007 bis 2011 (Abb. 3.4-4) liegen bei den gemessenen Stoffen (As, Cd, Hg, Pb, Ni) weit unterhalb der entsprechenden Immissionswerte (Tab. 3.4-2). Thallium ist nicht im Messprogramm, da sich durch technische Maßnahmen im Abluftbereich bei der Zementherstellung die Situation deutlich gebessert hat. Die Thalliuminträge liegen im Bereich der Nachweisgrenze. Mit aufgenommen in das Messprogramm wurde Antimon, da in der Fahrzeugtechnik asbesthaltige Bremsbeläge durch Antimon ersetzt werden und über den Abrieb Antimon in die Umwelt gelangen kann. Die höchsten Schwermetalleinträge sind für die Kategorien Industrie (Kehl – Kinzigallee) und Stadt/Verkehr (Karlsruhe, Plochingen, Pforzheim) ermittelt worden. Die Schwermetalleinträge im landwirtschaftlichen Umfeld (Bad Wurzach, Gerabronn, Reichenau) sind geringer als die an den Hintergrundstandorten (Hornisgrinde, Schwäbische Alb). Bei den beiden Hintergrundstandorten zeigt die Hornisgrinde die höchsten Einträge. Verursacht werden diese Einträge durch höhere Niederschläge, den Auskämmeffekt und den Ferntransport, wodurch diese Stoffe in Reinluftgebiete gelangen und dort abgelagert werden können.

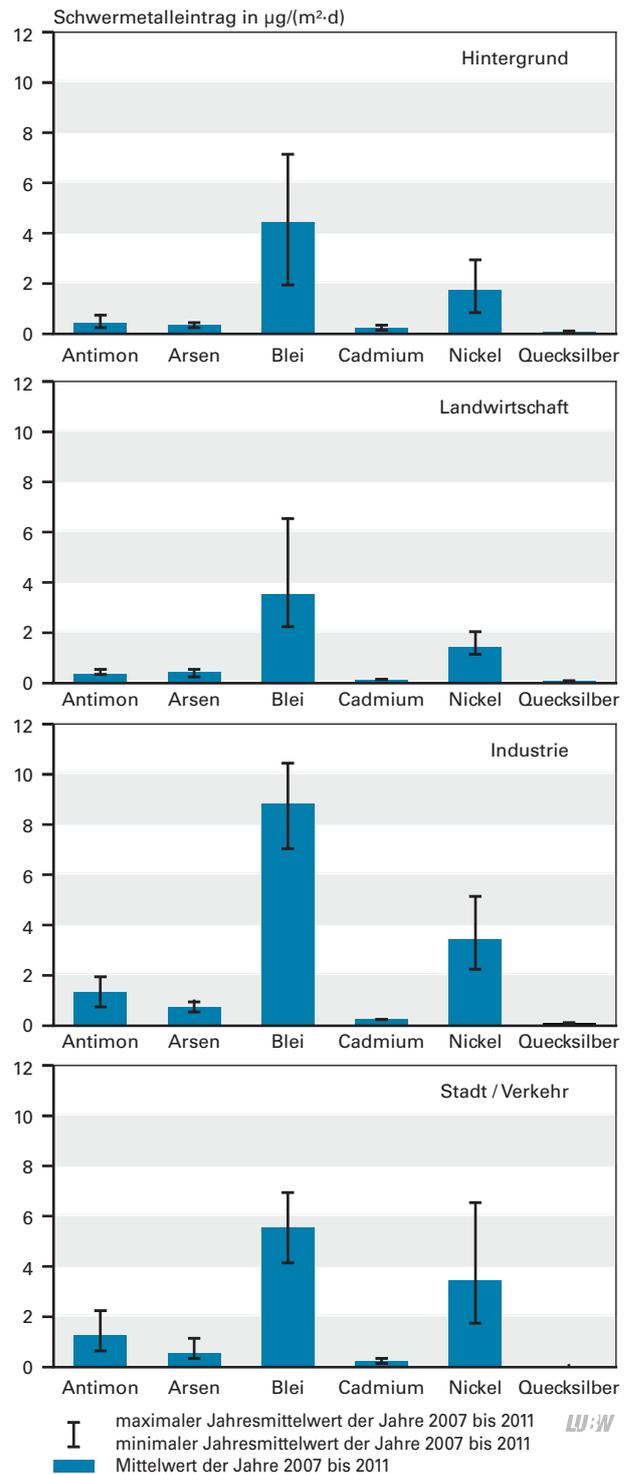


Abb. 3.4-4: Spannweiten der Einträge von Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber (Jahresmittelwerte der Jahre 2007 bis 2011), dargestellt für vier Kategorien. Stand: 2012

Tab. 3.4-2: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen gemäß der TA Luft

Stoffgruppe	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Arsen und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Arsen	Kalenderjahr	4 µg/(m²·d)
Blei und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Blei	Kalenderjahr	100 µg/(m²·d)
Cadmium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Cadmium	Kalenderjahr	2 µg/(m²·d)
Nickel und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Nickel	Kalenderjahr	15 µg/(m²·d)
Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Quecksilber	Kalenderjahr	1 µg/(m²·d)
Thallium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Thallium	Kalenderjahr	2 µg/(m²·d)

4 Boden und Altlasten

Das Wichtigste in Kürze

Schadstoffeinträge, Versiegelung, Verdichtung und Erosion gefährden den Boden und seine natürlichen Funktionen. Zur Vorsorge vor schädlichen Einwirkungen sind verlässliche Informationen über den **Bodenzustand** unverzichtbare Planungsgrundlage. Dafür stehen landesweit die Daten und Auswertungen der Bodenschätzung sowie die bodenkundliche Landesaufnahme zur Verfügung. Ab 2013 wird die Bodenkarte im Maßstab 1:50 000 (BK 50) flächendeckend verfügbar sein.

Etwa 5 % der Gesamtemission an Treibhausgasen in Deutschland stammen aus entwässerten **Mooren**. Die Wiedervernäsung der Moore kann zur Reduktion der Kohlendioxidemission substanziell beitragen. Wesentlicher Bestandteil für die Planung wirksamer Maßnahmen ist das seit Mitte des letzten Jahrhunderts erstellte Moorkataster, das über die Lage und den Torfinhalt detailliert Auskunft gibt. Die Erfassung und Kartierung der Moore ist in Baden-Württemberg flächendeckend fertiggestellt.

Im Bodenschutz- und Altlastenkataster werden aktuell 13 820 Flächen als altlastverdächtig und 2 275 Flächen als Altlasten eingestuft. Seit Beginn der **Altlastenbearbeitung** in Baden-Württemberg wurde bei 3 396 Flächen ein Sanierungsbedarf festgestellt. Ende 2011 waren 2 780 Sanierungsfälle abgeschlossen, bei 616 Altlasten dauern laufende Sanierungsmaßnahmen an.

Der Boden steht mit den Umweltmedien Luft und Wasser in ständiger Wechselwirkung und unterliegt wie diese natürlichen und anthropogenen Einwirkungen. Schadstoffeinträge, Versiegelung, Verdichtung und Erosion gefährden den Boden und seine vielfältigen natürlichen Funktionen. Sind Bodenschädigungen einmal eingetreten, lassen sie sich kaum rückgängig machen. Deshalb ist die Vorsorge wesentlicher Bestandteil des Bodenschutzes. Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) liegen bundeseinheitliche Regelungen vor, um Böden und ihre Funktionen nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen.

4.1 Daten aus Bodenkartierungen

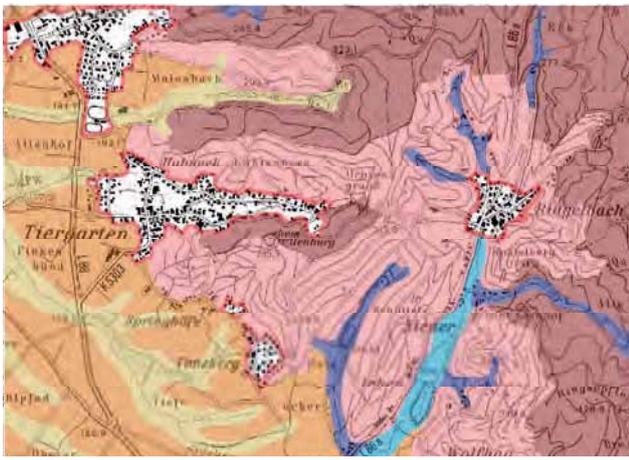
Daten aus Bodenkartierungen sind für alle Standortbewertungen im Bereich Boden- und Naturschutz, Land- und Wasserwirtschaft unerlässlich. Häufig werden Bodendaten in Verbindung mit Informationen zu Relief, Klima, Vegetation und Landnutzung genutzt. Anwendungsbeispiele sind die Untersuchung durch Nitratreintrag gefährdeter Grundwasserkörper oder die Phosphatreduktion in den Vorflutern im Zusammenhang mit der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Bodendaten werden auch zur Charakterisierung des Wasserhaushalts in der hydrogeologischen Erkundung, zur Beurteilung der Erosionsanfälligkeit von Böden oder für die Bewertung von Böden bei Planungen wie der Flächennutzungsplanung oder großen Infrastrukturvorhaben benötigt und ausgewertet. Entsprechend dem geforderten Maßstab, z. B. 1:50 000, kommen

die Daten der bodenkundlichen Landesaufnahme oder die Daten aus der Bodenschätzung zum Einsatz. Diese Datensätze werden nachstehend erläutert.

4.1.1 Bodenkundliche Landesaufnahme

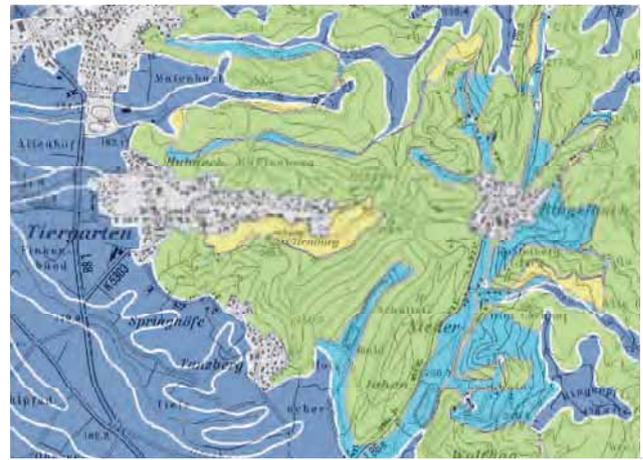
Die bodenkundliche Landesaufnahme erfasst die Böden, stuft sie nach ihren Eigenschaften ein und stellt deren räumliche Verbreitung fest. Durchgeführt wird die bodenkundliche Landesaufnahme durch das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg. Die in Deutschland gebräuchliche Bodensystematik ist bodengenetisch begründet. Ihre Grundeinheit bildet der Bodentyp, der durch spezielle ökologische und hydrologische Bodeneigenschaften charakterisiert ist. Zur näheren Kennzeichnung des Bodens und seiner Eigenschaften wird die Bodenform, also die Kombination von Bodentyp und Ausgangsgestein verwendet. Die in Bodenkarten dargestellten Kartiereinheiten stellen Art und Verbreitung von Bodenformen dar (Abb. 4.1-1).

Innerhalb einer in der Bodenkarte im Maßstab 1:50 000 (BK 50) abgegrenzten Fläche (Kartiereinheit) können bei kleinräumigem Bodenwechsel und aufgrund des Kartenmaßstabs verschiedene Böden vorkommen, die sich in ihren Eigenschaften und Bewertungen unterscheiden. Die Kartiereinheit fasst also verschiedene Böden in einer Fläche zusammen. Die aus Kartiereinheiten in der BK 50 abgeleiteten Bewertungen der Böden generalisieren, d. h. sie beziehen sich immer auf die Böden, die den größten Flächenanteil einnehmen.



- Bodenkundliche Einheiten**
- Ortslagen
 - Auengley aus Auenlehm
 - Brauner Auenboden aus Auenlehm
 - Braunerde aus Kristallinersatz und -schutt
 - Gley aus Abschwemmassen
 - Kolluvium aus Abschwemmassen
 - Parabraunerde aus Lösslehm
 - Parabraunerde aus Schwarzwaldschotter
 - Rigosol aus Kristallinersatz

Abb. 4.1-1: Ausschnitt aus der Bodenkarte 1:50 000 (BK 50), nördlich von Oberkirch, Ortenaukreis; westlicher Schwarzwaldrand und östliche Oberrheinebene [LGRB 2012].



- Bewertungsklassen**
- 1 - gering
 - 2 - mittel
 - 3 - hoch
 - 4 - sehr hoch
 - Ortslagen

Abb. 4.1-2: Auswertung aus der bodenkundlichen Landesaufnahme, hier Leistungsfähigkeit der Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf nördlich von Oberkirch, Ortenaukreis; westlicher Schwarzwaldrand und östliche Oberrheinebene. Quelle: LGRB. Stand: 2010

Der Datensatz zur BK 50 umfasst neben den Geometrie- und Sachdaten eine detaillierte Beschreibung der Böden in Form von bodenkundlichen Einheiten. Die Beschreibung und Dokumentation der Daten ist so angelegt, dass neben allgemeinen, beschreibenden Angaben wie Bodentyp, Substrat und geologischer Untergrund auch Bodenkennwerte wie Feldkapazität und Wasserdurchlässigkeit aufgeführt sind. Außerdem wird mit den Daten eine Bewertung der Böden in den Funktionen „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“, „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“, „Filter und Puffer für Schadstoffe“ sowie „Sonderstandort für naturnahe Vegetation“ gelistet und daraus eine Gesamtbewertung der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit [LUBW 2010a] erstellt (Abb. 4.1-2).

Die BK 50 wird nach ihrem Abschluss 2013 die gesamte Landesfläche mit Ausnahme der Ortslagen erfassen (Abb. 4.1-3). Eine Maßstabsvergrößerung ist grundsätzlich bis maximal in den Bereich von 1:25 000 zulässig.

Zusammen mit den Daten der Geologischen Karte 1:50 000 (GK 50) ist die BK 50 die Basis der „Integrierten Geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa)“ in Baden-Württemberg (www.lgrb.uni-freiburg.de >Über uns >Integrierte Geowissenschaftliche Landesaufnahme (GeoLa)). Beide Datensätze werden durch das LGRB erstellt und vertrieben.



- Bodendaten lieferbar
- in Bearbeitung (verfügbar ab 2013)

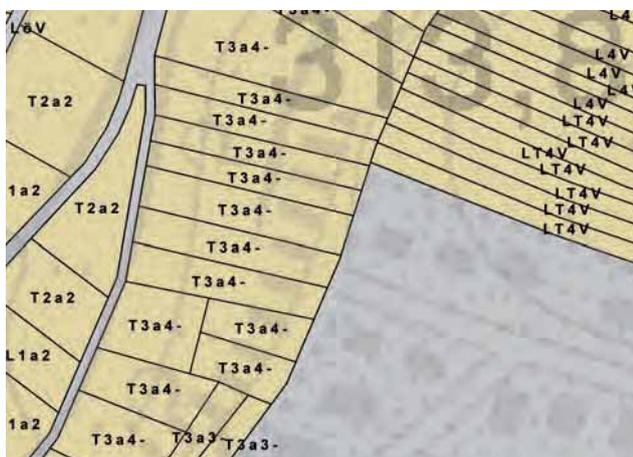
Abb. 4.1-3: Stand der bodenkundlichen Landesaufnahme. Quelle: LGRB. Stand: 2012

4.1.2 Bodenschätzung auf Basis von ALK und ALB

In Deutschland wurde 1934 das Bodenschätzungsgesetz (Gesetz über die Schätzung des Kulturbodens – Bod-SchätzG) erlassen. Ursprünglich zum Zweck einer gerechten Besteuerung eingeführt, ermöglichen die Daten der Bodenschätzung heute in Kombination mit anderen Daten weitere flurstücksbezogene detaillierte Auswertungen.

In Baden-Württemberg stehen Bodenschätzungsdaten digital nur auf Grundlage der Daten der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und des Automatisierten Liegenschaftsbuchs (ALB) des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) zur Verfügung (Abb. 4.1-4). Zurzeit liegen diese Daten landesweit für ca. 80 % der Acker- und Grünlandflurstücke vor. Waldflächen, Weinberge und Ortslagen sind von der Bodenschätzung ausgenommen. Die Datenlücken sind lokal und regional unterschiedlich verteilt.

Die kleinste, nicht weiter unterteilbare Grundgeometrie bildet das Flurstück. Da sich die Grenzen der Bodenschätzung nicht nach den Flurstücksgrenzen richten, werden die Bodenschätzungsinformationen aufbereitet, überarbeitet und teilweise auf Flurstücksgröße zusammengefasst. Bei großen Flurstücken mit wechselnden Bodeneigenschaften kann diese Vorgehensweise je nach Planungsziel, z. B. bei der Vorauswahl von Flächen für die Verwertung von Oberbodenmaterial, im Einzelfall zu Fehleinschätzungen führen. In solchen Fällen muss zusätzlich auf die Originaldaten der Bodenschätzung zurückgegriffen werden oder eine Überprüfung im Gelände erfolgen. Die analogen Originalkarten liegen bei den Oberfinanzdirektionen vor.



LT4V, L4V: Klassenzeichen für Acker, T3a4-, T3a3-, T2a2 Klassenzeichen für Grünland

Abb. 4.1-4: Ausschnitt aus den digital vorliegenden Daten der Bodenschätzung im ALK-/ALB-Datensatz mit Klassenzeichen östlich von Winnenden, Rems-Murr-Kreis. Quelle: LGRB. Stand: 2010

Auch mit den Bodenschätzungsdaten können Böden und deren Funktionen in ihrer Leistungsfähigkeit bewertet werden. Für die Bewertung werden die Bodenzahl für Ackerflächen oder die Grünlandgrundzahl für Grünlandflächen und das jeweilige Klassenzeichen herangezogen. Das Klassenzeichen enthält Angaben zur Bodenart z. B. Ton (T), lehmiger Ton (LT) oder Lehm (L), zur Zustandsstufe und zur Entstehungsart bei Ackerflächen oder zu den Wasserhältnissen bei Grünlandflächen. Da die Bodenschätzung ursprünglich zur Ermittlung der Ertragsfähigkeit der Böden konzipiert wurde, bildet sie die ideale Grundlage zur Bewertung der Bodenfunktion „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ im Offenland. Die Bewertungsmethoden der weiteren Bodenfunktionen beruhen auf einer Interpretation der Klassenzeichen der Bodenschätzung.

Die Bereitstellung der digitalen Daten auf Basis von ALK und ALB erfolgt über das LGRB. Die Daten stehen auch im Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz im Landesintranet (WIBAS) den unteren Verwaltungsbehörden zur Verfügung.

4.2 Moore

Moore sind wertvolle Landschaftselemente. Sie bestehen aus einem Torfkörper und einer an die extremen Standortverhältnisse angepassten Pflanzen- und Tiergesellschaft. Moore und organische Böden stellen einen bedeutenden Speicher für biogenen Kohlenstoff dar. Anders als die Bodenentwicklung aus mineralischem Gestein entstehen Moore aus abgestorbenen Pflanzen und Pflanzenteilen, die durch Sauerstoffmangel unterhalb der Grundwasseroberfläche zu Torf umgebaut werden. Aber nicht nur Sauerstoffmangel, sondern auch Nährstoffarmut und kühles, nasses Klima hemmen die Biomassezersetzung und fördern eine Moorbildung wie beispielsweise in den Hochlagen des Schwarzwaldes. Ständen zu Beginn der Moorkartierung die Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Nutzung im Vordergrund, so bietet heute das Moorkataster eine wichtige Datenbasis in der Klimaberichterstattung. Aufgrund ihrer Funktion als Kohlendioxid-speicher bzw. -quelle spielen Moore und Böden mit hohem organischem Gehalt eine bedeutende Rolle in der Frage der Auswirkungen des Klimawandels auf Böden. Solange Moore naturnah sind, werden sie als Kohlenstoffsенke und damit klimaschützend, zumindest aber als klimaneutral ein-

geschätzt. Demgegenüber emittieren stark entwässerte Moore unter Acker- oder intensiver Grünlandnutzung bundesweit jährlich bis zu 34 Tonnen Kohlendioxid-äquivalente pro Hektar und verursachen damit etwa 5 % der bundesweiten Kohlenstoffdioxidemissionen.

Grundsätzlich lassen sich die Moore nach Herkunft des Wassers in zwei übergeordnete Moortypen gliedern. Regenmoore oder auch Hochmoore werden ausschließlich durch das Niederschlagswasser gespeist. Sie sind immer nährstoffarm und sauer. Grundwassermoore oder auch Niedermoore sind Grund- und Stauwasser beeinflusst. Sie können je nach Art und Menge der im Wasser gelösten Nährstoffe nährstoffreich oder nährstoffarm sein. Die in Vergesellschaftung mit Mooren vorkommenden Anmoore sind im bodenkundlichen Sinne keine Moore, sondern Mineralböden mit Grund- oder Stauwassereinfluss und 15 % bis 30 % Humusgehalt im Oberboden. Moore kommen in Baden-Württemberg häufig in Oberschwaben/Allgäu und entlang der Donau, auf der Baar, im Schwarzwald und im Oberrheingraben vor (Abb. 4.2-1).

In Baden-Württemberg wird das Moorkommen im Moorkataster der LUBW dokumentiert (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Daten- und Kartendienst der LUBW > Navigator > Boden und Geologie > Moorkataster). Die bei der Erkundung

erstellten Moorberechnungen wurden ebenso wie die Bohrprofile in eine Datenbank eingestellt. Kartiert werden die Flächen, die Torfinhalte und die Tiefen von Mooren, überdeckten Mooren und teilweise Anmooren. Die Bohrprofile erfassen die Schichtenfolge von der Oberfläche bis zum mineralischen Untergrund. Die Schichten werden ausgewiesen nach Lagerungsdichte, Zersetzungsgrad, Mächtigkeit und Torfzusammensetzung. Als Arbeitsergebnis enthält das Moorkataster heute 50 000 ha Moor- und Anmoorfläche aus über 1 700 Mooren bzw. Moorgruppen.

4.3 Bodendauerbeobachtung

Unverzichtbare Informationsgrundlage für den Bodenschutz ist das Bodenmonitoring und der darauf aufbauende Betrieb von Bodeninformationssystemen. Grundlage hierfür ist in Baden-Württemberg das Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz (LBodSchAG) als Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

4.3.1 Konzeption, Standorte und Methoden

Die Bodendauerbeobachtung als Langzeitprogramm ist in Baden-Württemberg gesetzlicher Auftrag der LUBW. Sie umfasst ein Grundmessnetz, ein Basismessnetz und ein Intensivmessnetz (Abb. 4.3-1). Im Grundmessnetz mit 155 Standorten werden seit 1986 landesweit repräsentative Werte für den Schadstoffhintergrund, d. h. für nicht spezifisch belastete Böden im ländlichen Raum, ermittelt [LFU 1994, LABO 2003]. Von den 155 Standorten des Grundmessnetzes werden 33 Messstellen im Basismessnetz geführt. An diesen Messstellen sind Wiederholungsuntersuchungen in Zeitabständen von etwa zehn Jahren vorgesehen. Die Bodennutzung wird als wesentlicher Einflussfaktor detailliert dokumentiert. Die Bodenuntersuchungen im Basismessnetz dienen dem Nachweis eventueller Bodenveränderungen im Hintergrundbereich.

Seit 1991 wurden sukzessive Intensivmessstellen eingerichtet, an denen zusätzlich zu den klassischen Bodenuntersuchungen auch medienübergreifende Stoffflüsse untersucht und bilanziert werden. Durch Bilanzierung von Stoffvorräten und Stoffflüssen sind Bodenveränderungen auch kurzfristig erkennbar und darüber hinaus Ursachenanalysen und Prognosen künftiger Entwicklungen möglich. Die Intensivmessstellen sind jeweils speziellen Umweltthemen

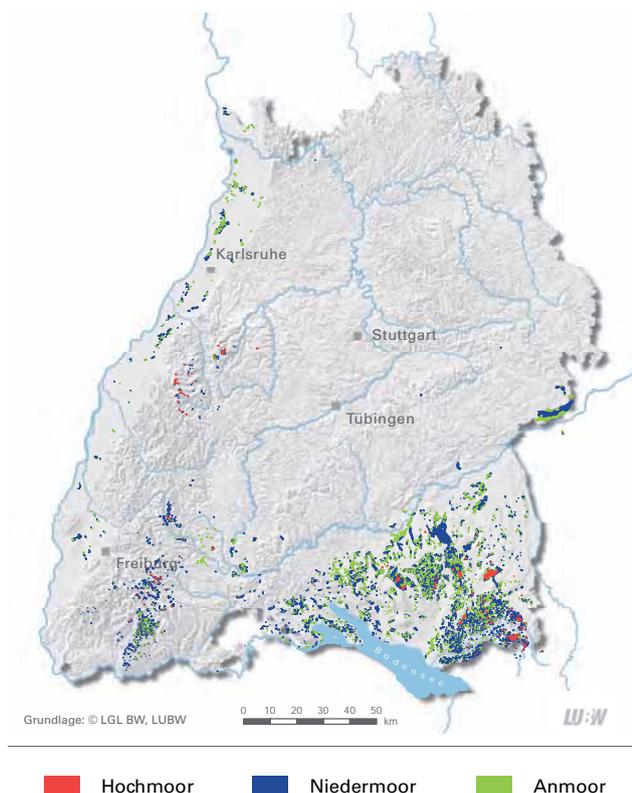


Abb. 4.2-1: Moore in Baden-Württemberg. Stand: 2012

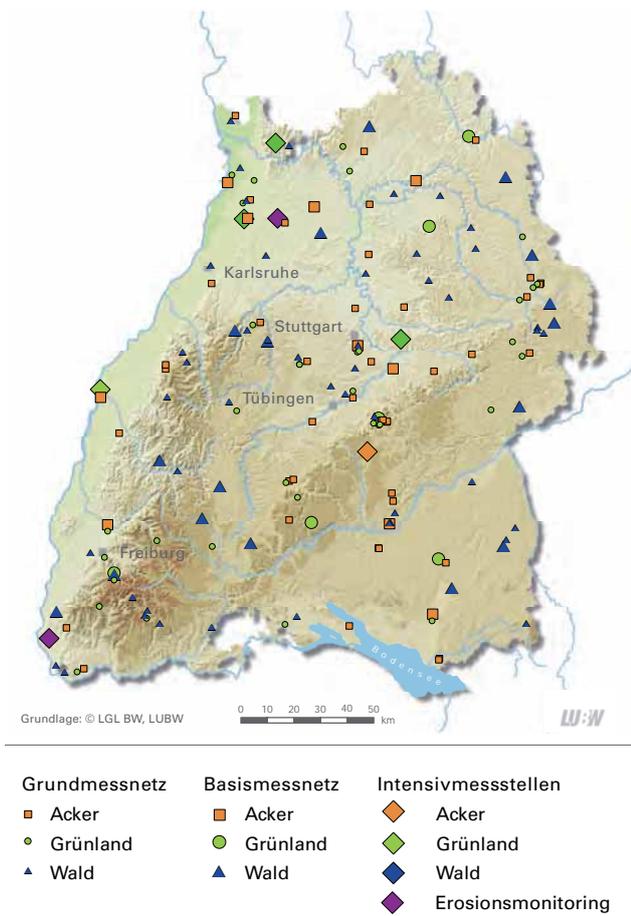


Abb. 4.3-1: Lage der Messstellen zur Bodendauerbeobachtung. Stand: 2012

gewidmet, an denen sich spezifisch abgestimmte Untersuchungsprogramme orientieren (Tab. 4.3-1).

4.3.2 Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung

Die Ergebnisse aus dem Basismessnetz zeigen, dass Bodenveränderungen durch Zeitreihen wiederholter Bodenuntersuchungen nur sehr langfristig nachweisbar sind. Dies liegt einerseits daran, dass Veränderungen in Böden nach menschlichem Zeitmaßstab langsam verlaufen. Hinzu kommt, dass Böden, im Unterschied zu Luft oder Wasser,

nicht störungsfrei beprobt werden können und deshalb die Probenanzahl und -menge bei den Untersuchungen gering gehalten werden muss. In Verbindung mit der natürlich bedingten starken räumlichen Heterogenität der Böden führt dies bei den klassischen Bodenuntersuchungen zu einer insgesamt geringen Trennschärfe.

Dieses Problem wird durch einen völlig anderen methodischen Ansatz gelöst. Hierbei werden die Stoffflüsse, d. h. Ein- und Austräge, quantifiziert. Mögliche Änderungen ergeben sich dann aus der Differenz der beiden Stoffflüsse. Dieser bilanzierende Ansatz setzt die Messung der Stoffflüsse voraus und ist deshalb messtechnisch aufwändiger. Er wird an Intensivmessstellen umgesetzt. Zur Erhöhung der Trennschärfe werden die Standorte zudem in Kompartimente unterteilt, die durch Stoffeinträge und Stoffausträge untereinander in Verbindung stehen. Berücksichtigt man zusätzlich noch den Speicherinhalt (Vorrat) eines jeden Kompartiments, lässt sich so gewissermaßen der Stoffwechsel eines Standorts ermitteln. Eine solche Standortbilanz wird für jeden untersuchten Stoff erstellt und erlaubt stoffspezifisch den kurzfristigen Nachweis von Veränderungen, aber auch Ursachenanalysen und Prognosen. Dies verdeutlicht exemplarisch die Bleibilanz der Intensivmessstelle Bruchsal/Forst für Waldrandlagen in 15 m bis 20 m Entfernung zur Bundesautobahn 5 (Tab. 4.3-2).

Bei den Bleivorräten zeigt sich eine Akkumulation in der Humusaufgabe und den ersten 10 cm Boden, die den Einträgen aus dem Verkehr seit Betriebsbeginn der Bundesautobahn 5 zugeordnet werden können. Tiefer im Boden vorhandene Bleivorräte sind im Wesentlichen geogen. In die Vegetation werden gegenwärtig 93 g/(ha·a) Blei eingetragen. Davon erreichen 51 g/(ha·a) die Humusaufgabe als Bestandsniederschlag und über den Streufall. Mit dem Bodenwasser wird Blei mit 725 g/(ha·a) am stärksten aus der Humusaufgabe ausgewaschen. In tieferen Bodenschichten

Tab. 4.3-1: Intensivmessstellen. Stand 2012

Intensivmessstelle	Betriebsbeginn	Nutzung	Einwirkung
Bruchsal/Forst (Landkreis Karlsruhe)	1993	Wald	Straßenverkehrsemission an der Bundesautobahn 5 (Frankfurt – Basel)
Baltmannsweiler (Landkreis Esslingen)	1996	Wald	diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Stuttgart/Esslingen
Wilhelmsfeld (Rhein-Neckar-Kreis)	1996	Wald	diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Mannheim/Heidelberg
Kehl (Ortenaukreis)	1998	Grünland extensiv	diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Kehl/Straßburg
Trochtelfingen (Landkreis Reutlingen)	2002	Acker	landwirtschaftliche Klärschlamm- und Bioabfallverwertung
Bodenerosionsmonitoringgebiete im Kraichgau und Markgräflerland	2011	Acker	landwirtschaftliche Bodennutzung

Tab. 4.3-2: Bleibilanz an der Intensivmessstelle Bruchsal/Forst gültig für den Waldrandbereich in 15 m bis 20 m Entfernung zur BAB 5, Bilanzzeitraum 1998 bis 2007. Stand: 2008

Blei (Pb)	Tiefe	Stoffvorrat in g/ha	Eintrag in g/(ha·a)	Austrag in g/(ha·a)	Vorratsänderung in g/(ha·a)	Vorratsänderung in %/a
Luft	—	—	—	93	—	—
Vegetation	—	488	93	51	42	8,6 %
Humusauflage		11 891	51	725	-674	-5,7 %
Bodenhorizont 1	0 m - 0,1 m	46 443	725	119	606	1,3 %
Bodenhorizont 2	0,1 m - 0,3 m	20 875	119	9,8	109	0,5 %
Bodenhorizont 3	0,3 m - 0,6 m	38 459	9,8	2,0	7,8	<0,1 %
Bodenhorizont 4	0,6 m - 1,1 m	46 527	2,0	1,4	0,6	<0,1 %
Bodenhorizont 5	1,1 m - 1,8 m	44 997	1,4	—	—	—
	Summe	209 681			91,6	<0,1 %

LUBW

nimmt die Bleifracht deutlich bis auf 1,4 g/(ha·a) in 110 cm Tiefe ab.

Somit ergeben sich die in Tabelle 4.3-2 dargestellten Änderungen. Einzig für die Humusauflage liegt diese mit -5,7 % pro Jahr in einem Bereich, der innerhalb eines Jahrzehnts mit klassischen Bodenuntersuchungen nachweisbar ist. Aus der Bleibilanz lässt sich ableiten, dass am Standort Bruchsal/Forst die in der Vergangenheit vor dem Benzinbleigesetz von 1989 im Oberboden angesammelten Bleivorräte gegenwärtig in den Unterboden verlagert werden. Aktuell sind die Bleieinträge nicht mehr primär durch den Verkehr beeinflusst. Gegenwärtige Eintragsbedingungen vorausgesetzt, würde es inzwischen rund 1 000 Jahre dauern, die bisher verkehrsbedingt eingebrachten schätzungsweise 50 000 g/ha noch einmal einzutragen.

Weitere Stoffbilanzen liegen vor [LUBW 2008] oder befinden sich in Bearbeitung.

4.4 Untersuchungen zu dioxinähnlichen polychlorierten Biphenylen in Böden

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind synthetisch hergestellte Verbindungen, die in einer Vielzahl technischer Produkte beispielsweise als Isolier- und Kühlmittel eingesetzt wurden. Die Stoffgruppe umfasst insgesamt 209 Kongenere, d. h. chemische Verbindungen mit der gleichen Grundstruktur, von denen sechs als Indikator-PCB (PCB₆) festgelegt wurden, da sie annähernd repräsentativ für den Gesamt-PCB-Gehalt sind. Zwölf weitere Kongenere weisen ähnliche toxische Eigenschaften wie Dioxine und Furare (PCDD/F) auf. Sie werden als dioxinähnliche PCB (dl-PCB) bezeichnet. Für PCDD/F- und PCB₆-Gehalte in Böden existieren bundeseinheitlich festgelegte Beurteilungswerte nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), für dl-PCB werden diese derzeit diskutiert [GIESE 2011].

Im Gegensatz zu PCB₆ und PCDD/F lagen für die zwölf dl-PCB bisher keine Bodendaten vor. Daher wurden im Rahmen der Bodendauerbeobachtung in den Jahren 2009 und 2010 Bodenproben von 50 ausgewählten Standorten unterschiedlicher Nutzungen (Acker, Grünland und Wald) auf dl-PCB, PCDD/F und PCB₆ analysiert (Abb. 4.4-1). Ziel war eine Querschnittsuntersuchung an Standorten mit Hintergrundbelastung und höher belasteten Flächen im Überflutungsbereich von Fließgewässern.

Schadstoffe wie PCB und PCDD/F lagern sich in den oberen Zentimetern des Bodens an und werden nicht in tiefere Bodenschichten verlagert [LFU 1995]. Daher wurden die organische Auflage unter Wald (Waldstreu) und der erste

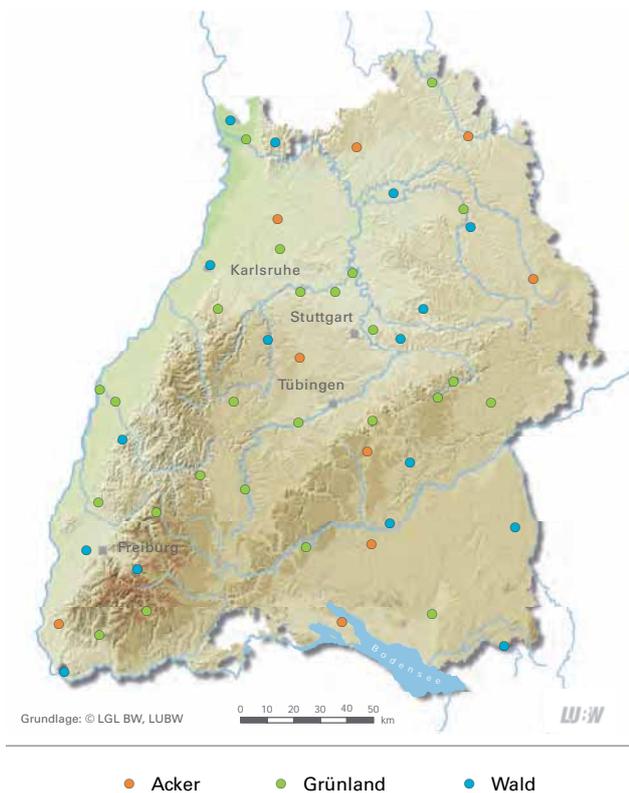


Abb. 4.4-1: Lage der Untersuchungsflächen. Stand: 2011

mineralische Oberbodenhorizont untersucht (Tab. 4.4-1). Es wurden deutliche Unterschiede in den Schadstoffgehalten von Flächen mit und ohne Überschwemmungseinfluss ermittelt. Grund hierfür sind schadstoffbelastete Sedimente oder Schwebstoffe, die bei Hochwasserereignissen je nach Sedimentationsbedingungen, z. B. Fließgeschwindigkeit oder Überflutungshöhe, abgelagert werden. Daher weisen Überschwemmungsflächen im Mittel oft höhere, jedoch kleinräumig variierende, Schadstoffbelastungen auf. Die Beurteilungswerte nach BBodSchV für PCDD/F wurden nicht, für PCB₆ in drei Fällen überschritten. Aus den

Tab. 4.4-1: Medianwerte (50. Perzentile) der Schadstoffgehalte der untersuchten Flächen. Die dl-PCB- und PCDD/F-Gehalte wurden als toxische Äquivalente (TEQ) nach WHO [VAN DEN BERG ET AL. 2006] berechnet, Untersuchungszeitraum 2009 bis 2010. Stand: 2011

	dl-PCB in ng TEQ/kg	PCDD/F	PCB ₆ in µg/kg
Acker (n=9)	0,3	0,9	1,5
Grünland ohne Überschwemmungseinfluss (n=12)	0,3	1,4	2,3
Grünland mit Überschwemmungseinfluss (n=13)	1,2	3,2	15,8
Wald (n=16)	1,4	3,6	5,7
organische Auflage unter Wald (n=16)	3,4	6,0	14,1

n = Anzahl Untersuchungsflächen

LUBW

ermittelten Schadstoffgehalten ergab sich kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Aus Vorsorgegründen ist jedoch eine Verschlechterung der Belastungssituation auf den betroffenen drei Flächen zu vermeiden. Ohne Berücksichtigung der Überschwemmungsflächen liegen die PCDD/F- und PCB₆-Gehalte in den untersuchten Oberböden in einer vergleichbaren Größenordnung wie bei früheren Untersuchungen. In der organischen Auflage der Waldböden deutet sich ein Rückgang der Schadstoffbelastung an. Dies ist aufgrund der umfangreichen Maßnahmen zur Luftreinhaltung in den vergangenen Jahren nachvollziehbar [LUBW 2010b].

Für dl-PCB existieren keine Beurteilungswerte nach BBodSchV. Vergleiche mit den Daten anderer Bundesländer ergaben, dass die Gehalte in ähnlicher Größenordnung liegen und sie – wie PCDD/F und PCB₆ – ebenfalls ubiquitär, also überall, vorkommen. Eine Gesundheitsgefährdung ergibt sich aus den ermittelten dl-PCB-Gehalten nicht.

4.5 Bodenbelastungen mit Arsen

Die BBodSchV enthält Prüf- und Belastungswerte für Spurenstoffe in Böden. Arsen (As) wurde aufgrund der früher aufwändigen Analytik in der Vergangenheit in Böden seltener untersucht als andere Schwermetalle und Spurenelemente. Die Verteilung der Arsengehalte in Böden ergibt anhand der vorliegenden Daten oft ein heterogenes Bild (Abb. 4.5-1). Geogen erhöhte Arsengehalte werden einerseits auf besondere Ausgangsgesteine der Bodenbildung mit von Natur aus höheren Arsengehalten zurückgeführt. Dazu gehören Gesteine mit Erzgängen z. B. südlich von Haslach und Hausach im Kinzigtal oder die vereinzelt im Schwarzwald vorkommenden Quarzporphyre (Rhyolith, z. B. östlich von Offenburg). Andererseits können auch pedogene Ursachen, wie besondere Bodenverhältnisse in wechselfeuchten Auenböden bei zuströmendem arsenhaltigen Grundwasser, der Grund für hohe Arsengehalte im Boden sein.

In Abbildung 4.5-1 ist dies beispielsweise im mittleren Abschnitt der Oberrheinebene und im Südteil der Ortenau durch ein gehäuftes Auftreten erhöhter Bodengehalte sichtbar. Altablagerungen, teils aus dem historischen Abbau und der Aufbereitung von Erzen sowie aus lokalen Altlasten, bedingen punktuell anthropogen erhöhte Arsengehalte. Erhöhte Arsengehalte der Böden z. B. im Kinzig-

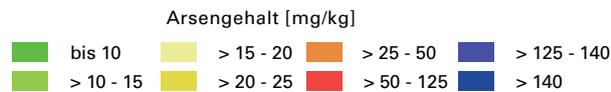
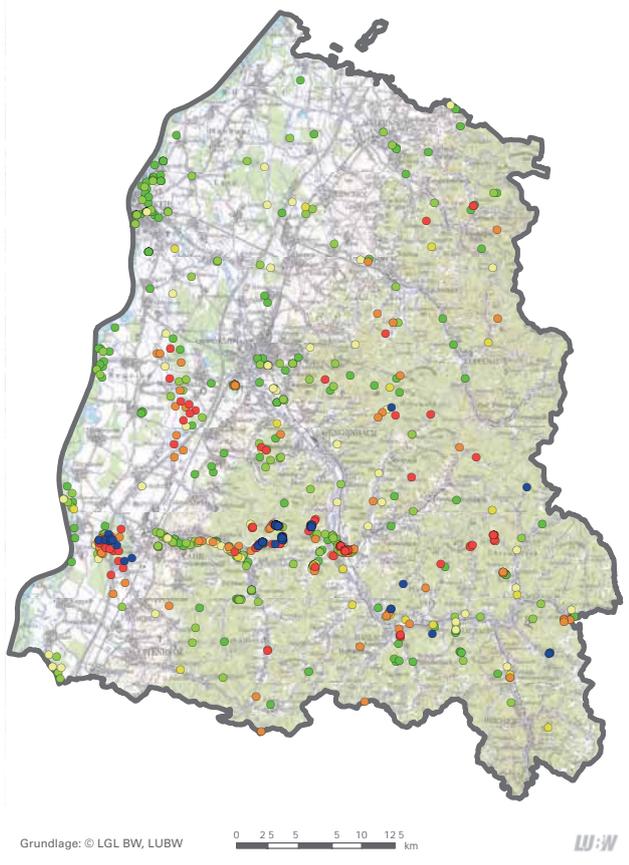


Abb. 4.5-1: Arsengehalte in Oberböden der Ortenau. Stand: 2012

und im Gutachtal sind überwiegend auf früheren Erzabbau und die Aufbereitung der gewonnenen Erze zurückzuführen (Halden oder Verhüttungsstandorte). Die Befunde für die Böden im Ortenaukreis weisen darauf hin, dass bei Arsen auch in anderen Landesteilen mit einer breiteren Spanne des ubiquitären Hintergrunds in Böden zu rechnen ist, als dies bei den häufiger untersuchten Spurenstoffen wie z. B. Blei, Cadmium u. a. zugrunde gelegt wird (Abb. 4.5-2). Bei überschrittenen Prüf- oder Maßnahmenwerten der BBodSchV führen die zuständigen unteren Bodenschutzbehörden je nach den betroffenen Wirkungspfaden weitere Sachverhaltsermittlungen durch. Auf landwirtschaftlichen Flächen betrifft dies insbesondere den Arsentransfer vom Boden in Nahrungs- und Futterpflanzen, in Siedlungsgebieten die mögliche Exposition der Bewohner. Die Prüf- und Maßnahmenwerte sind je nach Bodennutzung unterschiedlich hoch.

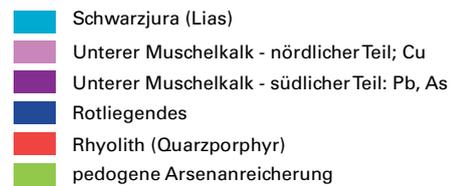
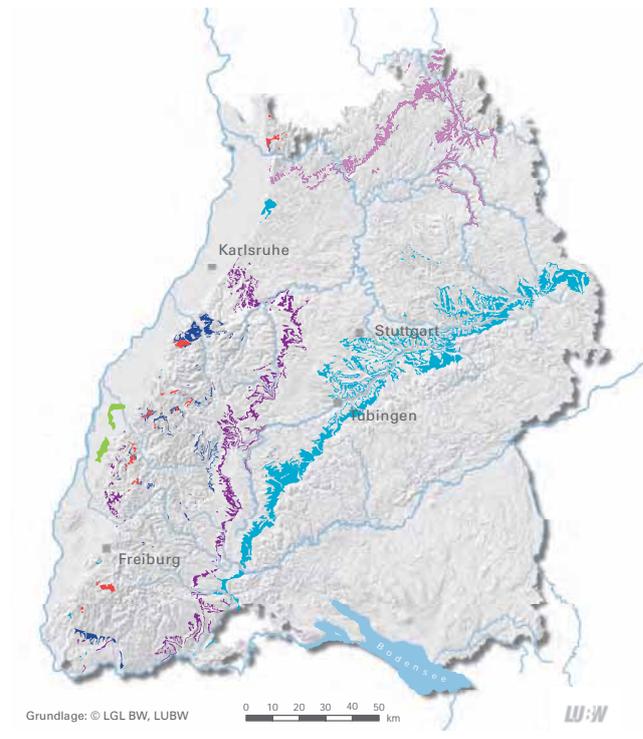


Abb. 4.5-2: Bereiche mit geogen erhöhten Schadstoffgehalten der Böden (Schwermetalle und Arsen). Quellen: LUBW, LGRB. Stand: 2011

4.6 Altlastenbearbeitung

Das Land Baden-Württemberg hat bereits 1988 begonnen, die Altlastenproblematik systematisch aufzuarbeiten. Der Begriff „Altlasten“ ist im BBodSchG definiert und beschreibt ehemalige Mülldeponien (Alttablagerungen) sowie ehemals industriell oder gewerblich genutzte Grundstücke (Altstandorte), auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde und von denen heute Gefahren für den Menschen oder die Umwelt ausgehen können. Ende 2002 wurde die erste landesweite Erhebung altlastverdächtiger Flächen abgeschlossen. Die Erfassung wird seither in den Land- und Stadtkreisen fortgeführt und regelmäßig aktualisiert. Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass zur weitgehenden Aufarbeitung des Altlastenproblems noch mindestens zwanzig Jahre benötigt werden.

4.6.1 Erfassung

Die unteren Bodenschutz- und Altlastenbehörden der Stadtkreise und Landratsämter erfassen im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung flurstücksgenau im Bodenschutz- und Altlastenkataster alle Flächen, bei denen aufgrund der Aktenlage oder sonstiger Hinweise Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Altlast bestehen.

Bis Ende 2011 wurden insgesamt rund 93 000 Flächen erfasst. Davon konnten bisher 39 822 Fälle (43 %) als sogenannte A-Fälle ohne Altlastenverdacht ausgeschieden werden. 13 820 Flächen sind als altlastverdächtig eingestuft, 2 275 Flächen (2 %) stehen als Altlasten fest (Abb. 4.6-1). Das Kataster enthält als „sonstige Flächen“ 36 832 Fälle mit Handlungsbedarf B = Belassen (ohne Gefahrenbezug), dies sind 40 % aller erfassten Flächen (Abb. 4.6-1). Hierbei handelt es sich um Flächen, die derzeit ohne weiteren Handlungsbedarf belassen werden können, die aber bei einer Umnutzung oder Expositionsänderung neu bewertet werden müssen. Auch bei zukünftigen Baumaßnahmen sind diese Flächen hinsichtlich der Entsorgungsrelevanz von Aushubmaterial besonders zu beachten.

Nachdem zwischen 2002 und 2004 die Zahl der altlastverdächtigen Flächen eher rückläufig war, zeigt sich seit 2004, bedingt durch die Nacherfassungsaktivitäten, eine Zunahme um 3 733 Flächen bis Ende 2011 (Abb. 4.6-2). Seit 2008 liegt die Zahl der Flächen bei etwa 14 000 Fällen. Wie aus Abbildung 4.6-2 deutlich wird, hat sich der Anteil der altlastverdächtigen Altablagerungen seit 2002 kontinuierlich verringert. Altablagerungen, wie ehemalige Müllkippen und Industrieabfalldeponien, machen 2011 nur noch 11,7 % (1 615 Flächen) der zu bearbeitenden altlastverdächtigen Flächen aus. 88,3 % der Flächen (12 205) sind Alt-

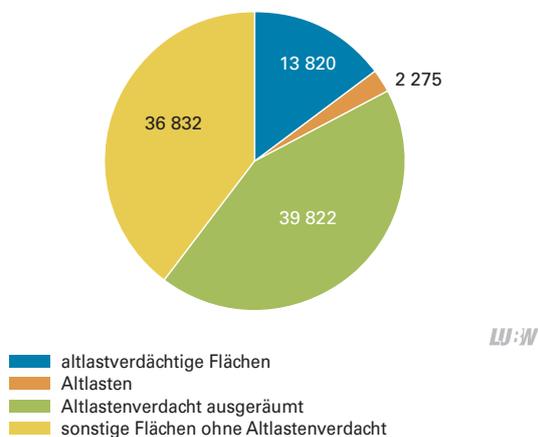


Abb. 4.6-1: Seit Beginn der Altlastenbearbeitung bis Ende 2011 erfasste Flächen. Stand: 2011

standorte. Neue Altablagerungen kommen nur noch in ganz geringer Menge dazu.

4.6.2 Gefährdungsabschätzung

Durch Altlasten können die Schutzgüter Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer sowie Flora und Fauna gefährdet sein. In den überwiegenden Fällen ist in Baden-Württemberg das Schutzgut Grundwasser durch Einwirkungen aus Altlasten betroffen.

Das BBSchG unterteilt die Gefährdungsabschätzung in die orientierende Untersuchung und die Detailuntersuchung. Für den Großteil der erfassten altlastverdächtigen Flächen ist nur eine orientierende Untersuchung erforderlich. Sie dient der einfachen Überprüfung des Anfangsverdachts. Erst wenn sich der Verdacht bestätigt, folgen vertiefte Untersuchungen zum Nachweis der Gefährdung der Schutzgüter. Mit der Detailuntersuchung sind dann in der Regel die technischen Untersuchungen abgeschlossen. Bis 2011 war bei 15 913 Fällen die Gefährdungsabschätzung abgeschlossen (Abb. 4.6-3). Alle weiteren Schritte wie Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung zielen bereits in Richtung Sanierung. Erst nach einer Sanierungsuntersuchung wird entschieden, ob und wie saniert werden muss.

4.6.3 Sanierung

Seit Beginn der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg wurde bei 3 396 Flächen ein Sanierungsbedarf festgestellt. Bis Ende 2011 konnten davon 2 780 Sanierungen

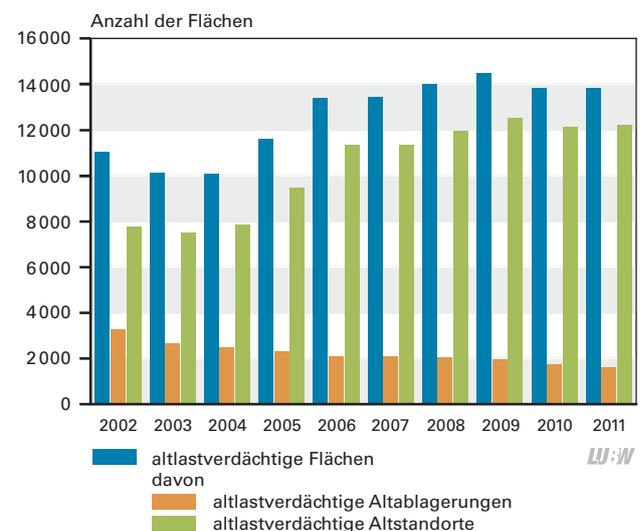


Abb. 4.6-2: Entwicklung der Zahl der altlastverdächtigen Flächen (Summe Altablagerungen und Altstandorte) zwischen 2002 und 2011. Stand: 2011

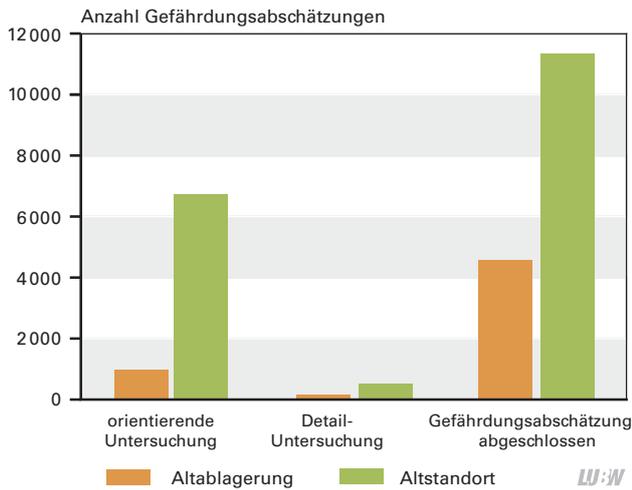


Abb. 4.6-3: Bis Ende 2011 in Bearbeitung befindliche und abgeschlossene Gefährdungsabschätzungen. Stand: 2011

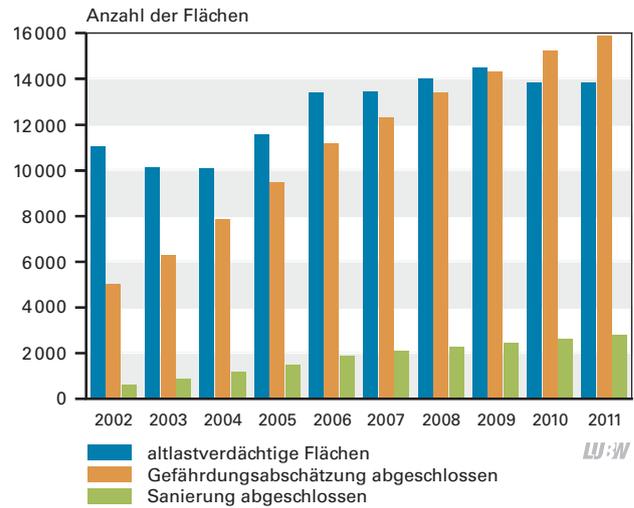


Abb. 4.6-4: Entwicklung der Sanierungen 2002 bis 2011. Stand: 2011

abgeschlossen werden, 616 Altlasten befinden sich derzeit in der Phase der Sanierung. Im Vergleich zur Gesamtzahl der noch zu bearbeitenden altlastverdächtigen Flächen und der Zahl der bereits abgeschlossenen Gefährdungsabschätzungen ist die Zahl der sanierten Fälle jedoch verhältnismäßig klein (Abb. 4.6-4). Zu den Fällen, deren Gefähr-

dungsabschätzung abgeschlossen ist, werden alle Fälle gezählt, bei denen entweder der Verdacht einer Altlast ausgeräumt ist oder eine Altlast vorliegt. Dazu gehören auch die abgeschlossenen oder in Bearbeitung befindlichen Sanierungen.

5 Wasser

Das Wichtigste in Kürze

In Baden-Württemberg wird fast die Hälfte der Landesfläche landwirtschaftlich genutzt. Daher ist das **Grundwasser** großflächig durch Nitrat aus stickstoffhaltigen Düngemitteln sowie kleinräumig durch Pflanzenschutzmittel belastet. Bei der Nitratkonzentration ist aufgrund der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) sowie des Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramms (MEKA) in den letzten 16 Jahren ein abnehmender Trend festzustellen. Auch bei den Pflanzenschutzmitteln ist die Belastung rückläufig.

Die Grundwasserstände der Jahre 2009 und 2010 entsprachen langjährig durchschnittlichen Verhältnissen. Im Jahr 2011 ist eine große Schwankung festzustellen. Dies äußert sich in vielen Landesteilen mit extrem hohen Ständen zu Jahresbeginn und nach stetiger Abnahme im Jahresverlauf durch relativ niedrige Grundwasserstände zu Jahresende.

Insbesondere in langsam fließenden und stehenden **Oberflächengewässern** ist Phosphor der wichtigste Nährstoff. Obwohl in den letzten Jahren durch die verbesserte Abwasserreinigung und Bemühungen der Landwirtschaft eine erhebliche Reduzierung der Phosphorkonzentrationen erfolgte, ist insbesondere im Einzugsgebiet des gestauten Neckars eine weitere Reduktion der Phosphoreinträge erforderlich.

Im **Bodensee** hat sich die Phosphorkonzentration auf einen für große oligotrophe Alpenseen typischen Wert von 6 µg/l bis 7 µg/l stabilisiert. Die Folge ist eine noch gute Sauerstoffversorgung über Grund, auch in Jahren mit unvollständiger Frühjahrszirkulation. Dies ist wichtig, da die in erster Linie durch wärmere Winter bedingten Jahre mit schlechter Vertikalzirkulation in den letzten 40 Jahren zugenommen haben. Aufgrund der Bedeutung des Bodensees für die Trinkwassergewinnung hat die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) eine Bestandsaufnahme der Mikroverunreinigungen durchgeführt. Bei der Untersuchung auf über 600 Einzelstoffe wurden durchweg niedrige Konzentrationen festgestellt, die für eine einwandfreie chemische Wasserqualität sprechen.

5.1 Grundwasser

Rund 71 % des Trinkwassers in Baden-Württemberg wird aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Ziel ist es, dieses Trinkwasser ohne aufwändige Aufbereitung zur Verfügung zu stellen. Daher ist es notwendig, das Grundwasser sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht zu beobachten, um rechtzeitig über Entwicklungen im Grundwasser, die dieses Ziel gefährden, informiert zu sein. Vielen Grundwasserproblemen wurde durch Gesetze und Verordnungen begegnet. Mittlerweile sind Erfolge feststellbar, wenngleich, aufgrund der langen Verweilzeiten im Untergrund, erst nach vielen Jahren. So gehen die Nitratkonzentrationen zurück, und die Belastung des Grundwassers, insbesondere mit Pflanzenschutzmitteln und Lösemitteln, hat abgenommen.

5.1.1 Grundwassermessnetz

Die LUBW betreibt das Landesmessnetz Grundwasser, das aus den Teilmessnetzen Grundwassermenge und Grundwasserbeschaffenheit besteht. Daten zur Grundwassermenge werden schon seit über 100 Jahren erhoben. Seit über 25 Jahren gibt es ein Messnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit. Ein repräsentatives Grundwassermessnetz

mit den zugehörigen Untersuchungsprogrammen und aktuellen Datendiensten ist zugleich ein Frühwarnsystem für großräumige Veränderungen des Grundwassers, beispielsweise durch Versauerung, Klimafolgen, Bewirtschaftungsänderungen und Übernutzungen. Ziel des Messnetzes ist die Dokumentation des aktuellen Zustands und der Entwicklung von Grundwasserqualität und -quantität sowie das Aufzeigen der Einflussfaktoren, d. h. die Untersuchung und Beurteilung der Auswirkungen von Nutzungen und hydrologischem Geschehen auf das Grundwasser [LUBW 2011a, b]. In der Regel wird an allen Messstellen das Grundwasser mindestens einmal pro Jahr auf Nitrat und die Parameter Temperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Elektrische Leitfähigkeit untersucht. Bei anderen Parametern läuft eine Beprobungskampagne über drei bzw. vier Jahre. Messungen von Grundwasserstand und Quellschüttung erfolgen in der Regel wöchentlich, teilweise mit elektronischer Messwerterfassung auch in kürzeren Intervallen. Nur bei einem Teil der Messstellen des Grundwassermessnetzes handelt es sich um Rohwasser für Trinkwasserzwecke. Ansonsten sind die Messstellen Beobachtungsrohre oder Brunnen und Quellen, die teilweise auch für Beregnungszwecke oder für Brauchwasser genutzt werden.

5.1.2 Grundwasserbeschaffenheit

Je nach Region hat jedes Grundwasser seine charakteristische Zusammensetzung, abhängig unter anderem von Bodenbedeckung, Untergrundverhältnissen und hydrologischen Einflüssen. Zusätzlich zu dieser „natürlichen“ Beschaffenheit ist das Grundwasser im dicht besiedelten und hoch industrialisierten Baden-Württemberg auch unterschiedlich durch den Menschen beeinflusst. Gesetzlich ge-

regelte Schwellenwerte für das Grundwasser gibt es in der Grundwasserverordnung (GrwV) für Nitrat (NO_3^-) und die Pflanzenschutzmittel, für Arsen (As), Cadmium (Cd), Blei (Pb), Quecksilber (Hg), Ammonium (NH_4^+), Chlorid (Cl^-), Sulfat (SO_4^{2-}) sowie die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen. Für die anderen Grundwasserparameter werden als Orientierungshilfe für deren Beurteilung die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und die durch das

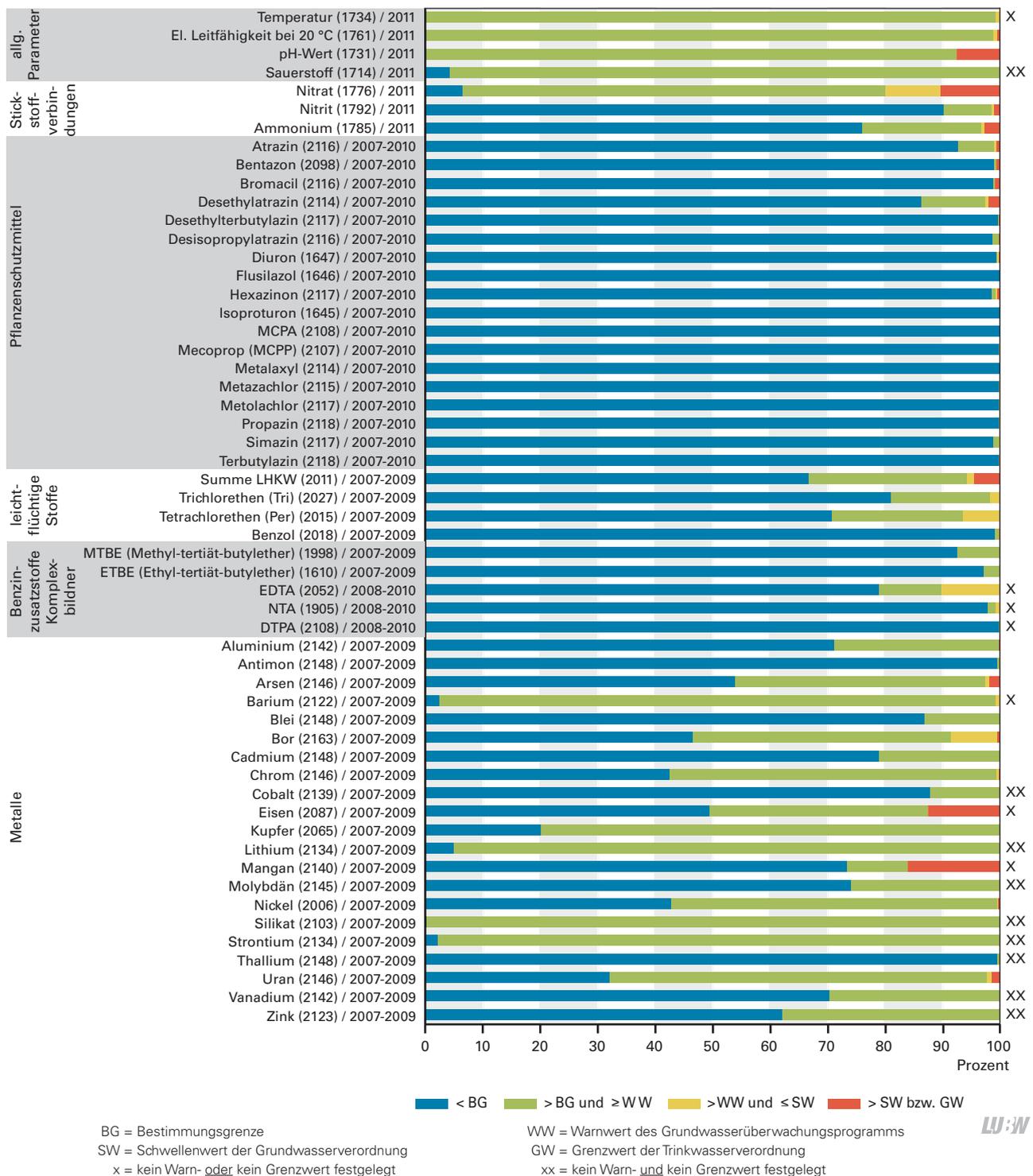


Abb. 5.1-1: Ergebnisse der Beprobungen zur Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg 2007 bis 2011. Prozentuale Verteilung der Messwerte (in Klammern: Anzahl der Messwerte). Stand: April 2012

Grundwasserüberwachungsprogramm eingeführten Warnwerte herangezogen. Abbildung 5.1-1 gibt einen Überblick über die Beprobungsergebnisse im Zeitraum 2007 bis 2011 und bildet landwirtschaftliche Belastungen aus der Stickstoffdüngung (Nitrat, Nitrit, Ammonium) und aus Pflanzenschutzmittelnanwendungen, Versauerung durch sauren Regen (pH-Wert), Einträge von organischen Spurenstoffen und geogen bedingte metallische Spurenstoffe ab.

Nitrat

In Baden-Württemberg wird fast die Hälfte der Landesfläche landwirtschaftlich genutzt. Der damit verbundene Einsatz an stickstoffhaltigen Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln führt zu einem flächenhaften Eintrag dieser Agrochemikalien in das Grundwasser. Im Jahr 2011 wurde Nitrat an 1 776 Messstellen des Landesmessnetzes untersucht. An rund 68 % der Messstellen liegen die Nitratwerte über der „natürlichen Hintergrundkonzentration“ von rund 10 mg/l. Der Warnwert von 37,5 mg/l wird an nahezu jeder fünften Messstelle überschritten, der Schwellenwert der GrwV von 50 mg/l an jeder neunten Messstelle.

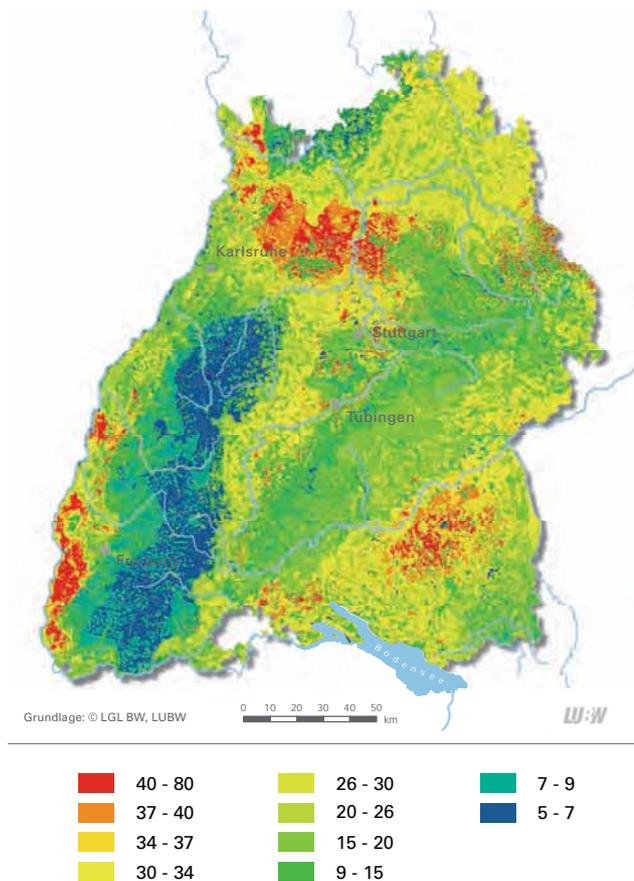


Abb. 5.1-2: Konzentrationsverteilung von Nitrat in mg/l im oberflächennahen Grundwasser 2011 in Baden-Württemberg – regionalisierte Darstellung. Stand: Juni 2012

Bei den Landesmessstellen mit für die öffentliche Wasserversorgung genutztem Rohwasser lag der Nitratwert 2011 an jeder 17. Messstelle über dem Schwellenwert der GrwV, an Messstellen im landwirtschaftlichen Einflussbereich jedoch an jeder fünften. Bei den in Abbildung 5.1-2 dargestellten Belastungsschwerpunkten handelt es sich insbesondere um Gebiete mit Maisanbau und Sonderkulturen wie Reben oder Gemüse.

Die mittelfristige Änderung der Nitratkonzentration wird anhand von Landesmessstellen ermittelt, von denen durchgehend von 1994 bis 2011 Messwerte vorliegen (Abb. 5.1-3). Diese 1 335 durchgehend beprobten Landesmessstellen repräsentieren im Jahr 2011 rund 75 % des gesamten Messnetzes. Im Landesmessnetz ist in den vergangenen 16 Jahren ein rückläufiger Trend der Nitratkonzentration zu beobachten.

In Baden-Württemberg werden rund 71 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Diesen Wasservorkommen kommt durch Ausweisung von Wasserschutzgebieten ein erhöhter Schutz zu. Darüber hinaus regelt in Baden-Württemberg die SchALVO seit 1988 die Landwirtschaft in allen rechtskräftig festgesetzten und vorläufig angeordneten Wasserschutzgebieten. Ziel ist der Schutz des Grundwassers u. a. vor Nitratreinträgen sowie die schnellstmögliche Sanierung nitratbelasteter Grundwasservorkommen durch grundwasserschonende Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Die Wasserschutzgebiete werden je nach Belastung in Ge-

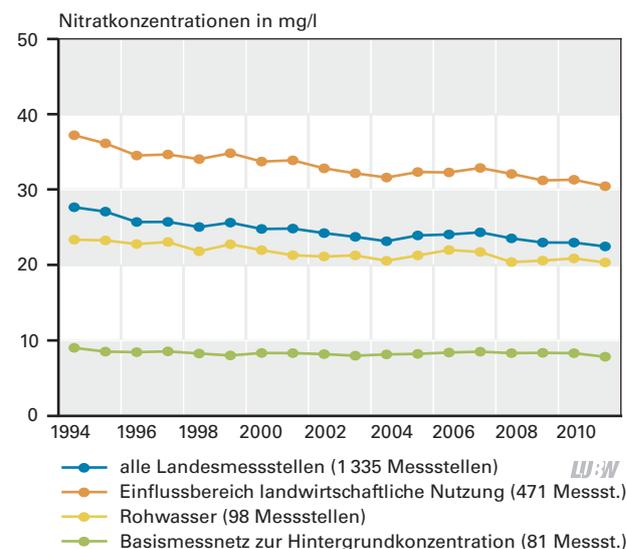


Abb. 5.1-3: Mittelfristige Trends der mittleren Nitratkonzentrationen in Baden-Württemberg für durchgehend beprobte Messstellengruppen, Gesamtsituation innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten. Stand: April 2012

biete mit niedriger Nitratbelastung, Nitratproblemgebiete und Nitratsanierungsgebiete eingeteilt. Der mittlere Nitratrückgang seit 2001 ist mit rund 10 % in den Sanierungsgebieten am größten: Dort gelten die strengsten Bewirtschaftungsauflagen (Abb. 5.1-4). Es folgen die Problemgebiete mit rund 8 %, während es in den gering belasteten „Normalgebieten“ im Mittel keine wesentlichen Veränderungen gibt. Insgesamt haben die Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung – hierzu zählen neben der Düngeverordnung insbesondere die SchALVO sowie das Programm MEKA – in den letzten 16 Jahren zu einer Abnahme der Nitratbelastung geführt.

Pflanzenschutzmittel

Mit Stand April 2012 sind in der Bundesrepublik Deutschland 261 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in 1 287 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Jahr 2010 entfiel mit 53,1 % der mengenmäßig größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt von den Fungiziden mit 33,2 % und den Insektiziden mit rund 3 %. Gegenüber 2009 stieg der Gesamtinlandsabsatz an Wirkstoffen um rund 4 % an. Die meisten Pflanzenschutzmittel werden in der Landwirtschaft eingesetzt, nur etwa 1 % der abgesetzten Wirkstoffmenge entfällt auf den Bereich Haus und Garten. Pflanzenschutzmittel dürfen gemäß Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) nur auf Freilandflächen angewendet werden, die landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Anwendungen auf Nichtkulturland, um diese Flächen z. B. zur Wahrung der Ver-

kehrs- und Betriebssicherheit oder aus optischen Gründen von Pflanzenbewuchs freizuhalten, bedürfen nach PflSchG jeweils einer Ausnahmegenehmigung durch das zuständige Landratsamt oder das Regierungspräsidium.

Zur Beschreibung der Gesamtsituation bei den Pflanzenschutzmitteln wurden im Zeitraum von 2007 bis 2011 an bis zu 3 819 Messstellen (LUBW- und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen) die Pflanzenschutzmittel-Daten von 52 häufig gemessenen Substanzen, 48 Wirkstoffe und vier Stoffwechselprodukte (Metaboliten), ausgewertet:

- 26 Substanzen, darunter zwölf zugelassene, 13 nicht mehr zugelassene Wirkstoffe und ein Metabolit, wurden an keiner einzigen Messstelle nachgewiesen.
- Positive Befunde in Konzentrationen unter dem Schwellenwert der GrwV von 0,1 µg/l lagen von acht Stoffen vor, darunter sieben zugelassene, ein nicht mehr zugelassener Wirkstoff.
- Überschreitungen des Schwellenwerts von 0,1 µg/l an bis zu 1 % der Messstellen werden durch 17 Stoffe verursacht, darunter neun zugelassene, sechs nicht mehr zugelassene Wirkstoffe und zwei Metabolite.
- Die meisten Überschreitungen des Schwellenwerts von 0,1 µg/l werden immer noch durch den Metaboliten Desethylatrazin des seit 1991 verbotenen Herbizids Atrazin an 49 von 3 819 Messstellen, also an 1,3 % der Messstellen, hervorgerufen.

Im Zeitraum von 2007 bis 2011 zeigen insbesondere Atrazin, Bentazon, Bromacil und Hexazinon und der Metabolit Desethylatrazin Überschreitungen des Schwellenwertes der GrwV von 0,1 µg/l an den Messstellen des Landesmessnetzes und des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung (Abb. 5.1-5).

Die noch vorhandene Belastung mit Pflanzenschutzmitteln wird überwiegend durch Wirkstoffe oder deren Metabolite verursacht, die schon seit den 1990er Jahren nicht mehr zugelassen sind (Abb. 5.1-6). So war im Zeitraum 2007 bis 2011 die Häufigkeit der Überschreitungen des Schwellenwertes von nicht mehr zugelassenen Wirkstoffen und deren Metaboliten insbesondere von Atrazin und Desethylatrazin nur noch ein Viertel so hoch wie im Zeitraum 1995 bis 1997. Trotzdem sind diese „Altlasten“ für rund dreimal so viele Überschreitungen verantwortlich wie die zugelassenen Wirkstoffe.

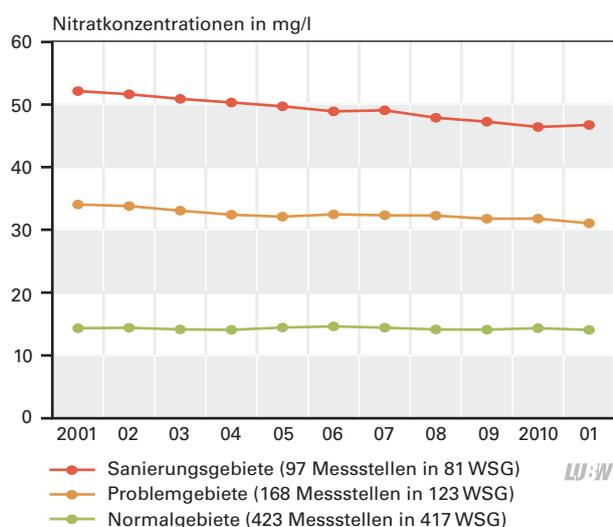
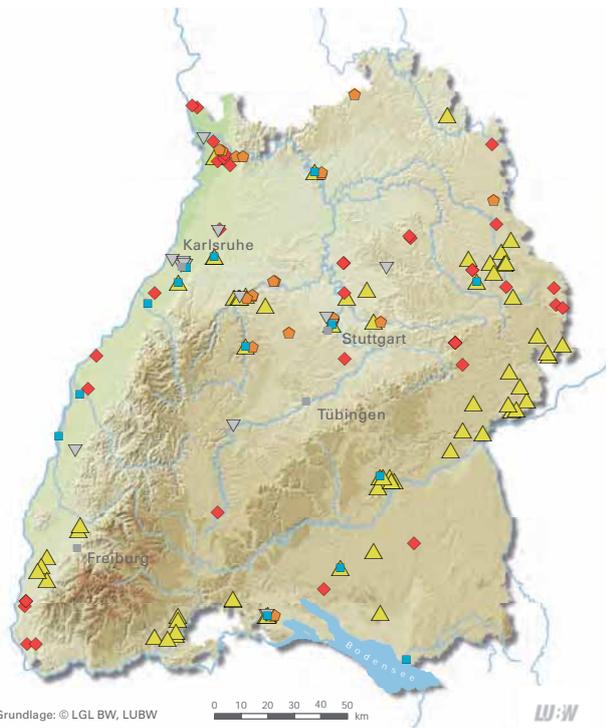


Abb. 5.1-4: Mittelfristige Trends der Nitratkonzentrationen für jährlich beobachtete Messstellen in Wasserschutzgebieten (WSG) in Baden-Württemberg; Klassifizierung gemäß Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO). Quelle: Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen. Stand: April 2012



▼ Hexazinon ■ Atrazin ● Bromacil ◆ Bentazon ▲ DEA

Abb. 5.1-5: Hauptbelastungen mit Pflanzenschutzmitteln in Baden-Württemberg: Vier Wirkstoffe und der Metabolit Desethylatrazin (DEA) an 136 Messstellen mit Befunden über dem Schwellenwert der GrwV von 0,1 µg/l. Quelle: Landesmessstellen LUBW und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen. Stand: April 2012

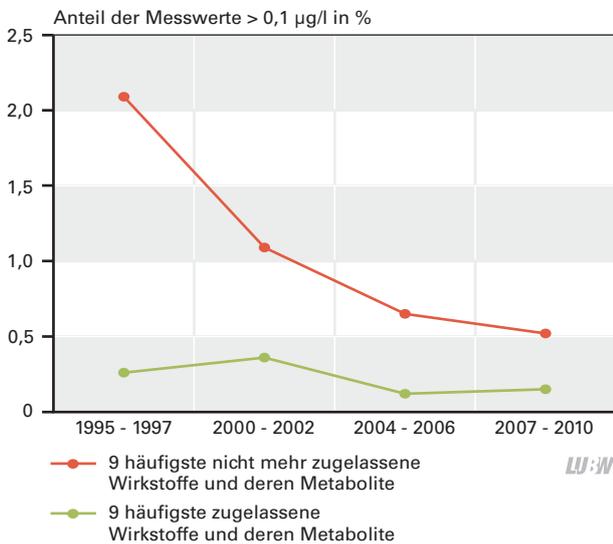


Abb. 5.1-6: Tendenz der Überschreitungshäufigkeiten bei den Untersuchungen von Pflanzenschutzmitteln in Baden-Württemberg 1995 bis 2010. Datengrundlage: Jeweils 16 000 bis 19 500 Einzelmessungen. Stand: April 2011

Nicht relevante Metabolite von Pflanzenschutzmitteln

Seit 2006 werden Untersuchungen auf im Sinne der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln „nicht relevante“ Metabolite (nrM) von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen durchgeführt. Darunter versteht man Abbauprodukte, die keine pestizide Wirkung mehr haben und hinsichtlich ihrer Human- und Ökotoxizität nicht bedenklich, aber in Grund- und Trinkwasser unerwünscht sind. Bis zu 40 dieser Substanzen wurden an risikobasiert ausgewählten Messstellen untersucht. Dies sind Messstellen, an denen aufgrund der angebauten Kulturen im Einzugsgebiet hohe Belastungen zu erwarten sind. Von den 40 nrM waren 15 nicht und acht nur in niedrigen Konzentrationen nachweisbar. Die mit Abstand höchsten Konzentrationen findet man bei den Metaboliten des Rübenerbizids Chloridazon und von Dimethylsulfamid, dem Metaboliten des nicht mehr zugelassenen Fungizids Tolyfluanid. Danach folgen die Metaboliten von Metolachlor, Metazachlor und Dimethachlor. Hinsichtlich der Bewertung werden die Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) für Trinkwasser herangezogen, die das Umweltbundesamt zusammen mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung für zahlreiche nrM veröffentlicht hat. Zieht man die genannten GOW von 3 µg/l bzw. 1 µg/l als Vergleichsmaßstab für das Grundwasser heran, so erhält man die in Tabelle 5.1-1 zusammengestellten Ergebnisse für den Zeitraum 2009 bis 2011.

Die auffälligen Werte zu Dimethylsulfamid sind in der Vorbergzone der Oberrheinebene, dem mittleren Neckarraum und im Bodenseegebiet zu finden, überall dort, wo Weinbau und Obstbau in größerem Umfang betrieben werden und in der Vergangenheit inzwischen verbotene Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Tolyfluanid eingesetzt wurden. Erhöhte Befunde von Desphenylchloridazon (Metabolit B) sind insbesondere im Raum Heilbronn konzentriert, wo das Zentrum des baden-württembergischen Rübenaubaus liegt. Weitere einzelne GOW-Überschreitungen sind bei den Metolachlor-Metaboliten NOA 413173 und CGA 380168 in den bekannten Maisanbaugebieten zu beobachten. Ebenso vereinzelt treten GOW-Überschreitungen des Dimethachlor-Metaboliten CGA 369873 bzw. des Metazachlor-Metaboliten BH 479-8 in Rapsanbaugebieten auf.

Tab. 5.1-1: Überschreitungen der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) in Baden-Württemberg. Beprobungen 2009 bis 2011 der LUBW sowie Daten des Kooperationsmessnetzes, jeweils neuester Messwert (Bewertungsstand der GOW: 18.02.2012); (www.umweltdaten.de > Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz > Publikationen > Trinkwasser > Toxikologie). Stand: 2012

Metabolit	GOW in µg/l	Anzahl Messstellen	Anzahl Messstellen > GOW	% Messstellen > GOW	Maximalwert in µg/l
Dimethylsulfamid	1,0	2 291	64	2,8	18,0
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	3,0	2 295	25	1,1	8,41
Metolachlor-Metabolit NOA 413173	1,0	541	2	0,4	1,19
Dimethachlormetabolit CGA 369873	1,0	538	1	0,2	1,2
Metolachlor-Sulfonsäure CGA 380168	3,0	542	0	0,0	1,6
Metazachlor-Sulfonsäure BH 479-8	3,0	542	0	0,0	1,2
2,6-Dichlorbenzamid	3,0	2 182	0	0,0	0,3

LUBW

Weitere Spurenstoffe

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW), gemessen als Summenparameter „Summe LHKW“ (Summe Tri- und Tetrachlorethen, da im Grundwasser normalerweise nur diese beiden vorkommen), wurden in den Jahren 2007 bis 2009 an 33,6 % der Messstellen über der Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l nachgewiesen. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,01 mg/l wurde an 4,5 % der Messstellen überschritten. Die höchsten Belastungen sind an Messstellen im Einflussbereich von Siedlung und Industrie zu finden, wobei sich die Verursacher meist eindeutig zuordnen lassen. Die Schwerpunkte der LHKW-Belastung liegen in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim, Mannheim/Heidelberg sowie in Städten, in denen die metallverarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dazu gehören beispielsweise Reutlingen, Villingen-Schwenningen, Heidenheim, Schwäbisch Gmünd oder Lahr. Dort liegen auch zahlreiche LHKW-Altlasten. Die Konzentrationen an diesen höher mit LHKW belasteten Messstellen sind landesweit in den letzten 15 Jahren zurückgegangen. Die am häufigsten gefundenen Einzelstoffe sind Tetrachlorethen (Per) und Trichlorethen (Tri) mit jeweils zweistelligen Nachweisquoten von 29,5 % bzw. 19,1 % bei einer Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. Mehr als die Hälfte der Befunde zu Per und mehr als drei Viertel der Befunde zu Tri liegen im unteren Konzentrationsbereich von 0,1 µg/l bis 1 µg/l. Sie stellen mehr oder weniger eine „diffuse“ Hintergrundbelastung dar, die sich auch über die Jahre nur wenig geändert hat. Deutlich geringer sind die gefundenen Konzentrationen anderer LHKW wie Trichlormethan (Chloroform), 1,1,1-Trichlorethan oder Tetrachlormethan.

Die Belastung des Grundwassers mit **BTEX-Aromaten** (Benzol, Toluol, Ethanol, Xylol) ist insgesamt gering. Bei den rund 2 000 im Zeitraum von 2007 bis 2009 untersuchten Messstellen wurden nur in wenigen Einzelfällen erhöhte positive Befunde gemessen.

Bei der Untersuchung auf die **Benzinzusatzstoffe MTBE** (Methyltertiärbutylether) und **ETBE** (Ethyltertiärbutylether) im Grundwasser von 2007 bis 2009 wurden nur wenige Positivbefunde über der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l festgestellt: Bei MTBE an 7,5 % der Messstellen, bei ETBE an 2,9 %. Nur zwei Proben (0,07 %) lagen mit ihrem MTBE-Gehalt über dem Geringfügigkeitsschwellenwert der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von 15 µg/l. Im Zeitraum von 2007 bis 2009 nahm die Belastung sowohl nach Messstellenanteil als auch nach Höhe der Konzentrationen gegenüber der Untersuchungskampagne 2002 ab.

Aufgrund ihrer Eigenschaften werden **Komplexbildner** in zahlreichen Branchen und Produkten verwendet. Die wichtigsten Vertreter sind **EDTA** (Ethylendiamintetraessigsäure) und **NTA** (Nitrilotriessigsäure) sowie für Spezialanwendungen auch **DTPA** (Diethylentriaminpentaessigsäure). Sie gelangen in erster Linie über den Abwasserpfad in das Grundwasser. Im Zeitraum 2008 bis 2010 wurden rund 2 000 Messstellen von der LUBW auf Komplexbildner untersucht. Dabei waren an etwa 10 % der Messstellen EDTA und an weniger als 1 % der Messstellen NTA in Konzentrationen über 1 µg/l zu finden. Die Belastung ist in den letzten zehn Jahren bei EDTA auf rund die Hälfte, bei NTA auf rund ein Drittel zurückgegangen.

In allen Grundwässern sind **metallische Spurenstoffe** in mehr oder weniger hohen Konzentrationen zu finden.

Diese Stoffgehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und je nach umgebender geologischer Formation in ihrer Zusammensetzung unterschiedlich. Darüber hinaus können weitere Belastungen auch durch anthropogene Einträge entstehen, sei es durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren, oder auch durch Schadensfälle. Von solchen Kontaminationen sind in erster Linie Messstellen betroffen, in deren Einzugsbereichen sich Siedlungen oder Gewerbegebiete mit Firmen befinden, die im weitesten Sinne mit Metallver- und -bearbeitung oder mit der Farbpigmentherstellung zu tun haben. Von den insgesamt 22 untersuchten metallischen Spurenstoffen sind für zwölf aufgrund ihrer Toxizität Schwellen- oder Grenzwerte festgelegt. Bei Antimon, Kupfer und Quecksilber traten keine Überschreitungen auf. Bei Aluminium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom und Nickel wurden die Schwellen-/Grenzwerte in Einzelfällen überschritten, teilweise geogen bedingt, teilweise aber auch durch Schadensfälle verursacht. Überschreitungen bei Arsen, Eisen und Mangan haben fast immer in Gebieten mit reduzierenden, d. h. sauerstoffarmen Grundwässern eine natürliche Ursache. Insgesamt sind Belastungen des Grundwassers mit metallischen Spurenstoffen überwiegend geogen bedingt und stellen auf die Fläche bezogen für die Grundwassernutzung kein Problem dar.

5.1.3 Grundwassermenge

Quantitatives Grundwassermessnetz

Das quantitative Grundwassermessnetz von Baden-Württemberg, das seit 1913 betrieben wird, umfasst rund 2 550 Messstellen (Stand: September 2011) und ist für die regionale Beobachtung der Grundwasserverhältnisse ausgelegt. Der landesweite Überblick über den Zustand und die aktuelle Entwicklung der quantitativen Grundwasserverhältnisse wird mit Hilfe von rund 220 Trendmessstellen zum Grundwasserstand, rund 110 ausgewählten Quellen sowie 34 Lysimeteranlagen (Anlagen zur Erfassung der Sickerwassermengen) gewährleistet [LUBW 2011c].

Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist eine der wichtigsten Komponenten des Grundwasserhaushalts. Sie hängt von der jahreszeitlichen, längerfristigen und auch räumlichen Variabilität der Niederschlagsereignisse ab. Die

Niederschläge beeinflussen aufgrund ihrer Sickerzeiten durch die Deckschichten meist zeitverzögert die Grundwasservorräte.

Im Zeitraum von 2009 bis 2011 waren die landesweiten mittleren Jahresniederschläge in der Summe unterdurchschnittlich im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961 bis 1990 (Abb. 5.1-7). Die Mittelwerte verbergen starke monatliche Kontraste, beispielsweise außergewöhnlich hohe Niederschläge im Juli 2009, im Mai, August und Dezember 2010 sowie im Juli und Dezember 2011. Ungewöhnlich waren die geringen Niederschlagsmengen in den Monaten August/September 2009, April 2010 und insbesondere im Frühjahr und im November 2011.

Die starken Niederschläge im Juli 2009, November und Dezember 2010 haben landesweit für kurzzeitige, aber markante Anstiege der Grundwasservorräte auf ein deutlich überdurchschnittliches Niveau gesorgt.

Im Jahr 2011 war ein anhaltendes Niederschlagsdefizit ab Februar zu verzeichnen, das ab April rückläufige Grundwasservorräte verursacht hat. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Sommer konnten keine Trendumkehr einleiten (Abb. 5.1-8).

Die Oberflächengewässer sind für den Grundwasserhaushalt weitere wichtige Einflussfaktoren. Im Oberrheingebiet außerhalb der Rheinniederung infiltrieren die oberirdischen Gewässer ins Grundwasser, innerhalb der Rheinniederung exfiltriert Grundwasser in die Oberflächengewässer.

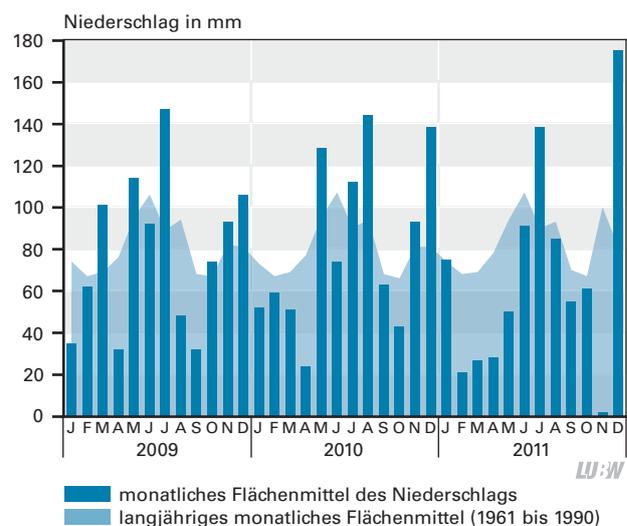


Abb. 5.1-7: Mittelwert des Niederschlags für Baden-Württemberg. Quelle: Deutscher Wetterdienst. Stand: 2012

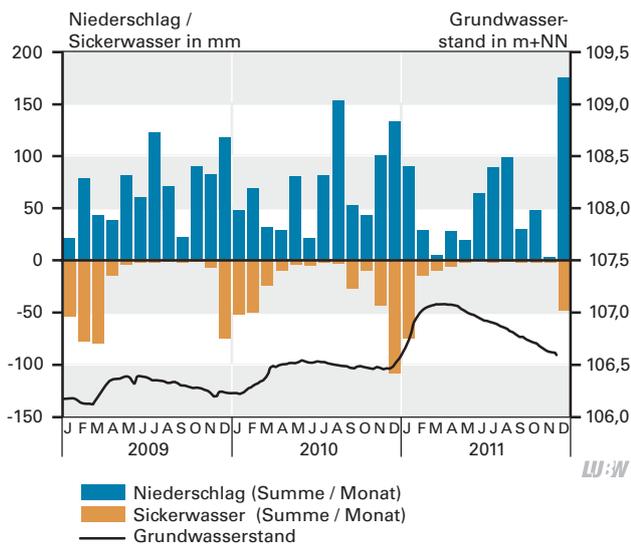


Abb. 5.1-8: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an der Lysimeteranlage Büchig. Stand: April 2012

Grundwasservorräte

Die kurz- und langfristige Entwicklung der Grundwasservorräte wird an repräsentativen Messstellen (Trendmessstellen) beobachtet.

Insgesamt bewegten sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2009 auf etwas niedrigerem Niveau als im Vorjahr und entsprachen etwa langjährigen mittleren Verhältnissen. Die starken Niederschläge im Juli haben bereichsweise für Anstiege auf ein überdurchschnittliches Niveau gesorgt. Grundwasserstände und Quellschüttungen stiegen zum Jahresbeginn 2011 landesweit steil an, wobei teilweise vieljährige Höchstwerte überschritten wurden. Im weiteren Jahresverlauf waren ununterbrochen rückläufige Grundwasserverhältnisse auf ein sehr niedriges Niveau im Dezember 2011 zu beobachten. Die Grundwasserdynamik im Jahr 2011 hatte somit sehr große Ähnlichkeiten mit den Verhältnissen im extrem trockenen Jahr 2003. Der nasse Dezember sorgte für eine allmähliche Entspannung der quantitativen Grundwasserverhältnisse. Ein Wiederanstieg war zum Jahresende 2011 erkennbar.

5.2 Zustand der Fließgewässer

Das Landesüberwachungsnetz Fließgewässer dient dem umfassenden und repräsentativen Überblick über den ökologischen und chemischen Zustand der Fließgewässer, der Dokumentation des bereits Erreichten und dem Aufzeigen von Defiziten.

Die im Land bereits langjährig überwachten physikalisch-chemischen Komponenten und die mittels der Organismengruppe des Makrozoobenthos (wirbellose Tiere der Gewässersohle) bestimmte „klassische“ biologische Gewässergüte wurden aufgrund der Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) um neue biologische Komponenten wie Wasserpflanzen und Fische ergänzt. Aufgrund begrenzt zur Verfügung stehender Ressourcen mussten hierzu bestehende Messnetze ausgedünnt werden. Die Bewertung des ökologischen Gewässerzustandes erfolgt jetzt nach neuen Verfahren, die größtenteils durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelt wurden und die auf dem Vergleich mit einem Referenzzustand beruhen. Sie wird gewässertypbezogen durchgeführt und berücksichtigt damit die unterschiedliche Ausprägung und die Empfindlichkeit gegenüber Belastungen. Weitere wesentliche Güteaspekte wie beispielsweise die Auswirkungen einer übermäßig degradierten Gewässermorphologie, z. B. durch Begradigung oder die negativen Folgen hoher Nährstoffgehalte, gehen ebenfalls in die Bewertung ein.

Die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustandes erfolgt nach europaweit einheitlichen Grundsätzen. Die Darstellung des Gewässerzustands beruht auf den bis 2012 verfügbaren Auswertungen, wobei teilweise noch Datenlücken vorhanden sind. Fischuntersuchungen werden von der Fischereiforschungsstelle des Landwirtschaftlichen Zentrums für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW) in Langenargen durchgeführt und veröffentlicht.

Das Landesüberwachungsnetz stellt somit die Datengrundlage für die Zustandsbewertung nach EU-WRRL bereit.

5.2.1 Ökologischer Zustand

Die Bewertung des ökologischen Zustandes erfolgt in erster Linie anhand der biologischen Qualitätskomponenten

- Phytoplankton (Algen),
- Makrophyten und Phytobenthos (Gefäßpflanzen und am Gewässerboden lebende Pflanzen),

- Makrozoobenthos (am Boden lebende, mit bloßem Auge sichtbare Wirbellose) sowie
- Fische.

Als ein Teil der Bewertung des ökologischen Zustandes sind unterstützend hydromorphologische Qualitätskomponenten sowie chemisch-physikalische und chemische Qualitätskomponenten heranzuziehen (Abb. 5.2-1). Zur Bewertung des guten ökologischen Zustands sind außerdem alle Umweltqualitätsnormen für die flussgebietspezifischen Schadstoffe einzubeziehen.

In den folgenden Ergebnisdarstellungen wird die Qualitätskomponente Phytoplankton nicht berücksichtigt, da die Methode vor der Aus- und Bewertung eine bestimmte Zahl von Untersuchungsjahren vorsieht. Bei der Qualitätskomponente Fische fehlen aktuell die Daten für einen landesweiten Überblick.

Fortgeschrieben wird die Bewertung des ökologischen Zustands mindestens alle sechs Jahre im Rahmen der Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne.

Makrophyten und Phytobenthos

Die biologische Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos umfasst mehrere pflanzliche Organismengruppen: Gefäßpflanzen, untergetaucht lebende Moose, Armeleuchteralgen sowie am Gewässerboden festsitzende

Algen. Die verschiedenen Pflanzengruppen ergänzen sich als Zeigerorganismen und dienen der Bewertung der Nährstoffsituation, von strukturellen Defiziten sowie der Versauerung.

Für die dargestellten Ergebnisse wurden die Makrophyten und die Diatomeen als Teilkomponente des Phytobenthos an 290 Untersuchungsstellen erstmals 2006 bis 2008 kartiert und mit dem bundesweit einheitlichen Bewertungsverfahren PHYLIB (www.lfu.bayern.de > Wasser > Gewässerqualität Seen > PHYLIB Deutsch > Software) ausgewertet. Das Verfahren ist leitbildbezogen und ermittelt je nach Artenzusammensetzung und Besiedlungsdichte den jeweiligen Grad der Abweichung von einem typspezifischen Referenzzustand.

An nahezu 60 % der Untersuchungsstellen wird der gute ökologische Zustand nicht erreicht, d. h. die Ergebnisse sind mäßig oder schlechter. Nur etwa 40 % der untersuchten Fließgewässerabschnitte weisen einen guten oder sehr guten Zustand auf (Abb. 5.2-2). Untersuchungsstellen mit mäßigem und unbefriedigendem Zustand konzentrieren sich auf das Neckareinzugsgebiet und den nordbairischen Raum.

Die Nährstoffverhältnisse haben maßgeblichen Einfluss auf die Gewässer. Wo hohe Nährstoffkonzentrationen (gelöstes Orthophosphat) gemessen werden, zeigen durchweg auch die Wasserpflanzen Defizite an. Eine wichtige Voraus-

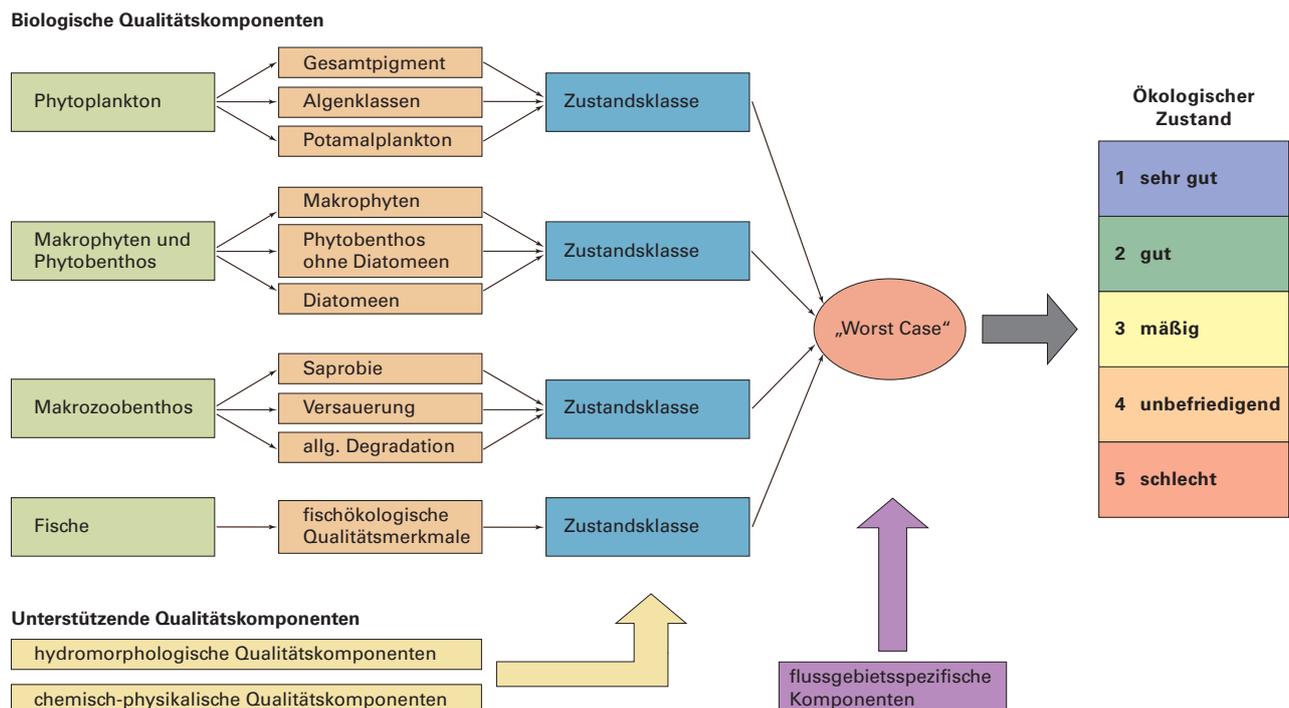


Abb. 5.2-1: Bewertungsschema des ökologischen Zustands. Quelle: [BLAG KLINA 2012], verändert durch LUBW. Stand: 2012

setzung, um diesen Zustand zu verbessern, ist also die Reduktion der Phosphoreinträge aus Kläranlagen und landwirtschaftlichen Flächen in die Fließgewässer.

Makrozoobenthos

Zur biologischen Qualitätskomponente Makrozoobenthos gehören alle benthischen, d. h. am Boden lebenden und mit dem bloßen Auge sichtbaren, wirbellosen Gewässertiere wie Krebse, Insekten, Schnecken, Muscheln, Würmer, Egel, Strudelwürmer und Schwämme. Das Makrozoobenthos ist aufgrund seiner relativen Langlebigkeit und weiten Verbreitung besonders gut als Umweltindikator geeignet.

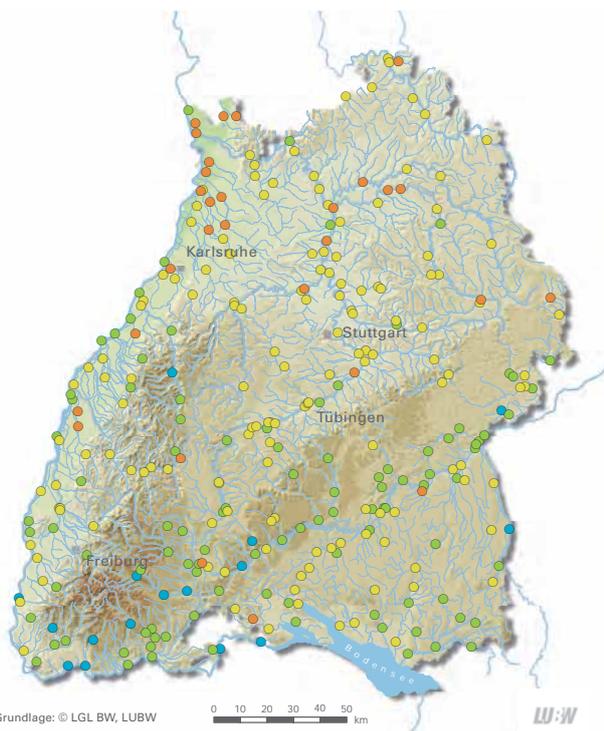
Mit Hilfe des bundesweit einheitlichen Bewertungsverfahrens auf Grundlage des Makrozoobenthos, PERLODES (www.fliessgewaesserbewertung.de), wird der Einfluss verschiedener Belastungsfaktoren aufgezeigt, wie z. B. die Auswirkungen von organischen, leicht abbaubaren Stoffen und den sich daraus ergebenden Sauerstoffverhältnissen

(Saprobie), der gewässermorphologische Zustand (allgemeine Degradation) und die versauerungsbedingten Belastungen im Gewässer (Versauerung).

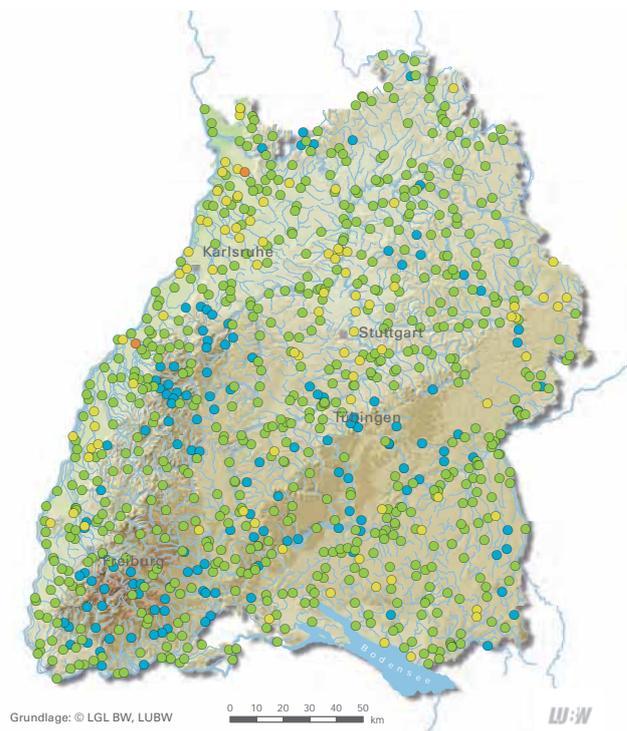
Die Auswirkungen von Belastungen der Fließgewässer mit organischen, leicht abbaubaren Stoffen und die Sauerstoffverhältnisse im Gewässer werden anhand des Moduls Saprobie erfasst. Anhand der mengen- und artenmäßigen Zusammensetzung des Makrozoobenthos wird dabei für jeden Untersuchungspunkt ein Saprobienindex berechnet und einer der fünf Zustandsklassen zugeordnet. Von grundlegender Bedeutung ist dabei die gewässertypspezifische Bewertung, die sich am leitbildorientierten Referenzzustand des jeweiligen Gewässertyps misst.

Die Bewertungen zu den Untersuchungen an 855 Untersuchungspunkten sind in Abbildung 5.2-3 dargestellt.

Belastungsschwerpunkte stellen nach wie vor die nördliche Oberrheinebene, Teile des Neckareinzugsgebietes bzw. der schiffbare Neckar und die obere Donau dar. Hauptgrund ist hier das ungünstige Mischungsverhältnis von



● sehr gut	● mäßig	● schlecht
● gut	● unbefriedigend	
Qualitätsklasse 1: <i>sehr gut</i>		(5,5 %)
Qualitätsklasse 2: <i>gut</i>		(35,5 %)
Qualitätsklasse 3: <i>mäßig</i>		(49,3 %)
Qualitätsklasse 4: <i>unbefriedigend</i>		(10,0 %)
Qualitätsklasse 5: <i>schlecht</i>		(0 %)



● sehr gut	● mäßig	● schlecht
● gut	● unbefriedigend	
Zustandsklasse 1: <i>sehr gut</i>		(16,1 %)
Zustandsklasse 2: <i>gut</i>		(73,7 %)
Zustandsklasse 3: <i>mäßig</i>		(10,0 %)
Zustandsklasse 4: <i>unbefriedigend</i>		(0,2 %)
Zustandsklasse 5: <i>schlecht</i>		(0 %)

Abb. 5.2-2: Ergebnisse zu Makrophyten und Phytobenthos; Qualitätsklassen an den Untersuchungsstellen in Baden-Württemberg und prozentuale Verteilung der Qualitätsklassen. Stand: 2009

Abb. 5.2-3: Saprobieller Zustand der Fließgewässer; Zustandsklassen in Baden-Württemberg und prozentuale Verteilung der Zustandsklassen. Stand: 2008

Frischwasser zu gereinigtem Abwasser. Ein weiterer Faktor ist die meist geringe physikalische Wiederbelüftungsrate und das damit in Zusammenhang stehende niedrigere Selbstreinigungspotenzial. In diesen von Natur aus gefällearmen und langsam strömenden Gewässern kann das durch die hohen Nährstoffgehalte begünstigte, übermäßige Pflanzenwachstum zu einer erheblichen Sekundärbelastung führen.

In der langjährigen Entwicklung hat sich der Gütezustand der Fließgewässer stetig verbessert. Im Vergleich zur Gütekartierung aus dem Jahr 1968 sank die Zahl der defizitären Gewässer von 59 % auf heute 10 %. Ursächlich dafür sind insbesondere die stetig abnehmenden Belastungen mit organischen und leicht abbaubaren organischen Stoffen. Sie sind das Ergebnis der landesweit verbesserten Abwasserreinigung und Regenwasserbehandlung. Die Nachrüstung der Kläranlagen mit Stickstoff- und Phosphorelimination wirkte sich ebenfalls positiv auf die Gewässergüte aus.

Das Makrozoobenthos zeigt eine Besserung der **Gewässer-versauerung** in den letzten Jahrzehnten an. Bei den versauerungsgefährdeten Fließgewässertypen der grob- und feinstoffreichen, silikatischen Mittelgebirgsbäche weisen etwa 63 % der Probestellen in der fünfstufigen Skala einen nicht sauren Zustand (Säureklasse 1) auf, während 37 % der Probestellen einen überwiegend neutralen bis episodisch schwach sauren Säurezustand (Säureklasse 2) indizieren (Abb. 5.2-4).

Im Vergleich zu früheren Untersuchungen ist eine gravierende Versauerung nicht mehr festzustellen. 1995 waren noch rund ein Viertel der untersuchten Gewässer als periodisch saure Gewässer (15 %) bzw. permanent saure Gewässer (11 %) eingestuft worden.

Die **allgemeine Degradation** spiegelt insbesondere Beeinträchtigungen der Gewässermorphologie, wie z. B. naturferne Gewässerstrukturen aufgrund von Ausbaumaßnahmen in der Vergangenheit, wider. Auch Nutzungen und Einflüsse aus dem Einzugsgebiet, z. B. Erosion, können das Ergebnis beeinflussen.

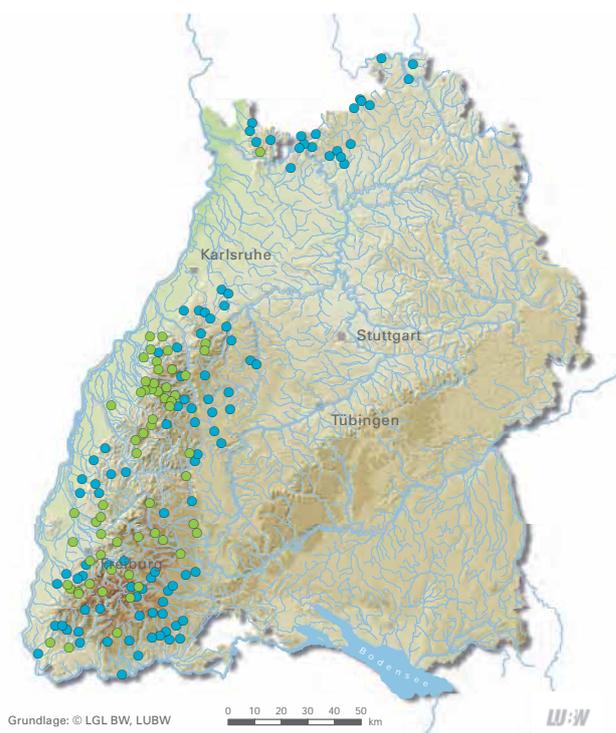
Im Gegensatz zur Saprobie – knapp 90 % der Untersuchungsstellen im Untersuchungszeitraum 2006 bis 2007 weisen die Qualitätsklasse gut und besser auf – werden hinsichtlich der allgemeinen Degradation an 50 % der Untersuchungsstellen Defizite festgestellt (Abb. 5.2-5). Die morphologische Degradation an Fließgewässern ist damit ein landesweites, flächendeckendes Problem. Lediglich in

den Höhenlagen des Schwarzwaldes, Teilen der Schwäbischen Alb und dem Westallgäuer Hügelland weisen weiträumige Gebiete noch Fließgewässerstreifen mit mehr oder weniger intakten Strukturen auf.

Hydromorphologische Komponenten

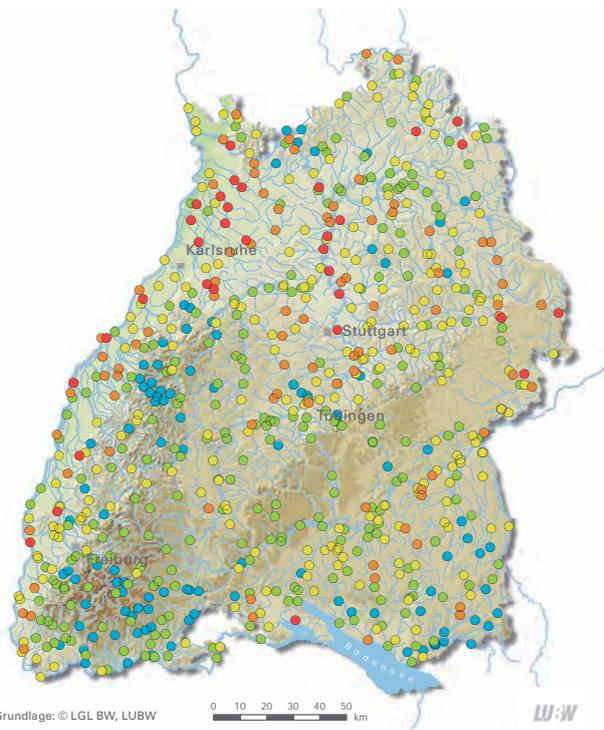
Zu den hydromorphologischen Qualitätskomponenten bei Fließgewässern zählen „Durchgängigkeit“, „Morphologie“ und „Wasserhaushalt“. Diese sind mit ihren Teilkomponenten und Einzelparametern bedeutende Indikatoren für die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer, die unterstützend in die ökologische Zustandsbewertung einfließen. Jede Komponente muss ausreichend naturnahe Bedingungen aufweisen, damit sich der gute ökologische Zustand einstellen kann.

Die hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind daher integraler Bestandteil der berichtspflichtigen Überwachungsprogramme und unterliegen im Regelfall dem sechsjährigen Überwachungszyklus.



● sehr gut	● gut
Säureklasse 1:	permanent neutral (63 %)
Säureklasse 2:	überwiegend neutral (37 %)
Säureklasse 3:	periodisch kritisch sauer (0 %)
Säureklasse 4:	periodisch stark sauer (0 %)
Säureklasse 5:	permanent extrem sauer (0 %)

Abb. 5.2-4: Mittels Makrozoobenthos indizierter Säurezustand in Säureklassen in versauerungsempfindlichen Gebieten und deren prozentuale Verteilung in Baden-Württemberg. Stand: 2008



● sehr gut	● mäßig	● schlecht
● gut	● unbefriedigend	
Qualitätsklasse 1: <i>sehr gut</i>	(15,3%)	
Qualitätsklasse 2: <i>gut</i>	(35,3 %)	
Qualitätsklasse 3: <i>mäßig</i>	(32,6 %)	
Qualitätsklasse 4: <i>unbefriedigend</i>	(12,4 %)	
Qualitätsklasse 5: <i>schlecht</i>	(4,7 %)	

Abb. 5.2-5: Qualitätsklasse Makrozoobenthos, Allgemeine Degradation; Qualitätsklassen an den Untersuchungsstellen in Baden-Württemberg und prozentuale Verteilung der Qualitätsklassen. Stand: 2009

Die bereits in den vorherigen Umweltdaten dokumentierten Auswertungen für den ersten Bewirtschaftungsplan hatten ergeben, dass von ca. 10 400 km kartierten Fließgewässern des für die EU-WRRL relevanten Gewässernetzes (ca. 14 000 km) rund 41 % als signifikant hydromorphologisch beeinträchtigt bewertet wurden. Handlungsbedarf ergab sich in Bezug auf die Durchgängigkeit in 87 % der Wasserkörper, bezüglich Morphologie in 62 % der Wasser-

körper und bezüglich Wasserhaushalt in 55% der Wasserkörper (Stand 2009).

Die damalige Datengrundlage wird im Rahmen des Anlagenkatasters Wasserbau sowie beginnend ab 2010 mit Hilfe der Gewässerstrukturkartierung nach dem Feinverfahren Baden-Württemberg aktualisiert und verbessert (Tab. 5.2-1). Ziel ist es, einen landesweiten und aktuelleren Überblick zu den hydromorphologischen Komponenten zu erhalten.

Chemisch-physikalische Komponenten

Wie die hydromorphologischen Komponenten prägen auch die chemisch-physikalischen Komponenten die Lebensbedingungen in den Fließgewässern und fließen daher unterstützend in die ökologische Zustandsbewertung ein. Die LAWA hat für aussagekräftige Kenngrößen nach Gewässertypen differenzierte Orientierungswerte [LAWA 2007] festgelegt. Überschreitungen dieser Werte weisen auf Defizite des Gewässerzustandes hin und können Ansatzpunkte für gegebenenfalls notwendige Sanierungsmaßnahmen aufzeigen. Im Folgenden wird für die maßgeblichen Güteaspekte Temperaturverhältnisse, Sauerstoffhaushalt, Nährstoffverhältnisse, Salzgehalt und Säurezustand der aktuelle Zustand anhand der von 2009 bis 2011 durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Ergänzend wird, soweit möglich, auch auf die langjährige Entwicklung eingegangen. Erstmals erfolgte hierzu eine Trendbetrachtung anhand der Daten des Zeitraumes 2000 bis 2011.

Die jährlichen Schwankungen der **Wassertemperatur** werden primär von der Wasserführung und der meteorologischen Situation der einzelnen Jahre bestimmt. An Rhein und Neckar wird die Wassertemperatur zusätzlich vom Wärmeeintrag der Kraftwerke beeinflusst. In allen drei großen baden-württembergischen Fließgewässern weisen die gemessenen Maximaltemperaturen einen steigenden

Tab. 5.2-1: Datengrundlagen hydromorphologischer Komponenten. Stand: 2011

Komponente	Parameter	Datengrundlage
Durchgängigkeit	Durchgängigkeit bei anthropogenen Wanderungshindernissen	Anlagenkataster Wasserbau (AKWB)
Morphologie	Hauptparameter: Laufentwicklung, Längsprofil, Querprofil, Sohlenstruktur und Gewässerumfeld	Übersichtsverfahren der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (siebenstufige Zustandsklassen) seit 2010: Feinverfahren Baden-Württemberg (fünf- bzw. siebenstufige Zustandsklassen)
Wasserhaushalt	Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken, Brauchwasserentnahme ohne sofortige Wiedereinleitung	Pegelnetz LUBW, Anlagenkataster Wasserbau (AKWB)

Trend auf (Abb. 5.2-6). Während in der Donau die Maximaltemperaturen durchweg deutlich unter 25 °C liegen, wurden in Abschnitten des Oberrheins und im gestauten Neckar in den ausgesprochen heißen Jahren 2003 und 2006 Maximaltemperaturen bis in den Bereich von 28 °C gemessen, die für die dort lebende Fauna allgemein als kritisch angesehen werden. Der Zeitraum nach 2006 war dagegen geprägt durch eher moderate Sommertemperaturen, sodass die Wassertemperaturen lediglich bis auf maximal 25,1 °C im Rhein und 26 °C im Neckar stiegen. Seit Mitte der 1970er Jahre wurden alle Kraftwerksneubauten am Neckar mit einem Kühlturm ausgerüstet, so dass die Zunahme des Wärmeeintrags seit 1973 trotz erheblicher Steigerung der installierten elektrischen Leistung vergleichsweise gering ist. Nach Stilllegung des Kernkraftwerkes Obrigheim im Jahr 2005 hat sich die Belastungssituation durch die Aufwärmung im unteren Neckarabschnitt deutlich entspannt. Die infolge des Atomausstiegs 2011 abgeschalteten Kraftwerksblöcke in Neckarwestheim und Philippsburg werden kurzfristig nur dann zu einer weiteren Reduzierung des Wärmeeintrags führen, wenn die wegfallenden Wärmeeinleitungen an diesen Standorten nicht durch ersatzweise in Betrieb genommene Kraftwerke an anderer Stelle kompensiert werden. Langfristig ist aber durch die verstärkte Erzeugung regenerativer Energien mit einer positiven Entwicklung zu rechnen, sodass der klimabedingte Anstieg der Wassertemperaturen durch anthropogene Wärmeeinleitungen nicht weiter verstärkt wird.

Der **Sauerstoffhaushalt** der Fließgewässer wird einerseits durch die Belastung durch biologisch leicht abbaubare Stoffe und deren Abbauprozesse im Gewässer sowie andererseits durch die Wiederbelüftung bestimmt. Mittels der Parameter „biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen“ (BSB₅), Ammonium- und Sauerstoffgehalt werden das Ausmaß der Belastung durch sauerstoffzehrende Stoffe quantifiziert sowie die Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt erfasst.

Der **BSB₅** charakterisiert die Belastung des Gewässers durch sauerstoffzehrende Substanzen. Höhere BSB₅-Belastungen weisen vorwiegend Gewässer auf, die einen hohen Abwasseranteil oder unzureichend gereinigte Abwässer aufnehmen. Insbesondere bei ungenügender Regenwasserbehandlung und bei Überlastung von Kläranlagen oder bei Störungen im Klärbetrieb können größere Mengen sauer-

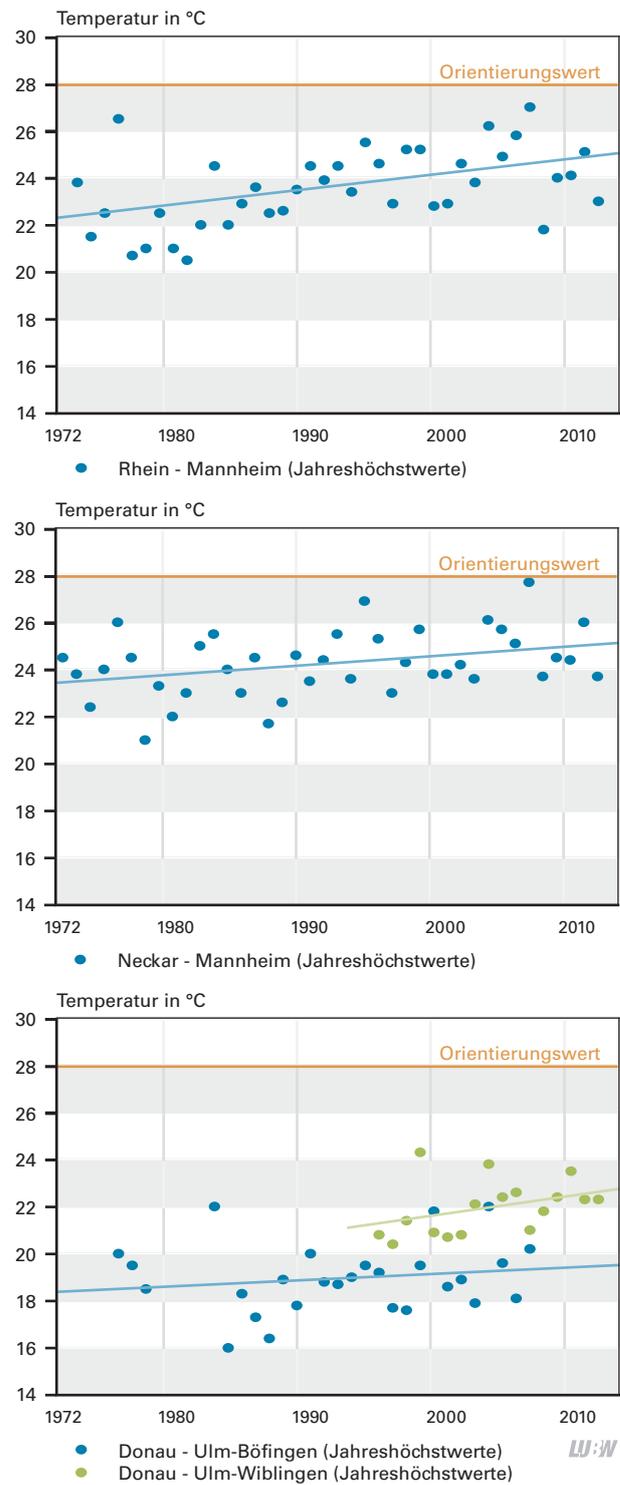
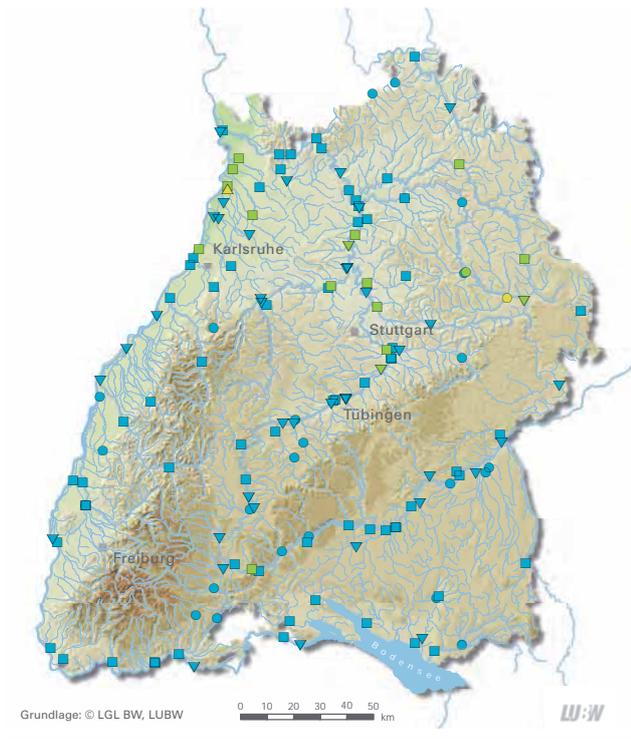


Abb. 5.2-6: Entwicklung der Jahreshöchstwerte der Wassertemperatur von Rhein, Neckar und Donau, Orientierungswerte gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV). Stand: 2012

stoffzehrender Stoffe in die Gewässer eingetragen werden. In Baden-Württemberg wird der gewässertypspezifische Orientierungswert der LAWA [LAWA 2007] an 1 % der Messstellen überschritten (Abb. 5.2-7). Betroffen sind insbesondere der nördlich von Karlsruhe dem Rhein aus dem Kraichgau zufließende Wagbach sowie der Kocherzufluss Lein.



- | | |
|----------------|---|
| Zustand | ● sehr gut (Referenzbedingungen) |
| | ● gut (Orientierungswert eingehalten) |
| | ● nicht gut (Orientierungswert überschritten) |
| Trend | ▲ ansteigend ■ nicht signifikant |
| | ▼ abnehmend ● zu wenige Daten |

Abb. 5.2-7: Belastung der Fließgewässer durch sauerstoffzehrende Stoffe in Baden-Württemberg (gemessen als BSB₅, Zustand anhand der Mittelwerte der Jahre 2009 bis 2011, Trend der Jahresmittelwerte in 2000 bis 2011). Stand: 2012

Durch den in den vergangenen Jahrzehnten erfolgten konsequenten Neu- und Ausbau von Kläranlagen und Regenwasserbehandlungsanlagen wurde die Belastung der Fließgewässer durch biologisch leicht abbaubare Stoffe sehr stark verringert: Im Rhein im Mittel um über 75 %, im Neckar gar nahezu um 85 % und in der Donau bei allerdings kürzerer Beobachtungszeit um etwas über 60 % (Abb. 5.2-8). In den letzten zehn Jahren gingen die Konzentrationen des BSB₅ in vielen Zuflüssen weiter deutlich zurück. Besonders ausgeprägt ist diese Entwicklung in Acher, Pfinz, Saalbach/Saalbachkanal, Prim, Starzel, Steinlach, im Oberlauf des Kochers sowie in Brigach und Kanzach. Nur im Wagbach wird eine zunehmende Belastung vorgefunden, die dem landesweit positiven Trend entgegensteht.

Ammonium (NH₄⁺) ist eine Stickstoffverbindung, die insbesondere als Abbauprodukt eiweißhaltiger Verbindungen in ungereinigtem häuslichen Abwasser in vergleichsweise hohen Konzentrationen enthalten ist. Ammonium ist sehr problematisch für die Gewässer, da es mit dem stark fisch-

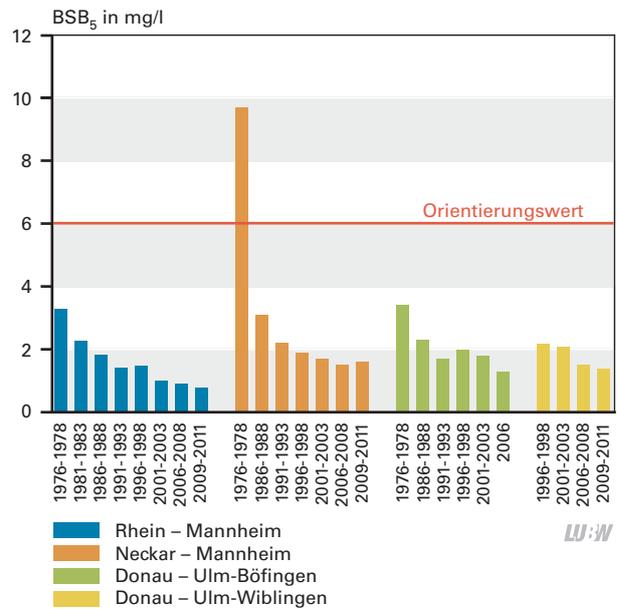
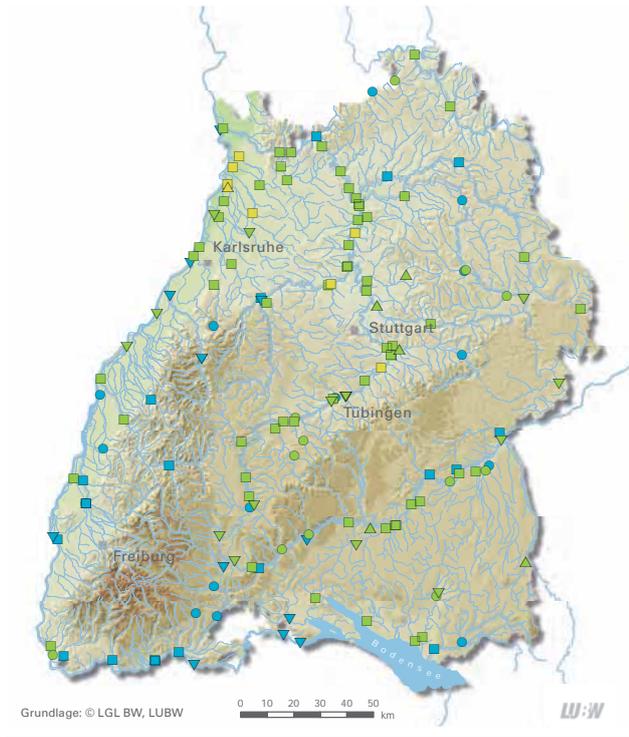


Abb. 5.2-8: Langjährige Entwicklung der Belastung durch sauerstoffzehrende Stoffe in Rhein, Neckar und Donau, gemessen als BSB₅ (Mittelwerte), Orientierungswert gemäß [LAWA 2007]. Stand: 2012

toxischen Ammoniak (NH₃) in einem Dissoziationsgleichgewicht steht und in höheren Gehalten zudem den Sauerstoffhaushalt belastet.

Aktuell weisen rund 5 % der Messstellen des Landes Ammoniumgehalte über dem Orientierungswert der LAWA [LAWA 2007] von 0,3 mg/l Ammonium-Stickstoff auf (Abb. 5.2-9). Besonders deutliche Überschreitungen werden in den Gewässern aus dem Kraichgau, wie Wagbach, Kraichbach und Kriegbach, vorgefunden.

Auch die Ammoniumbelastung der Gewässer ist durch die ergriffenen Sanierungsmaßnahmen bei der Abwasser- und Regenwasserbehandlung in den letzten Jahrzehnten stark reduziert worden: im Rhein um nahezu 90 %, in der Donau um 85 % und im Neckar um über 95 % (Abb. 5.2-10). Deutliche Verbesserungen werden auch in der jüngeren Vergangenheit in den kleineren Gewässern verzeichnet, besonders ausgeprägt ist diese Entwicklung in Acher, Saalbachkanal, Prim, Steinlach, Echaz, im Oberlauf des Kochers sowie in Brigach, Breg und im Oberlauf der Donau. Dagegen werden entgegen dem landesweit positiven Trend insbesondere im Wagbach, auf insgesamt niedrigerem Konzentrationsniveau aber auch in Fils, Rems und Murr (bei Backnang), zunehmende Ammoniumgehalte gemessen.



- | | |
|----------------|---|
| Zustand | ● sehr gut (Referenzbedingungen) |
| | ● gut (Orientierungswert eingehalten) |
| | ● nicht gut (Orientierungswert überschritten) |
| Trend | ▲ ansteigend |
| | ▼ abnehmend |
| | ■ nicht signifikant |
| | ● zu wenige Daten |

Abb. 5.2-9: Belastung der Fließgewässer mit Ammonium (Zustand anhand der Mittelwerte der Jahre 2009 bis 2011, Trend der Jahresmittelwerte von 2000 bis 2011). Stand: 2012

Der **Sauerstoffgehalt** der Fließgewässer ist heute als Folge der konsequenten Verbesserungen in der Abwasserbehandlung und der hierdurch erzielten Verringerung des Eintrags sauerstoffzehrender Stoffe meist gut bis zufriedenstellend. Allerdings werden in empfindlichen Gewässerabschnitten, z. B. in dem durch Aufstau schiffbar gemachten Neckar, bei sommerlichem Niedrigwasser und hohen Wassertemperaturen, weiterhin zeitweise zu niedrige Sauerstoffgehalte vorgefunden. Für den gestauten Neckar wurde daher das sogenannte „Sauerstoffreglement Neckar“ eingerichtet, um einem drastischen Absinken der Sauerstoffgehalte auf fischkritische Werte entgegen zu wirken.

Die **Nährstoffverhältnisse** eines Gewässers werden insbesondere durch die Pflanzennährstoffe Phosphat und Nitrat beeinflusst. Erhöhte **Phosphatgehalte** können in Fließgewässern ein unnatürlich starkes Pflanzenwachstum (Verkrautung, Veralgung) hervorrufen und durch die Zersetzung des abgestorbenen Pflanzenmaterials indirekt eine erhebliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes bewirken. Besonders gefährdet sind langsam fließende Gewässerab-

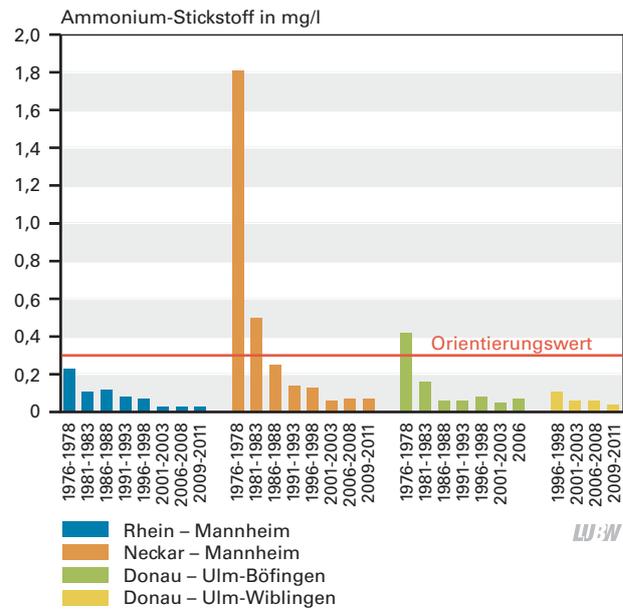
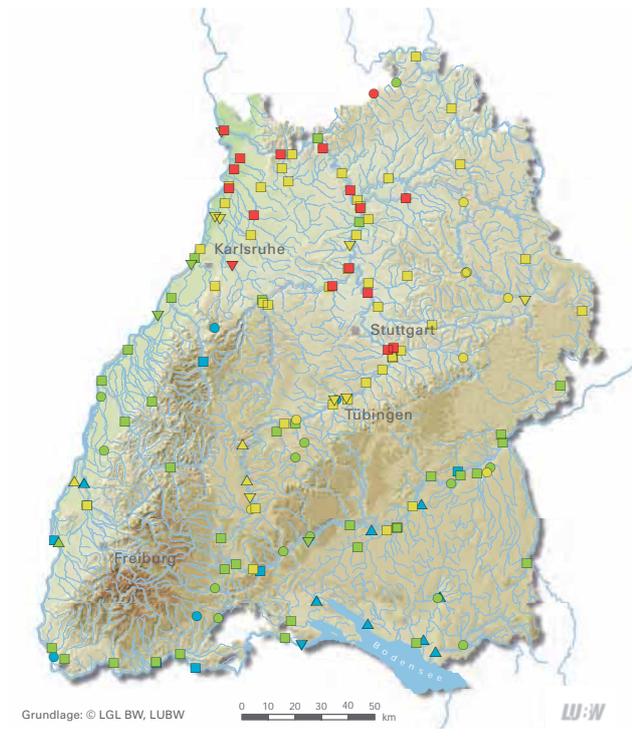


Abb. 5.2-10: Ammonium-Stickstoffkonzentrationen in Rhein, Neckar und Donau (Mittelwerte), Orientierungswert gemäß [LAWA 2007]. Stand: 2012

schnitte, wie die gestauten Bereiche von Neckar und Donau. Aufgrund der Schlüsselstellung des Phosphats wurde in Baden-Württemberg zur Begrenzung der Eutrophierung der Gewässer ein Zielwert von 0,2 mg/l bezogen auf den leicht pflanzenverfügbaren Orthophosphat-Phosphor festgelegt [LUBW 2008]. Für den gestauten Neckarabschnitt gilt der Zielwert von 0,1 mg/l Orthophosphat-Phosphor [LUBW 2008]. Phosphat wird überwiegend aus kommunalen Kläranlagen sowie diffus aus landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Erosion eingetragen.

Der jeweilige Zielwert wird an insgesamt 11 % der Messstellen überschritten. Betroffen ist insbesondere der schiffbare Abschnitt des Neckars. Hier ist zur Erreichung des Zielwertes von 0,1 mg/l eine weitere Reduktion der Phosphateinträge um 33 % notwendig. Dazu sind weitere Maßnahmen im gesamten Neckareinzugsgebiet erforderlich. Darüber hinaus weisen die Gewässer Pfinz, Kraichbach, Wagbach, Leimbach, Körsch, Glems, Ohrn und Marsbach deutlich zu hohe Phosphatgehalte auf. Die im Vergleich zu den genannten Zielwerten noch niedrigeren, nach Gewässertyp differenzierten Orientierungswerte der LAWA [LAWA 2007] werden an weiteren 40 % der Messstellen und somit in weiten Landesteilen überschritten (Abb. 5.2-11). Um auch den guten ökologischen Zustand für die pflanzlichen Komponenten zu erreichen, kommt der weiteren Reduktion der Phosphateinträge besondere Bedeutung zu.



- Zustand**
- sehr gut (Referenzbedingungen)
 - gut (Orientierungswert eingehalten)
 - nicht gut (Orientierungswert überschritten)
 - Zielwert überschritten
- Trend**
- ▲ ansteigend
 - ▼ abnehmend
 - nicht signifikant
 - zu wenige Daten

Abb. 5.2-11: Belastung der Fließgewässer durch Phosphat in Baden-Württemberg (Zustand anhand der Mittelwerte 2009 bis 2011, Trend der Jahresmittelwerte in 2000 bis 2011). Stand: 2012

Eine vergleichsweise geringe Phosphatbelastung weisen bereits heute die Gewässer im Einzugsgebiet des Bodensees aufgrund der zum Schutz des Bodensees gültigen, hohen Anforderungen zur Phosphorelimination in Kläranlagen auf [IGKB 2005; ROKA 1993]. Daneben haben Gewässer mit geringen Abwasseranteilen, z. B. Gewässer des Schwarzwaldes und viele Donauzuflüsse, geringe Phosphatbelastungen.

Betrachtet man die langjährige Entwicklung, zeigt sich seit Anfang der 1990er Jahre eine deutliche Abnahme der Phosphatbelastung. Bewirkt wurde dies durch den Ersatz von Phosphaten in Waschmitteln sowie die Nachrüstung der Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Phosphoreliminierung. Der Rückgang an Orthophosphat-Phosphor beträgt, verglichen mit den Werten zu Beginn der Beobachtung, für die Donau ca. 60 %, für den Rhein ca. 80 % und den Neckar ca. 85 % (Abb. 5.2-12).

Während in den großen Flüssen die deutlichsten Reduzierungen bis etwa 1990 zu verzeichnen waren, ist in den meisten kleineren Flüssen und Bächen Baden-Württem-

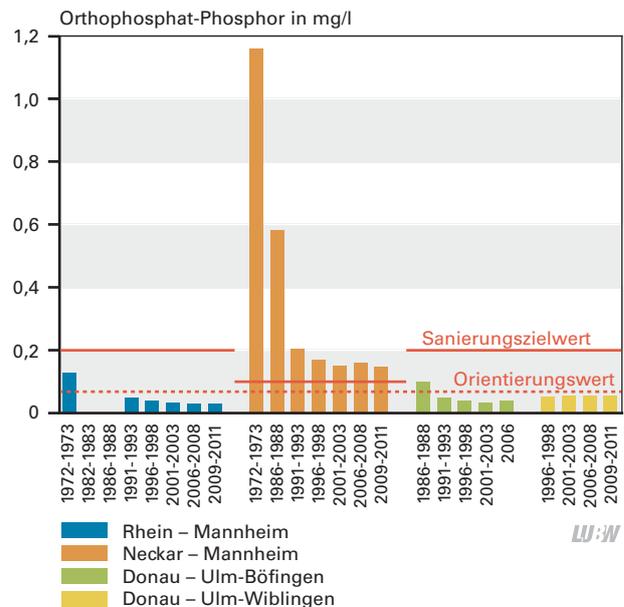
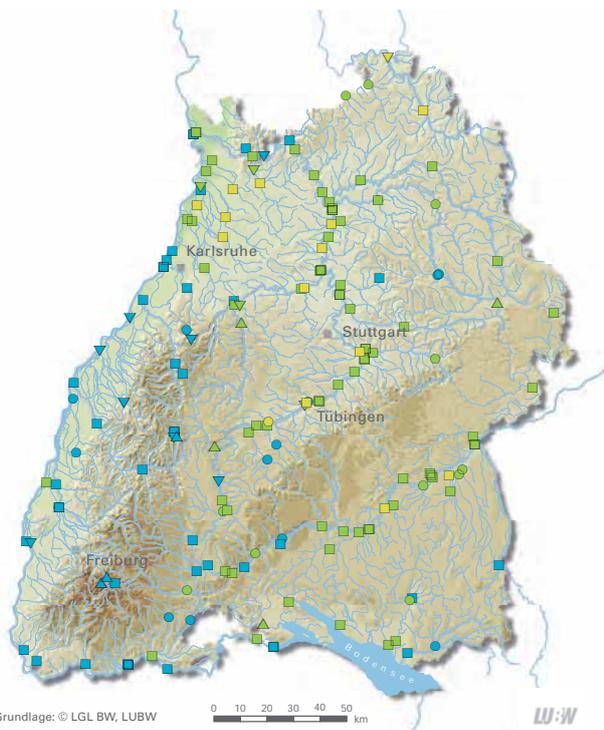


Abb. 5.2-12: Phosphatkonzentrationen (Orthophosphat-Phosphor) in Rhein, Neckar und Donau (Mittelwerte), Orientierungswert gemäß [LAWA 2007], Zielwerte gemäß [LUBW 2008]. Stand: 2012

bergs der positive Trend auch noch im letzten Jahrzehnt zu beobachten. Besonders ausgeprägte Verbesserungen zeigen sich in Acher, Pfinz, Saalbachkanal, Ammer, Zaber und den Oberläufen von Neckar und Kocher. Dagegen werden in Glatt und Leopoldskanal deutlich ansteigende Phosphatgehalte vorgefunden.

Nitrat, die mengenmäßig bedeutendste Stickstoffverbindung in Fließgewässern, trägt als Pflanzennährstoff zwar in den Fließgewässern nicht maßgeblich zur Eutrophierung bei, wird aber in den aufnehmenden Küstengewässern und Meeren für die dort beobachtbaren Eutrophierungserscheinungen verantwortlich gemacht. Nitrat wird aus kommunalen Kläranlagen und zu einem erheblichen Anteil auch diffus vorwiegend über das Grundwasser in die Fließgewässer eingetragen. Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sieht eine Umweltqualitätsnorm von 50 mg/l Nitrat (entsprechend 11,3 mg/l Nitrat-Stickstoff) für Fließgewässer vor. Diese Umweltqualitätsnorm berücksichtigt jedoch nicht die Vorgaben der Meeresschutzrichtlinien, da die LAWA hierfür noch keinen Orientierungswert abgeleitet hat. In der Flussgebietseinheit Rhein wurde zum Schutz der Nordsee vereinbart, dass bis 2015 im Rhein an der deutsch-niederländischen Grenze das Jahresmittel für Gesamtstickstoff auf 2,8 mg/l [IKSR 2009] reduziert werden soll.

Die Umweltqualitätsnorm der OGewV für Nitrat wird landesweit an allen Messstellen eingehalten. Generell



- Zustand**
- ≤ 2,8 mg/l Nitrat-N
 - > 2,8 - 5,65 mg/l Nitrat-N
 - > 5,65 - 11,3 mg/l Nitrat-N (erhöhter Nitratgehalt)
- Trend**
- ▲ ansteigend
 - ▼ abnehmend
 - nicht signifikant
 - zu wenige Daten

Abb. 5.2-13: Belastung der Fließgewässer durch Nitrat in Baden-Württemberg (Zustand anhand der Mittelwerte 2009 bis 2011, Trend der Jahresmittelwerte 2000 bis 2011). Stand: 2012

werden aber in Gewässern in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten und in Gewässern mit hohem Abwasseranteil erhöhte Nitratgehalte vorgefunden. So werden Gehalte größer 25 mg/l Nitrat (entsprechend 5,65 mg/l Nitrat-Stickstoff) an 11 % der Messstellen beobachtet. Betroffen hiervon sind Kraichbach, Saalbach, Leimbach, Seltenbach, Ammer, Körsch, Zaber, Glems, Lein (bei Heilbronn), Elsenz, Schwarzach, Riss und Tauber. Dagegen sind die Nitratgehalte der wasserreichen Zuflüsse aus dem Schwarzwald, deren Einzugsgebiete überwiegend forstwirtschaftlich genutzt werden, vergleichsweise gering (Abb. 5.2-13).

Die Nitratgehalte in den Flüssen haben bis Ende der 1980er Jahre zugenommen. Danach erfolgte eine Trendumkehr zu abnehmenden Gehalten (Abb. 5.2-14). So konnten gegenüber Ende der 1980er Jahre die Nitratgehalte in Rhein und Donau um rund 20 % und im Neckar um über 30 % reduziert werden. Diese positive Entwicklung ist in erster Linie eine Folge der Nachrüstung von Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Stickstoffeliminierung. In den

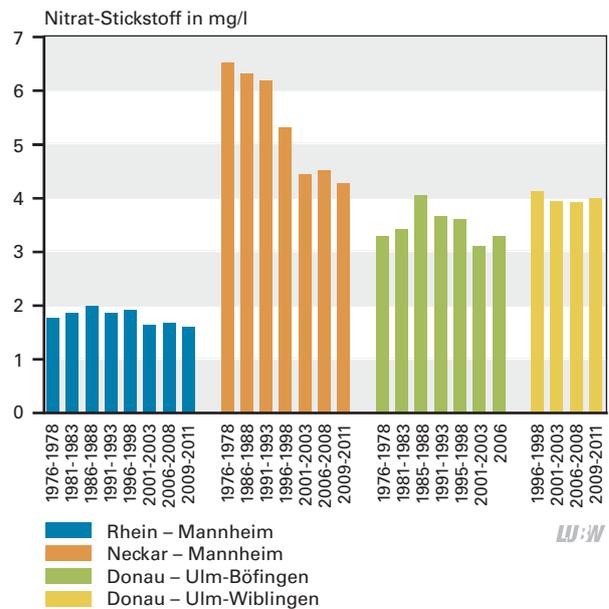


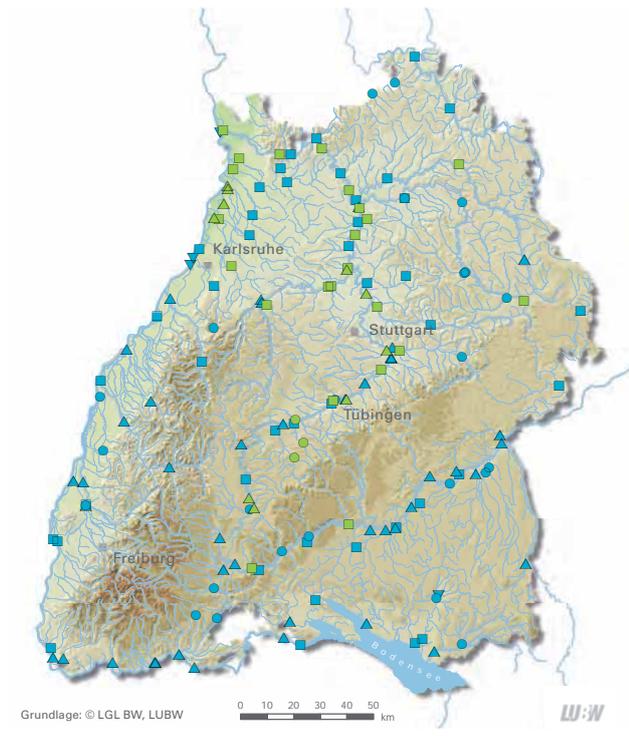
Abb. 5.2-14: Nitrat-Stickstoffkonzentrationen in Rhein, Neckar und Donau (Mittelwerte). Stand: 2012

letzten zehn Jahren sind dagegen nur noch geringe Veränderungen zu verzeichnen. Positive Entwicklungen werden in kleineren Fließgewässern beobachtet, ausgeprägt z. B. in Acher, Rench und Steinlach. Dagegen steigen in der Glatt und im Oberlauf des Kochers die Nitratgehalte signifikant an.

Ob die bisher zur Reduzierung des Nitratreintrags ergriffenen Maßnahmen ausreichen, um den für den Rhein für das Jahr 2015 zum Schutz der Nordsee vereinbarten Gesamtstickstoffgehalt zu erreichen [IKSR 2009], kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden.

Hohe **Salzgehalte** können zur Beeinträchtigung aquatischer Organismen und zu Korrosionsproblemen bei der Trinkwasserversorgung führen. Die Chlorideinträge in die kleinen Gewässer stammen im Wesentlichen aus häuslichen Abwässern, die über die kommunalen Kläranlagen eingetragen werden, und aus von Straßen abgespültem Tausalz im Winter. An den Messstellen des Landes wird der Orientierungswert der LAWA [LAWA 2007] von 200 mg/l Chlorid sicher eingehalten (Abb. 5.2-15).

Die Chloridgehalte des Oberrheins resultieren heute zu einem erheblichen Anteil aus dem Abtrag der durch den Kalibergbau entstandenen Abraumhalden im Südsass. Gegenüber Mitte der 1980er Jahre ist die Salzbelastung des Oberrheins allerdings um rund 80 % zurückgegangen, im Wesentlichen als Ergebnis des Chloridübereinkommens zwischen den Rheinanliegerstaaten sowie der letztendlich



- | | |
|----------------|---------------------------------------|
| Zustand | ● sehr gut (Referenzbedingungen) |
| | ● gut (Orientierungswert eingehalten) |
| Trend | ▲ ansteigend |
| | ▼ abnehmend |
| | ■ nicht signifikant |
| | ● zu wenige Daten |

Abb. 5.2-15: Belastung der Fließgewässer durch Chlorid in Baden-Württemberg (Zustand anhand der Mittelwerte 2009 bis 2011, Trend der Jahresmittelwerte 2000 bis 2011). Stand: 2012

2003 erfolgten Produktionseinstellung in den elsässischen Kaliminen. Im Neckar unterhalb von Heilbronn waren die Chloridkonzentrationen bis 1992 ebenfalls stark erhöht. Nach der Einstellung der Sodaproduktion in einem Betrieb im Raum Heilbronn im Jahre 1993 ist die Chloridbelastung des Neckars sprunghaft um nahezu 70 % zurückgegangen. Die Salzbelastung der Donau ist seit Beginn der Messungen vergleichsweise gering (Abb. 5.2-16).

In den letzten zehn Jahren werden in den kleineren Gewässern deutlich ansteigende Chloridgehalte beobachtet. Diese bewegen sich allerdings auf einem Konzentrationsniveau noch weit unterhalb des LAWA-Orientierungswertes. Eventuell trägt die steigende Zahl von Geschirrspülmaschinen, in denen Salze zur Enthärtung eingesetzt werden, hierzu bei.

Zu einer Versauerung der Gewässer führen luftgetragene **Säureinträge** in Naturräumen, deren Böden natürlicherweise nur schwach gepuffert sind. In Gewässern mit einem Einzugsgebiet über 10 km² wird der für den pH-Wert festgelegte Orientierungswert [LAWA 2007] von 6,5 weitestgehend eingehalten. Dagegen können in Oberläufen kleine-

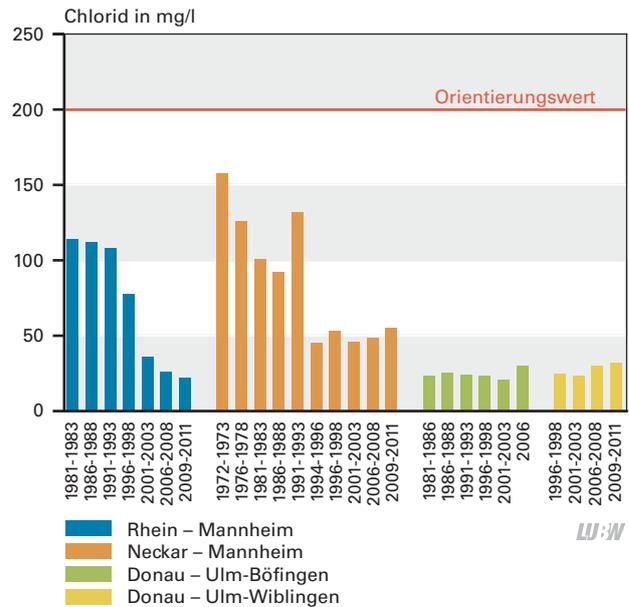


Abb. 5.2-16: Chloridkonzentrationen (Mittelwerte) in Rhein, Neckar und Donau (Mittelwerte), Orientierungswert gemäß [LAWA 2007]. Stand: 2012

rer Gewässer des Schwarzwaldes und Odenwaldes auch heute noch deutlich geringere pH-Werte insbesondere nach Schneeschmelzen und Starkregen auftreten. Daher werden ausgewählte Gewässer bereits seit Mitte der 1980er Jahre im Rahmen eines Sonderuntersuchungsprogrammes überwacht. Die insgesamt positive Entwicklung mit ansteigenden pH-Werten ist Abbildung 5.2-17 zu entnehmen, in welcher exemplarisch die langjährigen Daten für den Oberlauf des im Südschwarzwald gelegenen Goldersbach und für den im Nordschwarzwald gelegenen Dürreychbach dargestellt sind.

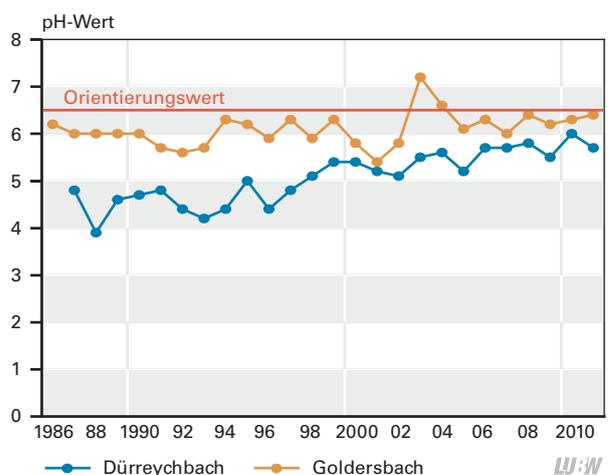


Abb. 5.2-17: Entwicklung der pH-Werte in Goldersbach und Dürreychbach (jährliche Minima), Orientierungswert gemäß [LAWA 2007]. Stand: 2012

Flussgebietsspezifische Schadstoffe

Für eine Vielzahl toxisch bedeutender Stoffe, die nach EU-WRRL als „flussgebietsspezifische Schadstoffe“ bezeichnet werden, sind rechtsverbindliche, nationale Umweltqualitätsnormen festgelegt. Die Liste der flussgebietsspezifischen Schadstoffe wurde durch die neue OGeWV im Jahr 2011 um weitere 13 Stoffe ergänzt. Sie umfasst damit jetzt insgesamt Umweltqualitätsnormen für 162 flussgebietsspezifische Stoffe bzw. Stoffgruppen. Bereits die Überschreitung einer dieser Umweltqualitätsnormen führt dazu, dass der ökologische Zustand höchstens als „mäßig“ bewertet und somit der „gute Zustand“ eines Gewässers verfehlt wird. Zu diesen flussgebietsspezifischen Schadstoffen zählen unter anderem bestimmte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe sowie eine Vielzahl von in Industrie, Gewerbe und auch Haushalten eingesetzten Stoffen, wie organische Lösungsmittel, Vor- und Zwischenprodukte der chemischen Industrie und einzelne Schwermetalle.

Die Belastung der Gewässer durch flussgebietsspezifische Schadstoffe ist heute, gemessen an den Umweltqualitätsnormen, überwiegend gering. Hierzu haben die in den letzten Jahrzehnten vielfältig ergriffenen Maßnahmen wie Stoffverbote und Zulassungsbeschränkungen oder der Ersatz durch toxisch weniger kritische Stoffe, weitergehende Abwasserreinigungsmaßnahmen und Umstellungen in Produktionsprozessen in Industrie und Gewerbe, maßgeblich beigetragen.

Einschlägige Umweltqualitätsnormen für die den flussgebietsspezifischen Schadstoffen zugeordneten Pflanzenschutzmittel werden aktuell lokal wenig überschritten. Betroffen sind die Biber durch das Herbizid Mecoprop sowie der Kraichbach durch Dichlorvos. Weitere elf Messstellen weisen signifikante Belastungen durch Pflanzenschutzmittel wie Diflufenican, Mecoprop, 2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA), Pirimicarb oder Dichlorprop auf. Pflanzenschutzmittel werden zu einem Großteil durch landwirtschaftliche Anwendung diffus oder gegebenenfalls auch durch unsachgemäße Entsorgung der Spritzmittelreste über die Hofabläufe in die Gewässer eingetragen. Manche Wirkstoffe wie Mecoprop werden auch im nicht landwirtschaftlichen Bereich, z. B. in Kleingärten und Rasenflächen oder auch als Biozid in Bitumenbahnen, eingesetzt. Exemplarisch ist die langjährige Entwicklung anhand der im Neckar gemessenen Mecopropkonzentrationen in Abbildung 5.2-18 dargestellt. Während in früheren Jahren

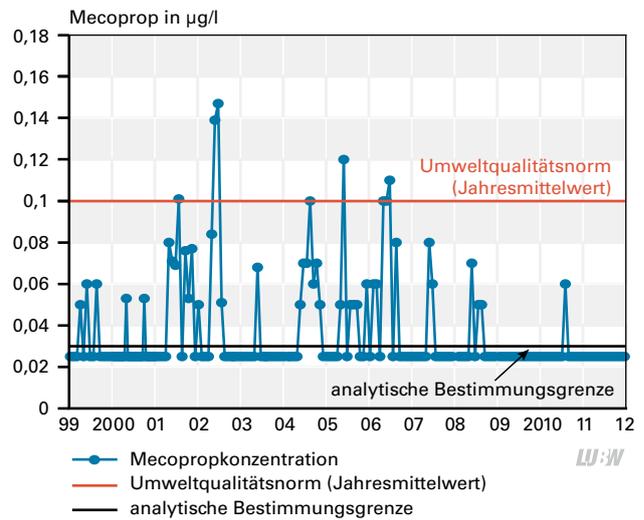


Abb. 5.2-18: Belastung des Neckars durch das Herbizid Mecoprop, Umweltqualitätsnorm. Stand: 2012

die Gehalte von Mecoprop im Neckar jeweils zur landwirtschaftlichen Anwendungszeit deutlich anstiegen, ist nunmehr eine deutliche Verbesserung in der Belastung des Neckars zu verzeichnen.

Bei den erstmals im Jahre 2010 nach den neuen Vorgaben der OGeWV in 19 Fließgewässern durchgeführten Sedi-mentuntersuchungen zeigte sich, dass die einschlägigen Umweltqualitätsnormen weitestgehend eingehalten sind. Nur im Oberlauf der Donau bei Pfohren wurde eine deutliche Belastung durch polychlorierte Biphenyle (PCB) vorgefunden, welche die Zielwerte überschreitet. Inwieweit es sich hierbei um die Auswirkungen historischer Einträge handelt, müssen weitere Untersuchungen zeigen. PCB wurden früher hauptsächlich in Transformatoren, Hydraulikflüssigkeiten und Kondensatoren eingesetzt. Der Einsatz ist bereits seit Jahrzehnten verboten. Aufgrund der sehr geringen Abbaubarkeit der PCB werden diese auch heute lokal noch in Sedimenten vorgefunden.

5.2.2 Chemischer Zustand

Der chemische Zustand wird anhand von Umweltqualitätsnormen für die 38 prioritären bzw. bestimmten anderen Schadstoffe und Schadstoffgruppen bewertet. Diese sind europaweit einheitlich geregelt und in Deutschland in die OGeWV übernommen. Für 14 dieser Schadstoffe schreibt die OGeWV ergänzend eine Trendbetrachtung vor, da sie zur Akkumulation in Sedimenten und/oder Biota, z. B. Fischen, neigen.

Ist bei nur einem der Schadstoffe die Umweltqualitätsnorm

in einem Gewässer überschritten, so ist der chemische Zustand nicht gut.

Die Umweltqualitätsnormen der meisten prioritären Schadstoffe bzw. der bestimmten anderen Schadstoffe werden sicher eingehalten. Die in den Jahren 2009 bis 2011 festgestellten Ausnahmen werden nachfolgend beschrieben.

Isoproturon

Isoproturon gehört bundesweit mit einem jährlichen Absatz von mehr als 1 000 t in Deutschland zu den mengenmäßig bedeutenden Herbiziden [BVL 2011]. Es wird vorzugsweise beim Anbau von Winter- und Sommergetreide eingesetzt.

Die einschlägige Umweltqualitätsnorm gemäß OGeWV wurde lediglich im Stehenbach im Jahr 2009 überschritten. Darüber hinaus wiesen auch Biber, Kraichbach, Kriegbach, Elsenz und Tauber Maximalgehalte von mehr als 50 % der Werte der Umweltqualitätsnorm und somit eine signifikante Belastung auf. An den bisherigen Belastungsschwerpunkten Jagst und Kocher wurden dagegen aktuell deutlich niedrigere Gehalte vorgefunden. Hier hat das gemeinsam mit der Landwirtschaftsverwaltung durchgeführte Sonderprogramm zur Eintragsreduzierung [LTZ 2012] Wirkung gezeigt.

Die längerfristige Entwicklung der Isoproturonkonzentrationen ist exemplarisch für den Neckar in Abbildung 5.2-19 dargestellt. Insgesamt zeichnet sich ein positiver Trend ab, wenn auch die Isoproturongehalte des Neckars im Spätherbst zeitweise messbar ansteigen. Besonders ausgeprägt war dies im Dezember 2011, in dem es aufgrund starker Niederschläge im Neckareinzugsgebiet durch Erosion zu einem deutlichen Isoproturoneintrag in die Gewässer kam.

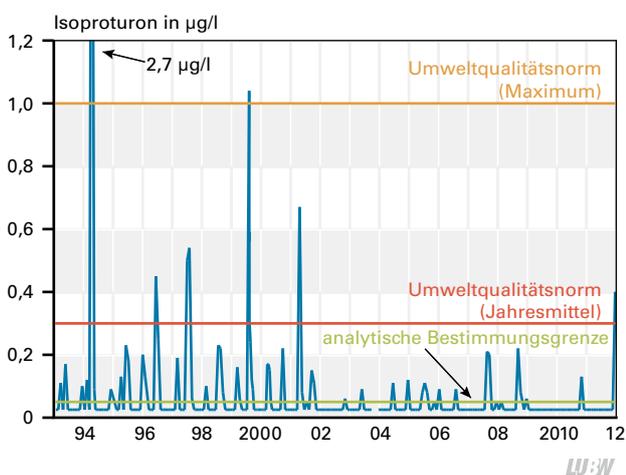


Abb. 5.2-19: Belastung des Neckars bei Mannheim durch Isoproturon, Umweltqualitätsnormen gemäß OGeWV. Stand: 2012.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK entstehen insbesondere bei der unvollständigen Verbrennung. Sie sind in Abgasen von Haushalten, Verkehr und Großfeuerungsanlagen enthalten und werden über den Luftpfad großräumig verbreitet. Reduzierungsmaßnahmen im wasserwirtschaftlichen Bereich sind daher kaum möglich. PAK finden sich zudem in Mineralölen, Bitumen, Pech, Teer, Ruß und daraus hergestellten Produkten. Die für die zwei Einzelstoffe Benzo[g,h,i]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren als Summe festgelegte Umweltqualitätsnorm gemäß OGeWV ist so niedrig, dass sie mittels Untersuchung der Wasserphase nicht ausreichend sensitiv überwacht werden kann. Hilfsweise aus Schwebstoffuntersuchungen abgeleitete Werte zeigen jedoch für Rhein, Neckar, Donau sowie für die großen Neckarzuflüsse Kocher und Enz Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm. Mittels Wasseranalysen wurden zudem Überschreitungen in Kraichbach, Jagst und Tauber aufgrund des dort erhöhten Konzentrationsniveaus deutlich über der Umweltqualitätsnorm festgestellt (Abb. 5.2-20).

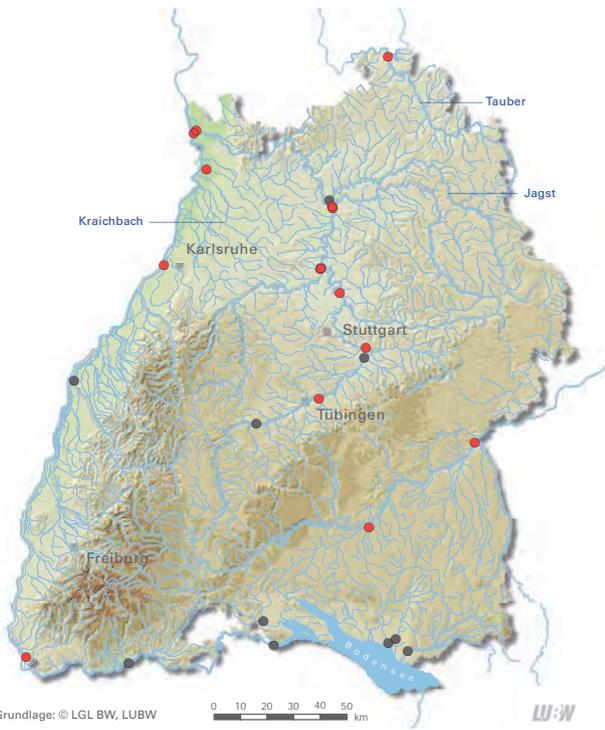
Nur im Neckar bei Mannheim wiesen zudem auch die weiteren PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen und Fluoranthen Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm gemäß OGeWV auf.

Cadmium und Quecksilber

Im Zeitraum 2009 bis 2011 wird Cadmium nur im Kriegbach in Konzentrationen über der Umweltqualitätsnorm gemäß OGeWV vorgefunden. Das Regierungspräsidium Karlsruhe hat den Eintragsort weiter eingegrenzt und führt die Untersuchungen fort.

Für Quecksilber gibt die OGeWV Umweltqualitätsnormen sowohl für gelöste Gehalte im Wasser als auch zum Schutz vor Anreicherungen in der Nahrungskette ergänzend für Biota vor. Die Untersuchungen zeigen, dass die auf die Wasserphase bezogenen Zielwerte weitestgehend eingehalten werden. Nur im mittleren Abschnitt des Neckars bei Besigheim und Kochendorf wurde 2009 jeweils ein erhöhter Quecksilbergehalt gemessen, welcher die höchstzulässige Konzentration kurzzeitig überschritt.

Die Untersuchung von Fischen zur Überwachung der auf Biota bezogenen Umweltqualitätsnorm ist nach den neuen Vorgaben der OGeWV im Jahr 2012 vorgesehen.



Zustand

- Einhaltung Umweltqualitätsnorm unklar, da Gehalte kleiner als analytische Bestimmungsgrenze
- Umweltqualitätsnorm überschritten

Abb. 5.2-20: Belastung der Fließgewässer in Baden-Württemberg durch PAK (Mittelwerte für die Summe aus Benzo[g,h,i]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren der Jahre 2009 bis 2011). Stand: 2012

Trendbetrachtung gemäß OGewV

Für Rhein und Neckar liegen langjährige Untersuchungen zur Beschaffenheit der Schwebstoffe vor, die eine Trendauswertung gemäß OGewV für neun der insgesamt 14 aufgeführten Stoffe im Einzugsgebiet erlauben. Die Trendauswertung für diese Stoffe ergab für den Zeitraum 2000 bis 2011 – mit Ausnahme der Stoffgruppe der PAK – eine insgesamt erfreuliche Entwicklung. Die Gehalte stagnieren auf niedrigem Niveau bzw. weisen einen abnehmenden Trend auf. Statistisch hoch signifikante Abnahmen sind im Rhein bei den Schadstoffen Blei, Quecksilber, Hexachlorbenzol, Pentachlorbenzol und im Neckar bei Cadmium und Blei zu beobachten. Exemplarisch ist die Entwicklung von Hexachlorbenzol im Rhein bzw. Cadmium im Neckar in den Abbildungen 5.2-21 und 5.2-22 dargestellt.

Dagegen wird bei den PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren und Fluoranthen eine ansteigende Belastung festgestellt. Im Rhein ist dies statistisch signifikant. Im Neckar, welcher aufgrund der höheren Einwohner- und Industriedichte ein durchweg höheres Konzentrationsniveau aufweist, ist die

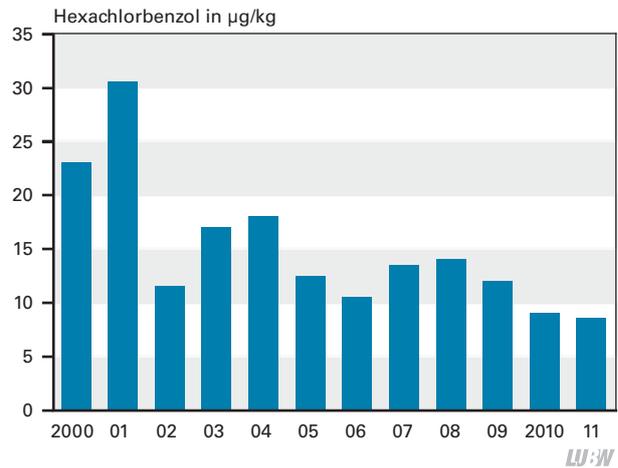


Abb. 5.2-21: Gehalte an Hexachlorbenzol im Schwebstoff des Rheins bei Iffezheim (50.Perzentile). Stand: 2012

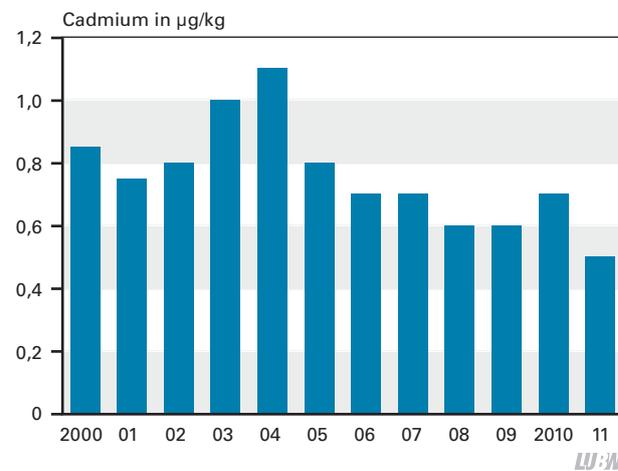


Abb. 5.2-22: Gehalte an Cadmium im Schwebstoff des Neckars bei Mannheim (50.Perzentile). Stand: 2012

Entwicklung uneinheitlich: Konnte im Zeitraum 2000 bis 2009 eine nahezu kontinuierliche Abnahme der PAK-Gehalte gemessen werden, stiegen die Gehalte in den Jahren 2010 und 2011 stark an (Abb. 5.2-23). Eine schlüssige Erklärung für diesen Effekt gibt es bislang nicht.

Für die fünf Stoffe Anthracen, Diethylhexylphthalat (DEHP), bromierte Diphenylether und Tributylzinn reicht die Datenlage für eine Trendbetrachtung noch nicht aus.

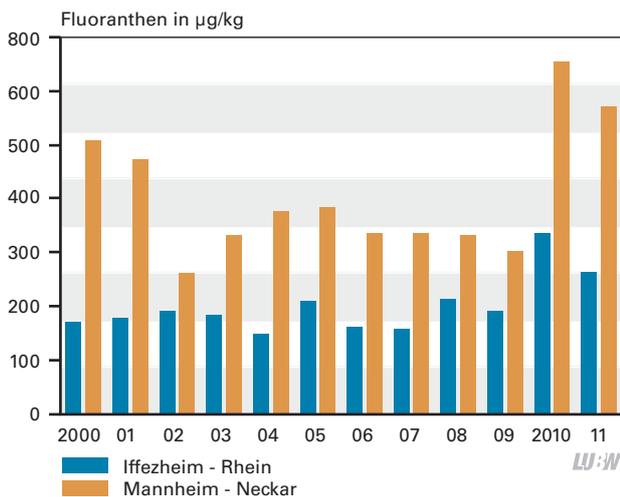


Abb. 5.2-23: Gehalte an Fluoranthen in Schwebstoffen aus dem Rhein bei Iffezheim und dem Neckar bei Mannheim (50. Perzentil). Stand: 2012

5.2.3 Spurenstoffe

In den Gewässern werden weitere Spurenstoffe in zum Teil deutlich messbaren Konzentrationen vorgefunden, welche nicht in der OGewV geregelt sind. Neben weiteren Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Abbauprodukten handelt es sich vielfach um Stoffe, die in großen Mengen in Haushalten oder in Industrie und Gewerbe eingesetzt werden, die aber aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit und geringen Abbaubarkeit in Kläranlagen nur teilweise zurückgehalten werden können. Auch wenn einige dieser Stoffe für die Organismen der Gewässer in den vorgefundenen Konzentrationen nur eine geringe toxikologische Relevanz aufweisen, sollten sie im Hinblick auf die Nutzung nach der TrinkwV im Gewässer nicht vorkommen, insbesondere da

ihre Eliminierung bei der Trinkwasseraufbereitung schwierig ist. Andere Spurenstoffe wie bestimmte Arzneimittel werden in Zusammenhang mit Veränderungen in Leberzellen von Fischen gebracht, wenn diese aus Gewässern mit hohem häuslichen Abwasseranteil stammen. Die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins hat mit der Rheinstoffliste 2011 [IKSR 2011] Spurenstoffe identifiziert, welche besonderer Aufmerksamkeit bedürfen und daher auch längerfristig untersucht werden sollen. Die aktuell in den baden-württembergischen Abschnitten von Rhein und Donau sowie im Neckar vorgefundenen Gehalte dieser Stoffe sind in Tabelle 5.2-1 aufgeführt. Die Rheinanlieger haben es sich zum Ziel gemacht, den Eintrag von Spurenstoffen aus der Siedlungsentwässerung und auch aus diffusen Quellen im Rahmen einer gemeinsamen Strategie weiter zu reduzieren [IKSR 2010]. In Baden-Württemberg sind bereits erste Pilotanlagen zur weiteren Reduzierung von Spurenstoffen aus kommunalem Abwasser in Betrieb. Allerdings können nicht alle Spurenstoffe durch diese weitergehende Reinigung reduziert werden.

Tab. 5.2-1: Ausgewählte Spurenstoffe der Rheinstoffliste 2011 in Rhein, Donau und Neckar (Mittelwerte 2009 bis 2011 in µg/l). Stand: 2012

Gruppe	Stoffname	Rhein Karlsruhe	Donau Ulm-Wiblingen	Neckar Mannheim
Röntgenkontrastmittel	Amidotrizoesäure	0,04	0,08	0,6
	Iopamidol	0,19	0,23	0,37
	Iopromid	0,13*	0,08*	0,19*
Arzneimittel	Carbamazepin	< 0,05	< 0,05	0,11
	Diclofenac	< 0,05	< 0,05	0,15
Perfluorierte Verbindungen	PFOA	0,003	0,001	0,005
	PFOS	0,008	0,002	0,007
Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff	Glyphosat	< 0,05	< 0,05	0,13
Komplexbildner	EDTA	3,6	3,7	5,1
	DTPA	< 1	< 1	< 1
Benzinadditive	ETBE	0,08	< 0,03	0,04
	MTBE	0,05	< 0,03	< 0,03
Sonstige	Diglyme	< 0,3	n. u.	< 0,3
	AMPA	0,12	0,15	0,58

* nur Jahresmittel n. u. : nicht untersucht

5.3 Stehende Gewässer

In Baden-Württemberg gibt es über 4 000 Seen und Weiher mit einer Größe von mindestens 2 000 m². Diese Gewässer mit einer Gesamtfläche von etwa 6 500 ha prägen Lebensräume von größter ökologischer Qualität und Wichtigkeit. Darüber hinaus dienen viele von ihnen dem Menschen als Wasserspeicher (Trink-, Lösch- und Brauchwasser), Hochwasserrückhaltebecken, Fischgewässer oder Badeseen. Durch Abwassereinleitungen, intensive landwirtschaftliche Nutzung ihrer Einzugsgebiete, sauren Regen oder durch andere Einflüsse sind die meisten dieser Seen erheblichen Belastungen ausgesetzt.

5.3.1 Bodensee

Der vor rund 17 000 Jahren am Ende der Würmeiszeit vom Eis allmählich freigegebene Bodensee wird seit über 160 Jahren wissenschaftlich untersucht. Geologische und biologische Erhebungen sowie einfache chemische Messungen wurden bereits im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorgenommen. Umfangreichere chemische Untersuchungen des Freiwassers fanden erstmals von 1933 bis 1935 statt. In den 1950er Jahren machten sich auffallende Veränderungen in der Qualität des Freiwassers bemerkbar, die unter den Staaten des Einzugsgebietes die Einsicht reifen ließen, den Gewässerschutz am Bodensee als gemeinsame Aufgabe zu begreifen.

Auf Anregung der 1959 gegründeten „Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee“ (IGKB) werden seit 1961 regelmäßig physikalische, chemische und biologische Parameter an ausgesuchten Messstellen im Bodensee gemessen. Das wesentliche Anliegen war, den in den 1950er Jahren erstmals beobachteten Anstieg der Phosphorkonzentrationen im Freiwasser zu verfolgen, seine Auswirkungen auf den See zu erforschen und Handlungsbedarf aufzuzeigen. Die langjährigen Veränderungen der Phosphorkonzentrationen im Freiwasser des Obersees wurden schließlich zum Symbol für die zuerst negative und später positive Entwicklung des Seezustandes.

Beurteilungsgrundlage ist der sogenannte Zirkulationswert, der Mittelwert der volumengewichteten Tiefenprofile der Phosphorkonzentrationen in den Monaten Februar, März und April. Der Zirkulationswert erreichte im Jahr 1979 sein Maximum mit 87 µg/l Phosphor. Seit 2006 hat sich dieser Indikator auf Werte zwischen 6 µg/l und 7 µg/l

eingestellt. Die Jahresmittelwerte an Gesamtphosphor im Bodensee-Obersee haben damit wieder einen für große oligotrophe Alpenseen typischen Wert erreicht, der nur noch geringen Schwankungen unterworfen ist. Ob die Abnahme damit langfristig zum Stillstand gekommen ist, hängt von der weiteren Entwicklung der Nährstoffeinträge über die Bodenseezuflüsse ab. Als Folge der reduzierten Phosphorkonzentrationen war in den letzten Jahren die Sauerstoffversorgung über Grund auch bei unvollständiger Frühjahrszirkulation gut.

Zirkulationsindex

Durch die Definition eines Zirkulationsindex kann der Zusammenhang zwischen Sauerstoff und Zirkulation bei verschiedenen Phosphorkonzentrationen semiquantitativ betrachtet werden. Der Zirkulationsindex wurde aus der vertikalen Durchmischung der Phosphorkonzentrationen [KLIWA 2007] abgeleitet und so skaliert, dass positive Werte eine gute Vertikalzirkulation, negative Werte hingegen eine unvollständige Durchmischung anzeigen. Eine schlechte Vertikalzirkulation mit negativem Zirkulationsindex führt bei hohen Phosphorkonzentrationen zu niedrigen Sauerstoffwerten am Seegrund. Insbesondere Phasen mit mehr als zwei aufeinanderfolgenden Jahren ohne vollständige Zirkulation sind für den Sauerstoffgehalt über Grund ungünstig, da sich dann die grundnahen Sauerstoffverhältnisse nicht erholen oder sogar sukzessive verschlechtern. Betrachtet man die Jahre mit unvollständiger Zirkulation pro Dekade, so ergeben sich in den 1970er Jahren zwei, in den 1980er Jahren drei und in den 1990er und 2000er Jahren sogar jeweils vier Jahre mit schlechter Zirkulation (Abb. 5.3-1).

Bei Phosphorkonzentrationen von 70 µg/l bis 80 µg/l Anfang der 1970er Jahre erreichte der grundnahe Sauerstoffgehalt mit weniger als 4 mg/l nach zweijähriger schlechter Durchmischung sehr kritische Werte. Niedrige Sauerstoffgehalte behindern biologische Prozesse wie z. B. die Entwicklung des Felchenlaichs. In den Jahren 1988 bis 1990 verbesserte sich der Sauerstoffwert auf weniger als 6 mg/l trotz schwacher Durchmischung und dank inzwischen niedrigeren Phosphorgehalten von 40 µg/l. Der Sauerstoffgehalt lag damit immer noch im kritischen Bereich. In neuer Zeit führten die Jahre unzureichender Tiefenwassererneuerung nur noch zu leicht erniedrigten Sauerstoffgehalten. Bei Phosphorkonzentrationen um 10 µg/l (2002/03) oder

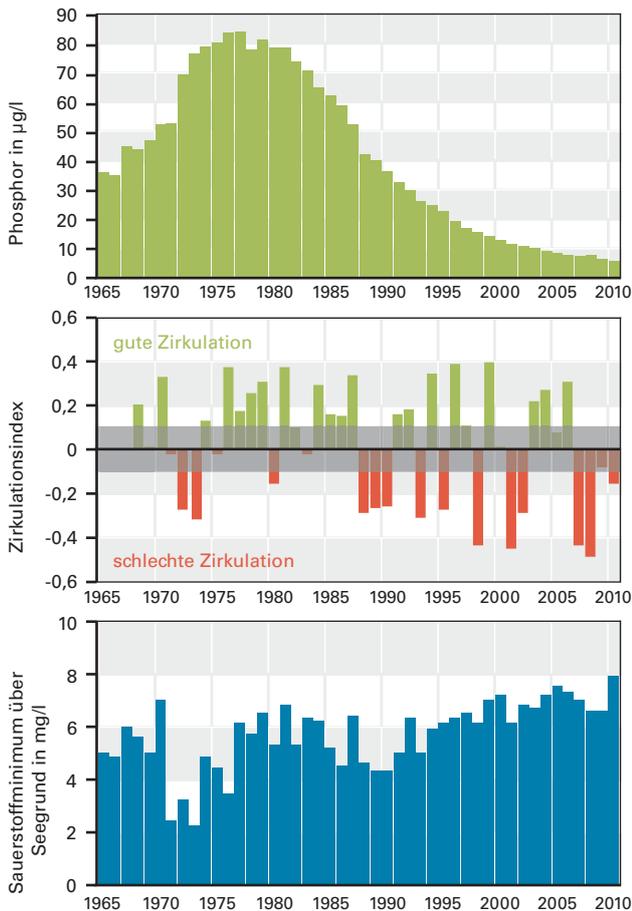


Abb. 5.3-1: Jahresmittelwert an Gesamtphosphor, Zirkulationsindex und Sauerstoffminimum 1 m über Grund im Bodensee (Obersee). Der Zirkulationsindex wurde so skaliert, dass der Übergang zwischen guter und schlechter Zirkulation bei 0 liegt [KLIWA 2007].

unter 10 µg/l (2007/08) blieb der Sauerstoffgehalt stets über 6,6 mg/l und damit im für biologische Prozesse günstigen Bereich (≥ 6 mg/l). Diese für große und tiefe Alpenseen typischen niedrigen Nährstoffgehalte rüsten den Bodensee für die Zukunft bezüglich der Sauerstoffversorgung der grundnahen Schichten, da künftig von einer Zunahme der Jahre mit unvollständiger Zirkulation ausgegangen wird. Diese in erster Linie durch wärmere Winter bedingten Jah-

re mit schlechter Vertikalzirkulation haben insgesamt betrachtet in den letzten 40 Jahren zugenommen.

Spurenstoffe

Dem Bodensee kommt als Quelle für die Trinkwassergewinnung eine besondere Rolle zu. Über die Zuflüsse und die Kläranlagen gelangen nicht nur Nährstoffe, sondern auch so genannte Spurenstoffe in den See. Von der IGKB wurde daher eine Bestandsaufnahme der Spurenstoffe im Freiwasser des Bodensees durchgeführt. Mit ausgewählten Stichproben aus verschiedenen Seeteilen und Seetiefen sollte ein aktueller Überblick über die Verunreinigungen im See gewonnen werden.

18 Wasserproben aus vier Seeteilen des Bodensees und verschiedenen Tiefen wurden auf ca. 600 Einzelstoffe untersucht. Davon wurden 62 Spurenstoffe über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Es wurden insbesondere Arzneimittelrückstände wie Carbamazepin, jodierten Röntgenkontrastmitteln, perfluorierten Verbindungen sowie an den Einzelstoffen EDTA, Dimethylamin und Diethylamin, N,N-Dimethylsulfamid, Sucralose und Benzotriazol festgestellt (Abb. 5.3-2).

Die durchweg niedrigen Konzentrationen im Freiwasser des Bodensees sprechen jedoch für eine einwandfreie chemische Wasserqualität.

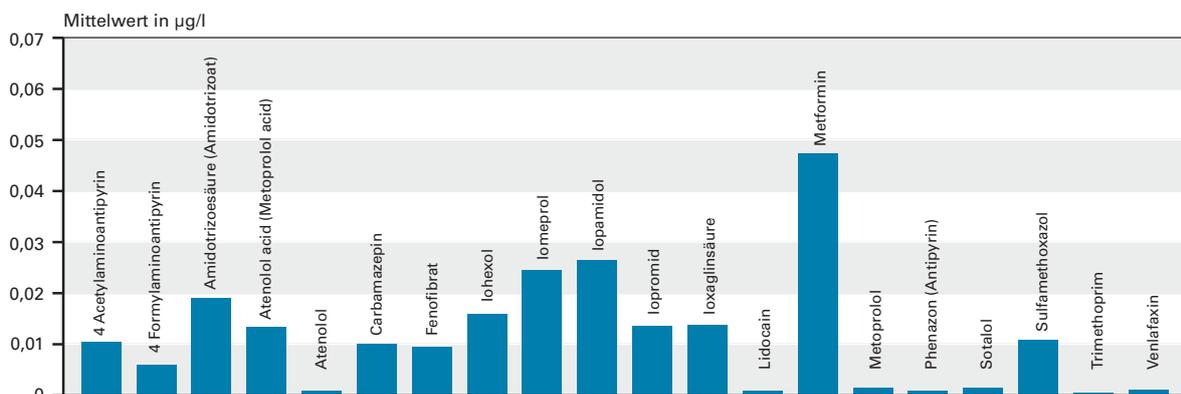


Abb. 5.3-2: Medikamente und Metabolite im Bodenseefreiwasser 2008. Quelle: IGKB. Stand: 2011

5.3.2 Kleine Seen

Das Institut für Seenforschung der LUBW in Langenargen bearbeitete bisher drei große Programme zur Erforschung der baden-württembergischen Seen:

- Bestandsaufnahme aller stehenden Gewässer im Land (Erfassung und Beschreibung der Seen, Sammlung vorhandener Daten),
- Chemische Untersuchungen des Wassers und der Sedimente von 45 ausgesuchten Seen im ganzen Land,
- Spezielle physikalische, chemische und biologische Untersuchungen an ausgewählten Seen, denen aus wissenschaftlichen Gründen oder öffentlichem Interesse besondere Bedeutung zukommt.

Nachfolgend sind die neuesten Ergebnisse für zwei kleine Seen in Baden-Württemberg näher ausgeführt.

Feldsee

Der Feldsee ist ein 9 ha großer Karsee, dessen Becken in der letzten Eiszeit ausgeräumt wurde. Die maximale Tiefe beträgt 32 m. Er liegt auf über 1 100 m ü. NN Höhe im Schwarzwald am Nordostrand des Feldbergmassivs. Das größtenteils bewaldete Einzugsgebiet ist nicht besiedelt und liegt im Naturschutzgebiet Feldberg. Der Hauptzufluss mündet am Westufer und führt zu einer theoretischen Austauschzeit von 193 Tagen. Die letzten Intensivuntersuchungen mit monatlicher Beprobung in 5 m-Tiefenschritten fanden in den Jahren 1988 und 2010 statt.

Der Feldsee hat sehr weiches und wenig gepuffertes Wasser. Viele Schwarzwaldseen sind durch die geologisch bedingten geringen Hydrogenkarbonatgehalte versauerungsgefährdet. Die geringe **Alkalinität** von 0,15 mmol/l führt im Feldsee zu einer schwach ausgeprägten, aber spürbaren Pufferwirkung, sodass der pH-Mittelwert von Mai bis November 2010 mit 6,7 im neutralen Bereich bleibt und sich seit 1988 (pH 6,9) im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite kaum verändert hat. Die aktuellen Aluminiumgehalte, die bei saurem Milieu ansteigen würden, haben im Vergleich zu 1988 sogar etwas abgenommen. Damit erreicht der Feldsee zwar im Winter pH-Werte von 6,5, insgesamt sind aber keine gravierenden Auswirkungen der leichten **Versauerung** auf die Biozönose zu erwarten.

Der aktuelle volumengewichtete Jahresmittelwert 2010 an Gesamtphosphor beträgt 6,2 µg/l und liegt damit etwas unter dem Jahresmittel von 1988 mit 9,7 µg/l. Bei diesem Ver-

gleich ist allerdings zu berücksichtigen, dass 1988 vor allem hohe partikuläre **Phosphorgehalte** im August, wahrscheinlich infolge einer Algenblüte zum Probenahmetermin, zu einem höheren Gesamtphosphor geführt haben, während die geringen gelösten Phosphorgehalte 1988 (1,4 µg/l) durchaus mit dem aktuellen Wert 2010 von 1,7 µg/l vergleichbar sind. Der Feldsee erreicht damit die geringsten Phosphorkonzentrationen aller untersuchten Schwarzwaldseen. Im einstelligen Bereich liegt nur noch der Titisee mit 8 µg/l Phosphor. Er wird überwiegend aus dem Abfluss des Feldsees gespeist. Die Phosphorkonzentration zur Frühjahrszirkulation im Feldsee beträgt 5 µg/l und ist damit nicht mehr weit vom LAWA-Referenzzustand entfernt. Die insgesamt geringen anorganischen **Stickstoffgehalte** (Jahresmittel 0,26 mg/l) mit Nitrat als Hauptkomponente nehmen im sommerlichen Epilimnion, der oberen, erwärmten und stark bewegten Wasserschicht in einem geschichteten, stehenden Gewässer erwartungsgemäß ab. Dennoch bleibt ein gewisses Polster an Nitrat-Stickstoff auch im Sommer erhalten.

Insgesamt ergibt die Trophiebewertung mit Phosphor, Sichttiefe und Chlorophyll a einen oligotrophen, also nährstoffarmen Zustand, der dem Referenzzustand entspricht. Die gefundenen Schwermetallkonzentrationen zeigen keine lokalen anthropogenen Einträge im Einzugsgebiet an. Auch Chlorid als Anzeiger vielfältiger anthropogener Nutzungen ist hier mit 0,6 mg/l außerordentlich gering (Tab. 5.3-1).

Die seit den 1950er Jahren erstmals 2010 wieder untersuchte Planktonentwicklung im Feldsee zeigt immer noch das charakteristische Bild eines oligotrophen Schwarzwaldsees. Dieses ergibt sich nicht nur aus den niedrigen Phosphor- und Chlorophyllwerten, sondern zeigt sich auch deutlich an Menge und Zusammensetzung des Phytoplanktons, das ganzjährig von Kieselalgen (vor allem pennate Arten) und **Chrysophyceen** (vor allem Arten der Gattung **Mallomonas**) dominiert wird. Auch hinsichtlich des Kriteriums Phytoplankton entsprach der See 2010 voll dem Referenzzustand für den Seetyp „geschichtete oligotrophe Seen kalkarmer Mittelgebirge“ und weist nach der EU-WRRL somit einen „sehr guten“ Zustand auf.

Tab. 5.3-1: Feldsee: Vergleich wichtiger Parameter 1988 und 2010. Stand: 2011

Feldsee Parameter	Einheit	1988 volumengewichtete Jahresmittel	2010
Temperatur	°C	6,5	6,1
Sichttiefe	m	3,6	6,3
Leitfähigkeit	µS/cm	23,0	19,8
pH-Wert		6,9	6,7
Härte	1/2 mmol/l	0,15	0,15
Alkalinität	mmol/l	0,15	0,15
Phosphor gesamt	µg/l	9,7	6,2
Phosphor gelöst	µg/l	1,4	1,7
Orthophosphat-P	µg/l	0,1	0,5
O ₂	mg/l	8,9	8,3
anorganischer-N	mg/l	0,265	0,262
NH ₄ -N	µg/l	12,5	17,2
SiO ₂ -Si	µg/l	1397	1892
Fe	µg/l	165	91,51
Mn	µg/l	–	14,79
Cl	mg/l	0,9	0,59
As gelöst	µg/l	–	<0,5
Al gelöst	µg/l	14,9	8,4
Zn gelöst	µg/l	–	<2
Cu gelöst	µg/l	–	0,5
Chlorophyll 0-20m	µg/l	–	2,4

LUBW

Tab. 5.3-2: Badsee: Vergleich wichtiger Parameter 1987, 2002 und 2009. Stand: 2011

Badsee Parameter	Einheit	1987 volumengewichtete Jahresmittel	2002	2009
Sichttiefe	m	0,6	1,0	1,1
Leitfähigkeit	µS/cm	223,9	183,2	209,9
pH-Wert		8,0	8,1	8,0
Härte	1/2 mmol/l	2,37	2,1	2,3
Alkalinität	mmol/l	2,18	1,9	2,3
Phosphor gesamt	µg/l	116,8	109,7	73,1
Phosphor gelöst	µg/l	24,9	34,9	28
Orthophosphat-P	µg/l	11,4	23,5	11,4
O ₂	mg/l	8,0	8,2	7,6
anorganischer-N	mg/l	0,446	0,471	0,483
NH ₄ -N	µg/l	165	211	331
SiO ₂ -Si	µg/l	806	–	786
Fe	µg/l	374	374	358
Mn	µg/l	–	64	80
Cl	mg/l	4,4	2,4	3,9
As gelöst	µg/l	–	0,2	–
Al gelöst	µg/l	–	46	13,2
Zn gelöst	µg/l	–	1,9	0,7
Cu gelöst	µg/l	–	2,3	3,3
Chlorophyll 0-6m	µg/l	18,1	23,6	23,7
Chlorophyll 0-20m	µg/l	–	–	2,4

LUBW

Badsee

Der Badsee in der Nähe von Isny im Allgäu (Tab. 5.3-2) ist ein 43 ha großer, eiszeitlich entstandener See. Bei einer Maximaltiefe von nur 7 m handelt es sich um einen zeitweise instabil geschichteten See, der zwar ab dem Frühjahr eine Deckschicht ausbildet, die sich aber durch windinduzierte Mischungsprozesse teilweise wieder auflösen kann und eine vertikale Teilmischung begünstigt. Das Einzugsgebiet des Badsees ist landwirtschaftlich geprägt mit einem hohen Anteil an Grünlandnutzung.

Die chemischen Parameter zeigen eine Abnahme der **Phosphorkonzentrationen** aufgrund der Phosphor-Frühjahrszirkulationswerte schon im Zeitraum 1987 bis 2002 von 126 µg/l auf 67 µg/l, während sich das Jahresmittel für Gesamtphosphor erst von 2002 bis 2009 von 110 µg/l auf 73 µg/l wesentlich verringert hat (Tab. 5.3-2). Die Auswirkungen der Maßnahmen im Einzugsgebiet deuteten sich schon 2002 in dem geringeren Zirkulationswert und einer Verbesserung der Zuflusswerte an, der Jahresmittelwert 2002 blieb durch Rücklösungen von Phosphor aus dem Sediment weiterhin auf hohem Niveau.

Eine Verbesserung des Seenzustandes zeigt sich auch an der Erhöhung des minimalen Sauerstoffgehaltes über dem

Seegrund von 0 mg/l auf 0,3 mg/l und der Beschränkung des sauerstoffarmen Bereiches im Sommer 2009 auf unterhalb 4 m Wassertiefe (2002 noch unterhalb 2 bis 3 m). Damit kann der oberflächennahe Bereich von 0 m bis 4 m für Fische und tierisches Plankton als Lebensraum genutzt werden.

In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche Maßnahmen zur Sanierung des Badsees auf Initiative des „SOS Aktionsprogramms oberschwäbische Seen“ getätigt, z. B. Extensivierungen in der Bewirtschaftung umliegender Flächen, Verbesserung der Abwasserreinigung und speziell die Inbetriebnahme einer Tiefenwasserableitung im Oktober 2009. Trotzdem wurden weiterhin Blaualgenblüten bei hohen Phosphor-Konzentrationen beobachtet. Die Tiefenwasserableitung kann in diesem Fall die Reaktion des Sees auf die erfolgten externen Maßnahmen beschleunigen. Damit ist der Badsee durch seine noch vorhandene Phosphor-Rücklösung einer der wenigen Spezialfälle, bei denen interne Maßnahmen wie die Tiefenwasserableitung zur Sanierung empfohlen werden können. Eine Weiterführung der Maßnahmen im Einzugsgebiet, vor allem der Extensivierungen, ist aber auch hier wichtig.

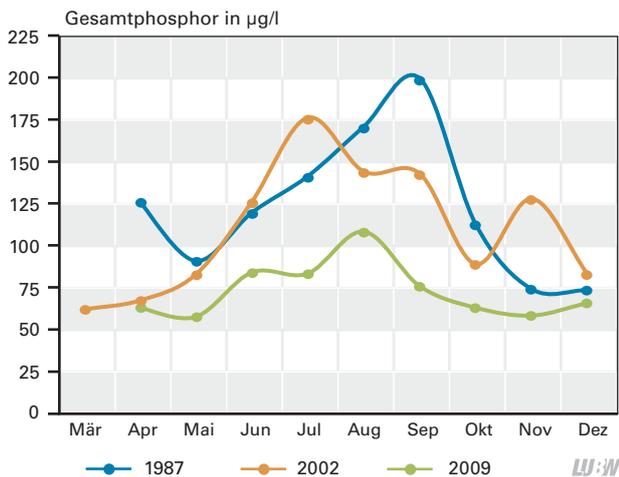


Abb. 5.3-3: Verlauf der Gesamtposphorkonzentrationen von März bis Dezember im Badsee 1987, 2002 und 2009 (volumengewichtet). Stand: 2011

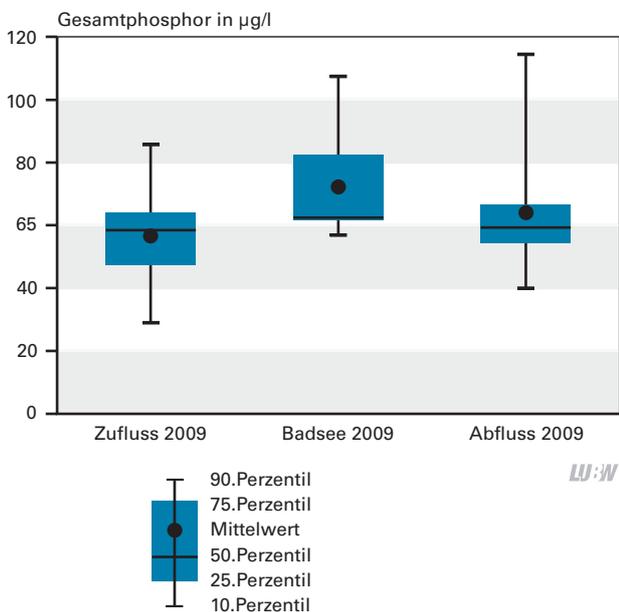


Abb. 5.3-4: Gesamtposphorkonzentrationen im Zufluss des Badsees, im See (volumengewichtet) und im Abfluss des Badsees, jeweils für das Jahr 2009. Stand: 2011

Die Untersuchungen haben insgesamt ergeben, dass die Trophie im Badsee auch 2009 – wie vorher 2002 und 1987 – im Bereich von eutroph2 liegt, während der Referenzzustand mesotroph ist.

5.4 Abwasser

5.4.1 Kommunale Kläranlagen

Die Leistungsdaten der kommunalen Kläranlagen werden durch die amtliche Überwachung und die Eigenkontrolle der Anlagenbetreiber ermittelt. Mit Stand 31.12.2010 wurden in Baden-Württemberg 989 kommunale Kläranlagen betrieben. Mit einer Gesamtausbaugröße von ca. 20,5 Mio. Einwohnergleichwerten (EGW) kann das Abwasser der ca. 10,7 Mio. angeschlossenen Einwohner gereinigt werden, ca. 9,8 Mio. EGW stehen zur Behandlung von Gewerbe- und Industrieabwasser bzw. als Reserve zur Verfügung (Tab. 5.4-1).

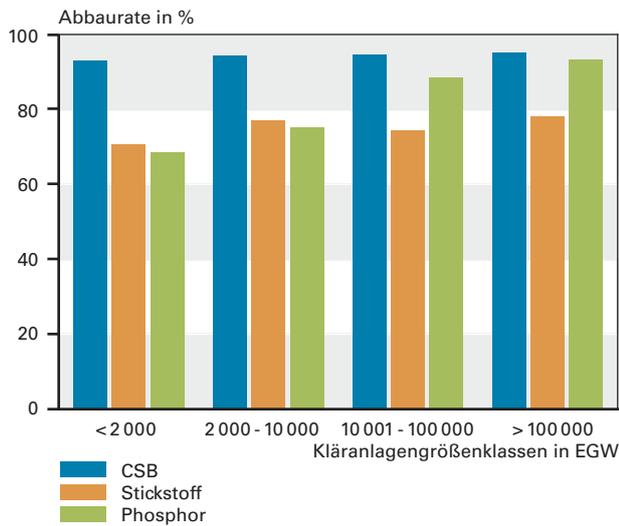
Die gesamte, den Kläranlagen zugeleitete Stickstofffracht wird in den Kläranlagen um ca. 76 %, die Phosphorfracht um rund 88 % reduziert. Insbesondere beim Phosphorabbau ist eine deutlich höhere Leistungsfähigkeit größerer Anlagen festzustellen (Abb. 5.4-1).

Der Gewässerzustand wird bei Stickstoff und Phosphor mehr durch die eingeleiteten Frachten als durch die Ablaufkonzentrationen der Kläranlagen beeinflusst. Die eingeleiteten Frachten aus Kläranlagen werden durch die Abbauleistung der Kläranlagen bestimmt. Die Abbauleistungen sind trotz Einhaltung der Ablaufkonzentrationen bei einem Teil der Kläranlagen zu gering. Einer der Gründe hierfür kann ein hoher Anteil an Fremdwasser, z. B. aufgrund von aus undichten Abwasserkanälen eingetretenem Grundwasser, sein. So zeigt eine Abschätzung, dass in mehr als einem Drittel der Kläranlagen in Baden-Württemberg der Fremdwasseranteil mehr als 50 % beträgt. Der Reduzierung des Fremdwassers kommt deshalb eine hohe Bedeutung zu.

Tab. 5.4-1: Anzahl und behandelte Schmutzfracht in Einwohnergleichwerten (EGW) der Abwasserbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg [UM 2011]. Stand: 31.12.2010

Größenklasse in EGW	Anzahl der Kläranlagen	behandelte Schmutzfracht * in EGW
< 2 000	326	242 467
2 000 – 10 000	331	1 572 134
10 001 – 100 000	296	7 409 681
> 100 000	36	6 109 950
Summen	989	334 232

* insgesamt behandelte Schmutzfracht in der jeweiligen Größenklasse der Abwasserbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg in Einwohnergleichwerten (EGW)



EGW: Einwohnergleichwert
 CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf

Abb. 5.4-1: Abbau des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) und der Stickstoff- und Phosphorfracht unterschiedlich großer Kläranlagen in Baden-Württemberg zum 31.12.2010 [UM 2011].

5.4.2 Kanalisation und Regenwasserbehandlung

In Baden-Württemberg sind rund 72 000 km öffentliche Kanäle verlegt [STALA 2010]. Etwa 70 % davon sind Mischwasserkanäle, in denen Schmutz- und Niederschlagswasser gemeinsam abgeleitet werden. Daneben kommen mit regionalen Schwerpunkten auch Trennsysteme zum Einsatz. Bei diesen wird Schmutz- und Niederschlagswasser in separaten Kanalleitungen abgeführt.

Die Misch- und Trennkanalisation hatte ursprünglich die Aufgabe, das auf versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser möglichst schnell abzuleiten. Das Land Baden-Württemberg verfolgt mittlerweile eine veränderte Entwässerungsstrategie, die in entsprechenden Hinweisen und Pilotprojekten den Kommunen als Planungsträger nahegelegt wird. Mit den Elementen der modifizierten Entwässerungsverfahren, wie z. B. Minimierung der Versiegelung, dezentrale Versickerung, Gründächer, Regenwassernutzung und getrennte Ableitung von nicht behandlungsbedürftigem Niederschlagswasser, sollen die schnell abgeleiteten Regenwassermengen vermindert werden. Vor allem bei der Planung und Erschließung von Neubaugebieten verfolgt Baden-Württemberg diese Ansätze auf breiter Basis. Die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser ist auch in bestehenden Gebieten durch Entsiegelung oder Abkopplung befestigter Flächen von der Kanalisation möglich. Durch dezentrale Versickerung sollen die Auswirkungen der Bebauung auf den Abfluss der Niederschläge, insbesondere die hydraulische Überlastung von kleinen

Gewässern verringert werden. Diese minimiert auch die durch Niederschläge auf Siedlungsflächen bedingten Spitzenabflüsse, wobei allerdings auch der Schutz des Grundwassers angemessen berücksichtigt werden muss. Die ortsnahe Einleitung in ein Fließgewässer darf nur erfolgen, wenn sie nicht zur Verschmutzung oder einer hydraulischen Überlastung des Gewässers führt.

Für einen wirksamen Gewässerschutz sind weiterhin Anlagen zur Regenwasserbehandlung erforderlich. In der Regel handelt es sich dabei um Regenüberlaufbecken bei Mischkanalisation und Regenklärbecken bei Trennkanalisation. Der Ausbau der Regenwasserbehandlung stellt nach wie vor eine wichtige Teilkomponente eines ganzheitlichen Gewässerschutzkonzeptes dar.

Mit dem Bau von Regenüberlaufbecken und Regenklärbecken wurde bereits in den 1970er Jahren begonnen. Der Ausbaugrad ist in den vergangenen Jahren stetig angestiegen, seit 2002 hat sich der Anstieg verlangsamt (Abb. 5.4-2). Ende des Jahres 2010 war ein Beckenvolumen von etwa 3,6 Mio. m³ realisiert. Dies ergibt einen durchschnittlichen Ausbaugrad der Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg von ca. 94 %.

5.4.3 Dezentrale Entwässerung

Der zielgerichtete und zügige Ausbau der Abwasseranlagen hat zu einem hohen Anschlussgrad an die Kanalisation und an kommunale mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlagen von über 99 % geführt (Abb. 5.4-3).

Rund 83 000 Einwohner kleiner Weiler, Gehöftanlagen oder Einzelanwesen im ländlichen Raum sind noch nicht an kommunale Kläranlagen angeschlossen. Die Abwässer dieser Einwohner werden über private Kleinkläranlagen

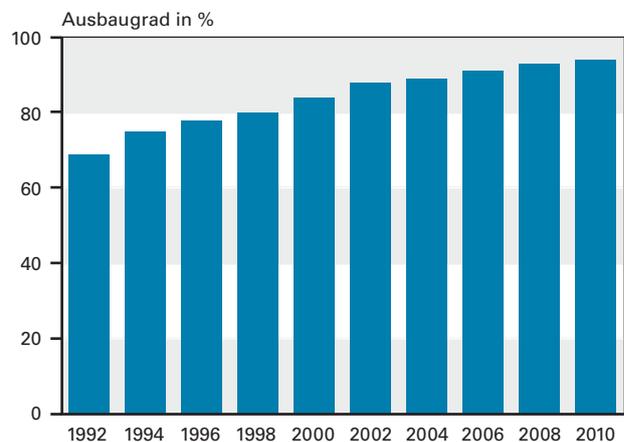


Abb. 5.4-2: Entwicklung des Ausbaugrads der Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg [UM 2011].

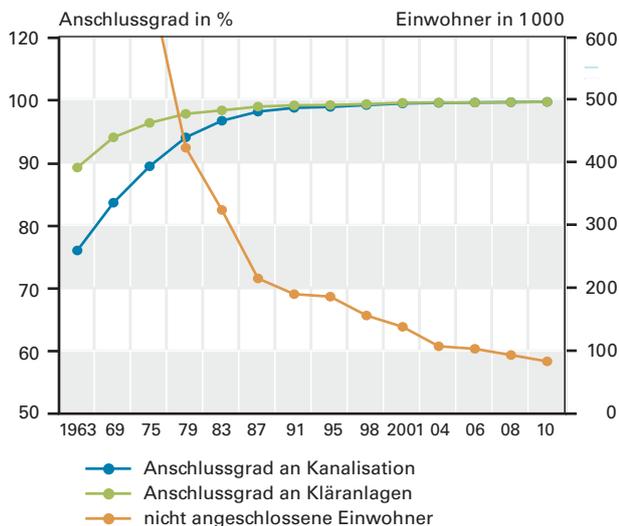


Abb. 5.4-3: Anschlussgrad an die Kanalisation und an kommunale Kläranlagen in Baden-Württemberg. Quellen: StaLa BW ergänzt durch LUBW. Stand: 31.12.2010

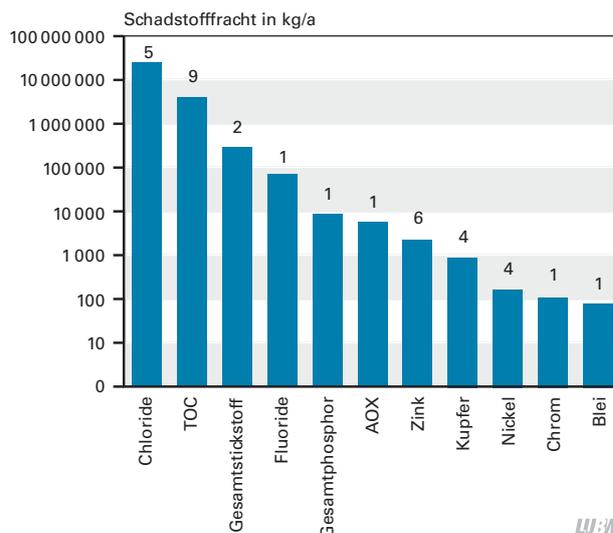
wie naturnahe Verfahren, Pflanzenbeete oder technische Verfahren (z. B. Belebungsanlagen) entsorgt. Unter Berücksichtigung der Siedlungsstruktur, der topografischen Verhältnisse und der bautechnischen Möglichkeiten wird geprüft, ob hier ein Anschluss an eine zentrale kommunale Kläranlage zweckmäßig ist. Es zeichnet sich ab, dass aus technischer Sicht die Abwässer von weiteren ca. 33 000 Einwohnern über eine zentrale Kläranlage entsorgt werden könnten. Dies kann z. B. über kostengünstige Druckentwässerungsleitungen („Pumpe und Schlauch“) erfolgen. Nach derzeitiger Einschätzung werden etwa 50 000 Einwohner von Baden-Württemberg das bei ihnen anfallende Abwasser dauerhaft dezentral entsorgen.

5.4.4 Abwasser von Industrie und Gewerbe

In Baden-Württemberg zählt besonders die Chemie-, Textil-, Papier- und die Lebensmittelindustrie zu den abwasserrelevanten Branchen. Dort kommt das eingesetzte Wasser mit unterschiedlichsten Stoffen in Kontakt und muss in der Regel vor der Einleitung in ein Gewässer bzw. in das örtliche Kanalnetz vorbehandelt werden, um die strengen Kriterien der Abwasserverordnung bzw. der örtlichen Abwassersatzung erfüllen zu können.

Seit 2001 sind große Betriebe europaweit verpflichtet, neben Emissionen in die Luft auch ihre Emissionen in Gewässer und in externe Kläranlagen über die zuständigen Landesbehörden an den Bund und die EU nach der europäischen Verordnung zur Schaffung eines Schadstofffreisetzung- und Verbringungsregisters (PRTR-VO) zu berichten.

Die von den Betreibern gemeldeten Daten sind in das Europäische Schadstoffemissionsregister EPER eingeflossen und stehen frei zugänglich zur Verfügung (www.home.eper.de). Die Öffentlichkeit hat damit die Möglichkeit, systematisch Daten zu industriellen Abwasserfrachten zu recherchieren. Mit der Einführung des gegenüber EPER erweiterten Schadstofffreisetzung- und Verbringungsregisters PRTR sind seit 2007 zusätzlich weitere Industriebereiche und auch kommunale Kläranlagen über 100 000 EGW von dieser Berichtspflicht erfasst. Betriebe müssen nun jährlich Informationen über Schadstofffreisetzungen in Luft, Wasser und Boden sowie über die Verbringung des Abfalls und des Abwassers außerhalb des Standortes berichten, sofern festgelegte Kapazitäts- und Schadstoffschwellenwerte überschritten sind. In Baden-Württemberg unterliegen potenziell knapp 700 Betriebseinrichtungen der europäischen PRTR-VO (www.ptr.bund.de). Im vierten Berichtsjahr haben für das Jahr 2010 insgesamt 86 Betriebseinrichtungen Angaben zu Schadstofffrachten im Abwasser oberhalb der PRTR-VO genannten Schwellenwerte übermittelt. Die am häufigsten berichteten Parameter sind bei Direkteinleitungen Chloride (Abb. 5.4-4) und sowohl bei Direkt- als auch Indirekteinleitungen Gesamtstickstoff und TOC (Total Organic Carbon = gesamter organisch gebundener Kohlenstoff) (Abb. 5.4-5). TOC ist ein Summenparameter, der für die Belastung eines Abwassers mit organischen Substanzen eine wichtige Kenngröße darstellt.



TOC: Total Organic Carbon
AOX: Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene

Abb. 5.4-4: In das Gewässer freigesetzte Schadstofffrachten (Direkteinleitungen) PRTR-pflichtiger Betriebe und jeweilige Anzahl der Betriebe im Jahr 2010 in Baden-Württemberg. Stand: 2012

Abbildung 5.4-6 zeigt die über die Anzahl der Betriebseinrichtungen aufsummierten Schadstofffrachten, die von den berichtspflichtigen kommunalen Kläranlagen emittiert wurden.

Perfluorierte Tenside im Industrieabwasser

Seit 2006 in Gewässern und Trinkwasserreservoirs in Nordrhein-Westfalen perfluorierte Tenside nachgewiesen wurden, hat diese Stoffgruppe besondere Beachtung gefunden. Ebenfalls im Jahr 2006 hatte die Europäische Kommission auf der Grundlage von Risikobewertungen das Inverkehrbringen und die Verwendung einer der wichtigsten Vertreter dieser Stoffgruppe Perfluoroctylsulfonat (PFOS) bis auf wenige Ausnahmen nach der europäischen PFOS-Richtlinie verboten.

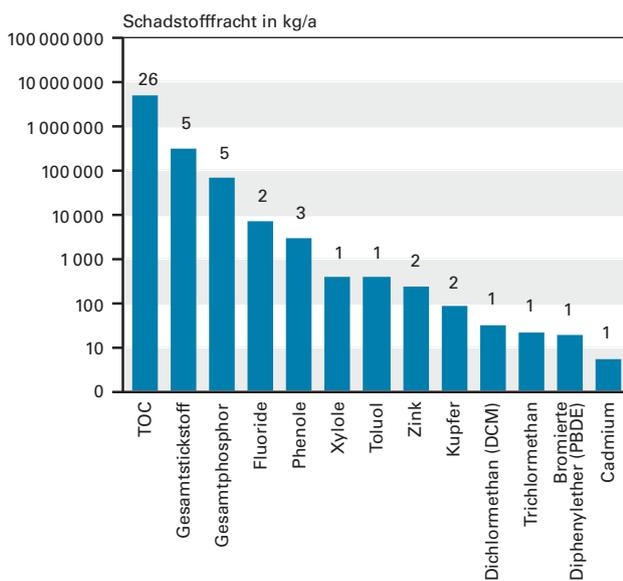
Perfluorierte Tenside werden synthetisch hergestellt und sind in der Umwelt schwer abbaubar. Eingesetzt werden sie in den unterschiedlichsten Bereichen, z. B. zur Beschichtung in der Textil- und Papierindustrie, in der Fotoindustrie, in Feuerlöschmitteln und als oberflächenaktive Substanzen in der Galvanikbranche. Obwohl es derzeit in den gesetzlichen Regelwerken keine Grenzwerte für perfluorierte Tenside im Abwasser gibt, ist es erklärtes Ziel Baden-Württembergs, die Einträge in die Umwelt im Sinne einer vorsorgeorientierten Handlungsweise zu minimieren. Hierzu wurde u. a. ein betriebliches Projekt zur Elimination dieser Stoffgruppe aus dem Abwasser eines Galvanikunternehmens aus Landesmit-

teln gefördert und erfolgreich abgeschlossen. Das Verfahren wurde 2011 mit dem UMSICHT-Wissenschaftspreis des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik ausgezeichnet.

Die perfluorierten Tenside sind mittlerweile ubiquitär nachweisbar. Auch die Untersuchung von Klärschlämmen gezielt ausgewählter Kläranlagen mit relevanten Indirekteinleitern zeigen Belastungsschwerpunkte. Maßnahmen zur Minimierung des Stoffeintrags bei den einleitenden Betrieben wurden veranlasst. Die bodenbezogene Verwertung von Klärschlämmen mit einem Gehalt an perfluorierten Tensiden von mehr als 100 µg/kg Klärschlamm-Trockensubstanz wurde bereits im Mai 2007 untersagt. Klärschlämme, die bodenbezogen verwertet werden sollen, müssen seitdem einmal jährlich auf perfluorierte Tenside untersucht werden. Um weitere Veränderungen feststellen und gegebenenfalls frühzeitig reagieren zu können, werden die Messprogramme fortgeführt.

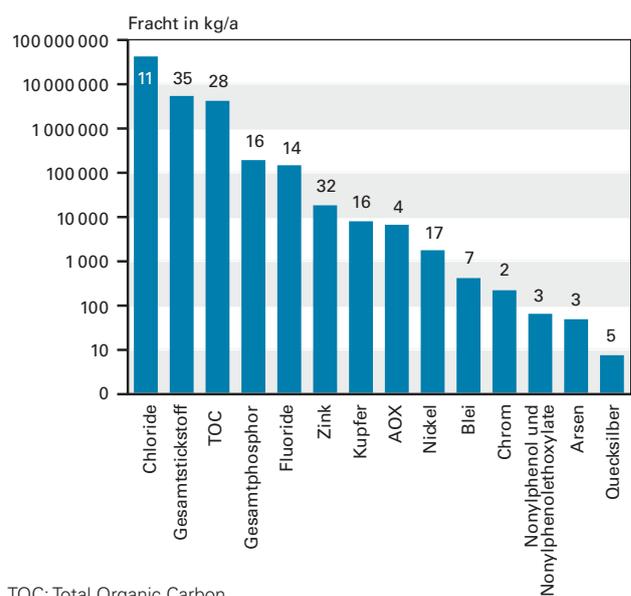
Eine abschließende Bewertung der von diesen Stoffen ausgehenden gesundheitlichen Gefahren ist derzeit noch nicht möglich.

PFOS wurde inzwischen in die Liste der persistenten organischen Schadstoffe (POP) der europäischen POP-Verordnung aufgenommen und die Ausnahmeregelungen zur Verwendung und Inverkehrbringen weiter eingeschränkt.



TOC: Total Organic Carbon
AOX: Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene

Abb. 5.4-5: In das Abwasser verbrachte Schadstofffrachten (Indirekteinleitungen) PRTR-pflichtiger Betriebe und jeweilige Anzahl der Betriebe im Jahr 2010 in Baden-Württemberg. Stand: 2012



TOC: Total Organic Carbon
AOX: Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene

Abb. 5.4-6: Frachten kommunaler Kläranlagen > 100 000 EGW und Anzahl der Betriebseinrichtungen im Jahr 2010 in Baden-Württemberg. Stand: 2012

5.5 Hydrologie der Oberflächengewässer

Das Pegelmessnetz dient der zuverlässigen Ermittlung und Bereitstellung der hydrologischen Kenngrößen Wasserstand und Abfluss als Grundlage wasserwirtschaftlichen Handelns. Die aktuellen Messdaten der Pegelstände und die daraus abgeleiteten Durchflussdaten der Fließgewässer werden benötigt für

- die Vorhersage von Hochwasser und den zeitlichen Verlauf der Hochwasserstände einschließlich der Alarmierung nach der Hochwassermeldeordnung (HMO, Kapitel 11.5),
- eine Beurteilung der Auswirkungen von Niedrigwasserperioden auf das Ökosystem,
- Trenduntersuchungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel,
- Wärme- und Stofffrachtberechnungen,
- die Steuerung von Hochwasserrückhaltebecken,
- die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten,
- als Entscheidungskriterium zur Einleitung lokaler Hochwasserschutzmaßnahmen und
- die Erfüllung nationaler und europäischer Berichtspflichten, wie die Veröffentlichung im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch (DGJ) oder die Berichte an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Das Land Baden-Württemberg betreibt 277 Pegelanlagen. Bei einer Landesfläche von 35 751 km² ergibt das eine Pegeldichte von 7,7 pro 1 000 km². Die vermehrte Nutzung der online verfügbaren Pegeldaten stellt hohe Anforderungen an die Messtechnik und den Betrieb der Pegel. Dabei ist die Messtechnik so ausgelegt, dass selbst bei einem Hochwasserereignis, das sich statistisch alle 500 Jahre einmal ereignet, zuverlässig auf die Pegeldaten zugegriffen werden kann. Betrieb und Unterhaltung der Pegel werden von den Regierungspräsidien sichergestellt. Die LUBW erstellt die Konzeption für das Pegelmessnetz, erarbeitet die Grundlagen für die Weiterentwicklung und führt die Qualitätssicherung durch.

Die kontinuierlichen Pegelaufzeichnungen auf Diagrammbögen gehen bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts zurück. Heute ist der größte Teil der Daten digital als Stundenmittelwerte des Wasserstandes und des Durchflusses verfügbar.

6 Natur und Landschaft

Das Wichtigste in Kürze

In Baden-Württemberg gibt es 350 Gebiete, die als **Natura 2000-Gebiete** nach europäischen Naturschutzrichtlinien geschützt sind. Sie nehmen über 17 % der Landesfläche ein. Knapp 40 % der Lebensraumtypen und Arten der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie befinden sich in einem ungünstigen Erhaltungszustand. Zur Verbesserung der Erhaltungszustände werden Managementpläne erstellt. Inzwischen liegen Pläne für 56 Natura 2000-Gebiete vor.

Für einen gesicherten Vollzug der **naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung** trat am 01.04.2011 die Kompensationsverzeichnis-Verordnung in Kraft. Bis Februar 2012 wurden 361 Kompensationsmaßnahmen in Baden-Württemberg gemeldet, 273 davon dienten der Kompensation von Eingriffsfolgen bei landwirtschaftlichen Vorhaben. Ebenfalls zum 01.04.2011 trat die Ökoko-Konto-Verordnung in Kraft, die eine effizientere und flexiblere Durchführung von Kompensationsmaßnahmen ermöglicht.

Seit 1991 wurden mit dem **Artenschutzprogramm** Baden-Württemberg zum Schutz hochgradig gefährdeter Tier- und Pflanzenarten Populationen von 850 Arten aus elf Artengruppen erfasst sowie Maßnahmen vorgeschlagen und umgesetzt. Im Ergebnis konnte in vielen Fällen der weitere Rückgang aufgehalten werden, einige Bestände erholten sich und einige Flächen wurden durch gefährdete Arten neu besiedelt. Seit 2008 konnten über 200 Maßnahmen zum Schutz von Arten des „111-Arten-Korbs“ umgesetzt werden. Er hat sich zum zentralen Baustein des Aktionsplans „Biologische Vielfalt“ entwickelt.

38 % der Landesfläche sind bewaldet. Der Zustand des **Waldes** hat sich seit dem Jahr 2006 verbessert. 33 % der Waldfläche gelten 2011 noch als deutlich geschädigt.

Untersuchungen aus der **medienübergreifenden Umweltbeobachtung** ergaben als Resultat einer verbesserten Luftqualität eine stetige Zunahme von seltenen Flechtenarten in Wäldern ab etwa Mitte der 1990er Jahre. Darunter sind vom Aussterben bedrohte Arten sowie eine Flechtenart, die bereits als ausgestorben oder verschollen galt. Die Ausbreitung von gebietsfremden Tierarten (Neozoa) hat an Rhein und Neckar zugenommen. Bis zu 80 % der an den Probestellen entnommenen Individuen sind den Neozoa zuzurechnen. Im Rahmen eines umfangreichen Monitoringprogramms wurden in abgestorbenen Wanderfalkeneiern schwer abbaubare, organische Schadstoffe, die auch für den Menschen toxisch sind, nachgewiesen.

Natur und Landschaft sind unverzichtbare Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Menschen. Zu den wesentlichen Zielen des Naturschutzes zählen deshalb die Erhaltung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sowie der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter. Besondere Bedeutung hat der Schutz der biologischen Vielfalt, der Tier- und Pflanzenwelt und ihrer Lebensstätten und Lebensräume.

6.1 Flächenschutz

6.1.1 Gebiets- und Biotopschutz

Der Schutz ausgewählter Flächen und Gebiete ist nach wie vor eines der wichtigsten Instrumente, um die Ziele des Naturschutzes zu erreichen. In Tabelle 6.1-1 und Abbildung 6.1-1 werden die in Baden-Württemberg bestehenden Schutzgebietskategorien dargestellt (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Flächenschutz > Schutzgebietsverzeichnis > Schutzgebietskategorien).

Naturschutzgebiete

Mitte 2012 gab es in Baden-Württemberg 1 025 Naturschutzgebiete (NSG) mit einer Fläche von 86 813 ha (Abb. 6.1-2). Der Anteil der NSG an der Landesfläche vergrößerte sich von 0,5 % im Jahr 1976 auf rund 2,4 % im Juli 2012. Die Durchschnittsgröße aller NSG beträgt knapp 83 ha, wobei die Mehrzahl nach wie vor Flächengrößen zwischen 10 ha und 50 ha aufweisen. Insgesamt gibt es neun NSG, die jeweils größer als 1 000 ha sind.

Tab. 6.1-1: Schutzgebiete nach Anzahl, Fläche und Anteil an der Landesfläche in Baden-Württemberg. Naturparke, Biosphärengebiet und gesetzlich geschützte Biotope können die anderen Schutzkategorien überlagern*. Stand: Juli 2012

	Anzahl	Fläche in ha	Anteil an der Landesfläche in %
Naturschutzgebiete	1 025	86 813	2,43
Biosphärengebiete	1	85 269	2,39
Landschaftsschutzgebiete	1 450	810 426	22,67
Naturparke	7	1 147 496	32,10
Naturdenkmale	14 416	6 534	0,18
gesetzlich geschützte Biotope	210 539	150 757	4,22

* Natura 2000-Gebiete sind naturschutzrechtlich keine Schutzgebietskategorie und daher nicht enthalten

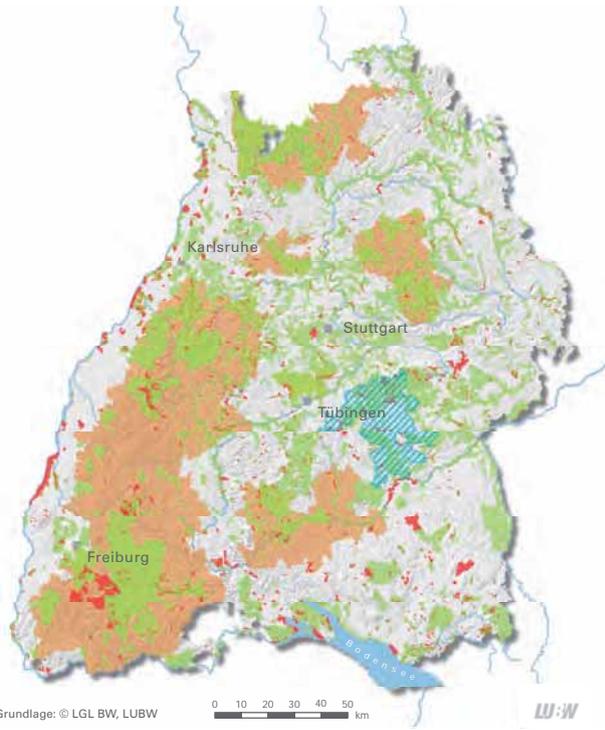


Abb. 6.1-1: Schutzgebiete in Baden-Württemberg. Stand: Oktober 2011

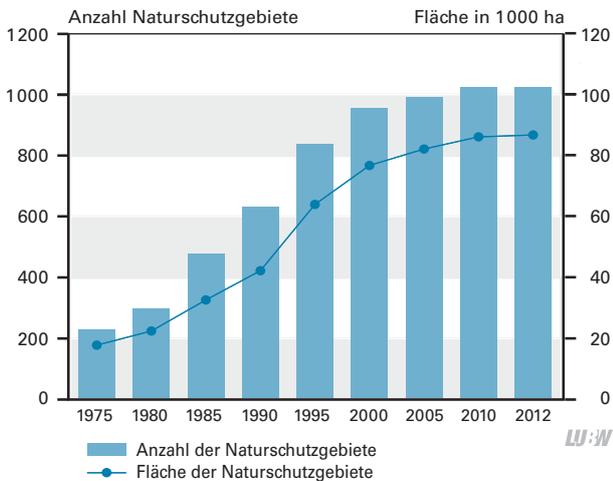


Abb. 6.1-2: Naturschutzgebiete (NSG) nach Anzahl und Flächen. Stand: Juli 2012

Biosphärengebiet

Biosphärengebiete sind Schutzgebiete mit dem Ziel, großräumige Kulturlandschaften mit charakteristischer und reicher Naturausrüstung zu erhalten, zu fördern und zu entwickeln. Sie sind Modellregionen, in denen sich ökonomische und soziale Lebensbedingungen verbessern und gemeinsam mit den Belangen von Natur und Umwelt fortentwickeln können. Das Biosphärengebiet „Schwäbische Alb“ ist seit dem 22.03.2008 nach Landesrecht ausgewiesen und seit Mai 2009 von der UNESCO international aner-

kannt (www.biosphaerengebiet-alb.de). Zur Umsetzung der verschiedenen Ziele und Funktionen ist das Biosphärengebiet räumlich in drei Zonen unterschiedlicher Schutzintensität gegliedert (Tab. 6.1-2).

Modellhafte und nachhaltig wirkende Projekte der verschiedenen Handlungsfelder im Biosphärengebiet können durch Fördermittel des Landes, z. B. über PLENUM „Schwäbische Alb“, unterstützt werden.

Tab. 6.1-2: Zielsetzung und Anteil der Zonen an der Gesamtfläche des Biosphärengebietes „Schwäbische Alb“. Stand: 2008

Biosphären-gebietszone	Zielsetzung der Zonen	Fläche in ha	Anteil an der Gesamtfläche in %
Kernzone	ungestörte Naturentwicklung	2 645	3,10
Pflegezone	Entwicklung wertvoller Kulturlandschaften	35 410	41,53
Entwicklungszone	nachhaltige Wirtschaftsweisen	47 214	55,37
Gesamtfläche		85 269	100,00

LUBW

Landschaftsschutzgebiete

Die Gesamtfläche der Landschaftsschutzgebiete (LSG) ist seit 1975 von 540 143 ha auf 810 426 ha im Juli 2012 gestiegen. Damit stehen heute fast 23 % der Landesfläche unter Landschaftsschutz (Abb. 6.1-3). Annähernd 9 % der LSG sind als Bestandteil kombinierter Natur- und Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Sie erfüllen dabei die Funktion einer Pufferzone zwischen intensiv genutzten Flächen und den NSG und fördern damit deren Schutzziele. Der deutliche Rückgang in der Anzahl der LSG für 2010 erklärt sich durch eine durchgeführte Datenüberprüfung und -korrektur seit Einführung einer neuen Erfassungssoftware für Schutzgebietsdaten in 2008.

Naturparke

Bis Mitte 2012 gab es in Baden-Württemberg sieben Naturparke (Tab. 6.1-3). Im nördlichen Schwarzwald liegt der größte deutsche Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord mit 374 000 ha Fläche. Zusammen mit dem Naturpark Südschwarzwald ist damit fast der gesamte Schwarzwald als Naturpark ausgewiesen. Als Naturparke können Gebiete ausgewiesen werden, die sich aufgrund ihrer Großräumigkeit und ihrer naturräumlichen Ausstattung für die Erholung besonders eignen.

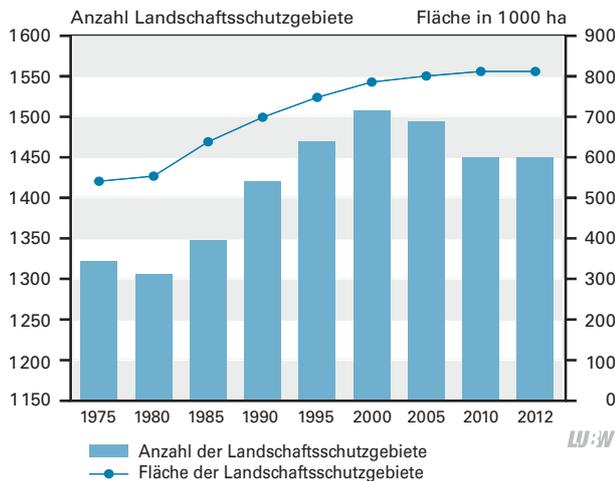


Abb. 6.1-3: Landschaftsschutzgebiete (LSG) nach Anzahl und Flächen. Stand: Juli 2012

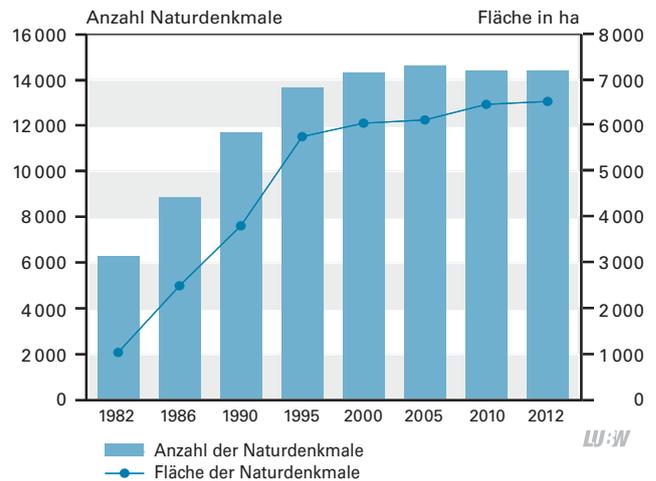


Abb. 6.1-4: Naturdenkmale nach Anzahl und Flächen. Stand: Juli 2012

Tab. 6.1-3: Naturparke in Baden-Württemberg. Stand: Juli 2012

Naturpark	Naturparkfläche in ha	Anteil an der Landesfläche in %
Schönbuch	15 564	0,44
Stromberg-Heuchelberg	33 313	0,93
Neckartal-Odenwald	129 200	3,61
Obere Donau	135 019	3,78
Schwäbisch-Fränkischer Wald	90 400	2,53
Südschwarzwald	370 000	10,35
Schwarzwald Mitte/Nord	374 000	10,46
Baden-Württemberg	1 147 496	32,10

LW:W

Naturdenkmale

Als Naturdenkmale können sowohl Einzelgebilde wie bemerkenswerte Bäume oder Felsen, als auch naturschutzwürdige Flächen bis zu 5 ha Größe ausgewiesen werden. Ihr Schutzstatus ist mit dem eines NSG vergleichbar. Landesweit existieren 14 416 Naturdenkmale mit rund 6 534 ha Fläche (Abb. 6.1-4).

Gesetzlich geschützte Biotope in Baden-Württemberg

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) nennt in § 30 Biotoptypen, die einen unmittelbaren gesetzlichen Schutz genießen. Es handelt sich dabei um besonders wertvolle und gefährdete Lebensräume, wie z. B. Moore, Nasswiesen und Trockenrasen. Daneben sind im § 32 NatSchG nach Landesrecht besonders geschützte Biotope geregelt. Zuletzt wurden die gesetzlich geschützten Biotope im Offenland in den Jahren 1992 bis 2004 landesweit kartiert. Im Wald werden die gesetzlich geschützten Biotope im Rahmen der Waldbiotopkartierung im Auftrag der Forst-

verwaltung erhoben. Zusammen mit dem Biotopschutzwald nach § 30a Landeswaldgesetz (LWaldG) nehmen die geschützten Biotope etwa 4 % der Landesfläche ein (Tab. 6.1-4). Die Aktualisierung der Biotopkartierung wird fortgesetzt.

2010 und 2011 wurden Pilotkartierungen in drei Landkreisen und einem Stadtkreis Baden-Württembergs durchgeführt. Der im Jahr 2010 kartierte Pilotkreis Esslingen weist dabei teilweise große Unterschiede zur letzten Kartierung in den Jahren 1996/97 auf (Abb. 6.1-5). Diese sind z. T. auf reale Zu- und Abnahmen und z. T. auf Änderungen bei der Erfassungsmethodik zurückzuführen (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Flächenschutz > Biotopkartierung).

Für die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) sind aktuelle Daten zu europaweit gefährdeten Lebensraumtypen dringend erforderlich. Deshalb wurden bei den Pilotkartierungen die Erhebungen der gesetzlich geschützten Biotope und der FFH-Lebensraumtypen erstmals kombiniert. Als weitere Neuerung wurden die FFH-Lebensraumtypen „magere Flachland- und Bergmähwiese“, die nicht vom gesetzlichen Biotopschutz nach § 30 BNatSchG

Tab. 6.1-4: Geschützte Biotope in Baden-Württemberg. Stand: August 2012

	Anzahl Biotope	Fläche Biotope in ha	Anteil an der Landesfläche in %
Biotopkartierung Offenland	154 682	69 019	1,93
Waldbiotopkartierung	51 628	71 675	2,01
Gesamt	206 310	140 694	3,94

LW:W

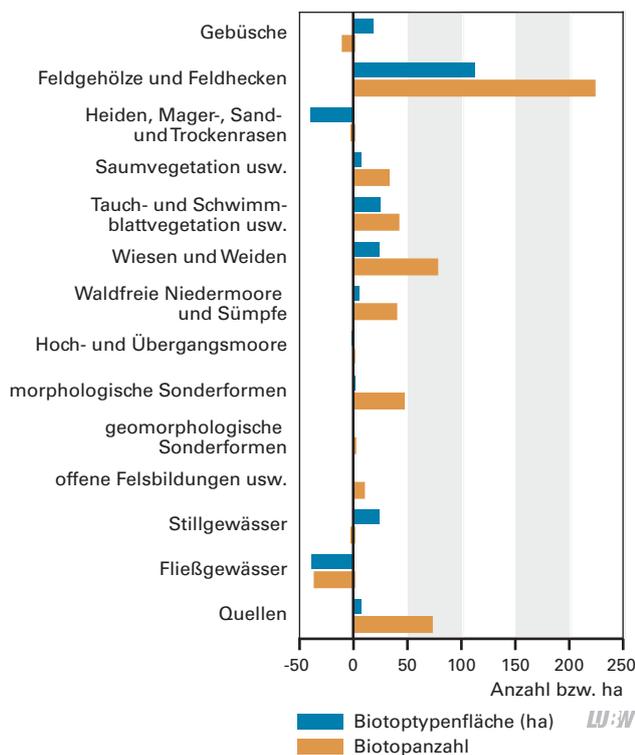


Abb. 6.1-5: Veränderungen von Biotopanzahl und Biototypenfläche im Landkreis Esslingen zwischen den Kartierungen 1996/97 und 2010. Stand: November 2011

oder § 32 NatSchG umfasst sind, erstmalig flächenscharf auch außerhalb der FFH-Gebiete erfasst. Die Anpassung der Biotopkartierung an die FFH-Lebensraumtyp-Kartierung führte zu einer getrennten Erfassung der gewässerbegleitenden, naturnahen Ufervegetation als gesonderter Biototyp und damit zu einer Abnahme in Fläche und Anzahl des Biototyps Fließgewässer. Ein Großteil der nicht mehr erfassten Fließgewässerfläche ist somit als Gehölzvegetation kartiert worden. Möglicherweise führte neben einer Änderung in der Kartiermethodik auch der Verlust der kleinflächigen Vorkommen von Heiden, Mager-, Sand- und Trockenrasen zu dem deutlichen Rückgang in Anzahl und Fläche der Biototypen.

6.1.2 Ramsar-Gebiete

Die Ramsar-Konvention ist ein internationales Übereinkommen zum Schutz von Feuchtgebieten internationaler Bedeutung, insbesondere als Lebensraum für Wat- und Wasservogel. Nach langjährigen Vorarbeiten wurde im August 2008 der Oberrhein als grenzübergreifendes deutsch-französisches Ramsar-Gebiet „Oberrhein - Rhin supérieur“ anerkannt. Die Gebietsfläche beträgt auf baden-württembergischer Seite 25 117 ha, im Elsass 22 413 ha. In Baden-

Württemberg sind neben dem Oberrhein die Naturschutzgebiete „Wollmatinger Ried“ (767 ha) und „Mindelsee“ (459 ha) als Ramsar-Gebiete gemeldet (www.mlr.baden-wuerttemberg.de > Naturschutz > Biotop- und Artenschutz > Schutzgebiete > RAMSAR > RAMSAR (D)).

6.1.3 Naturschutzförderprojekte

Naturschutzgroßprojekte des Bundes in Baden-Württemberg

Mit dem Programm „chance.natur - Bundesförderung Naturschutz“ fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit national bedeutsame Natur- und Kulturlandschaften als Beitrag zum Schutz des nationalen Naturerbes und zur Erfüllung internationaler Naturschutzverpflichtungen. In Baden-Württemberg sind mit Badberg-Haselschacher Buck, Würzacher Ried und Wollmatinger Ried bisher drei Projekte abgeschlossen worden. Zwei weitere Naturschutzgroßprojekte, Feldberg-Belchen-Oberes Wiesental mit 10 074 ha und Pfrunger-Burgweiler Ried mit 1 453 ha, sind derzeit in der Umsetzung (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Flächenschutz > Naturschutzgroßprojekte und LIFE).

LIFE-Förderprojekte in Baden-Württemberg

Mit dem Programmteil „LIFE Natur“ (L'Instrument Financier pour l'Environnement) förderte die Europäische Union zwischen 1992 und 2006 Umwelt- und Naturschutzvorhaben insbesondere in Natura 2000-Gebieten. Seit Juni 2007 fördert die EU Naturschutzvorhaben mit den Programmteilen „LIFE+-Natur“ und „biologische Vielfalt“. In Baden-Württemberg wurden bisher 15 LIFE Natur-/ LIFE+-Natur-Projekte genehmigt, von denen vier derzeit noch laufen (Tab. 6.1-5).

Tab. 6.1-5: Übersicht über die derzeit laufenden LIFE-geförderten Projekte in Baden-Württemberg. Quelle: MLR. Stand: November 2011

Name/Antragstellung	Laufzeit
LIFE+ „Vogelschutz in Streuobstwiesen des Mittleren Albvorlandes und des Mittleren Remstales“	2009 - 2013
LIFE+ „Restauration von Habitaten im Federseemoor“ (NABU-Beteiligung)	2009 - 2012
LIFE+ „Rheinauen bei Rastatt“	2011 - 2015
LIFE+ „LIFE rund ums Heckengäu“	2011 - 2016

LUBW

6.1.4 PLENUM

PLENUM ist ein „Projekt des Landes zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Umwelt“. Mit seinem nutzungsorientierten Ansatz wird in ausgewählten PLENUM-Gebieten der Schutz der biologischen Vielfalt zusammen mit der Bevölkerung in viele Wirtschaftsbereiche hineingetragen und umgesetzt. Als Förderprogramm des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg kann PLENUM Projekte aus der Region, die positive Naturschutzauswirkungen haben, durch eine Anschubfinanzierung und kompetente Beratung unterstützen. Grundpfeiler der PLENUM-Strategie sind naturverträgliche Nutzung, umweltschonende Wirtschaftsweisen, Vermarktung regionaler, naturverträglich erzeugter Produkte kombiniert mit sanftem Tourismus und Umweltbildung. PLENUM wird derzeit in fünf Projektgebieten auf 15,6 % der Landesfläche umgesetzt (Abb. 6.1-6). Für zwei dieser Gebiete endete Anfang 2012 der PLENUM-Gebietsstatus. Die Projektförderung über PLENUM wird aber noch zwei Jahre fortgesetzt, um die Verstetigung der naturschutzorientierten Regionalentwicklung in den Gebieten zu unterstützen.

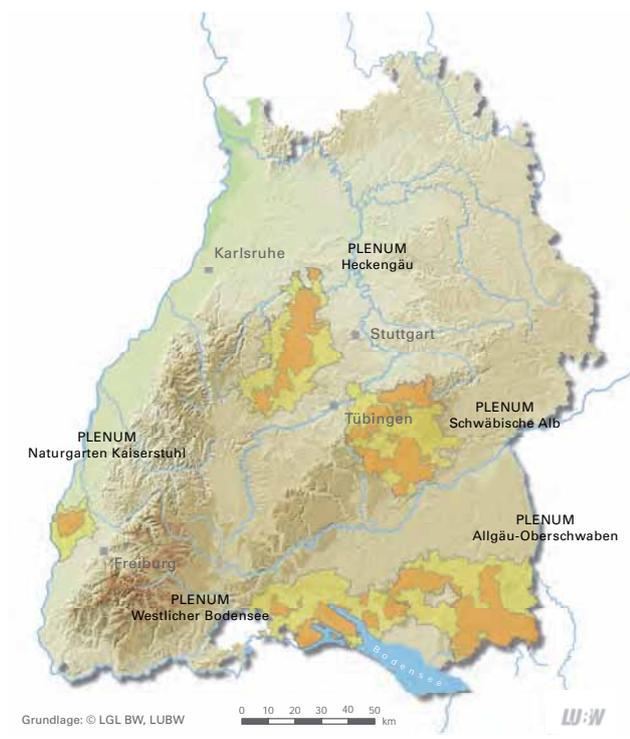
Die Überprüfung des PLENUM-Förderprogramms im Rahmen von Halbzeit- und Abschlussequalationen ergab

in der Gesamtbeurteilung eine sehr erfolgreiche Umsetzung der naturschutzfachlichen Ziele und deutliche sozio-ökonomische Erfolge. Die naturschutzorientierte Regionalentwicklung wird in den Handlungsfeldern Land- und Forstwirtschaft, Verarbeitung und Vermarktung, Tourismus, Umweltbildung und Naturschutz im engeren Sinne gefördert. Beispielsweise wurden wertvolle Grünlandflächen durch Triebwegskonzeptionen für Wanderschäfferei und durch neue Beweidungseinrichtungen und Stallbauten gesichert. Für die Erhaltung von Streuobstbeständen reicht die Projektpalette von der Obstwartausbildung, dem Kauf von Obstpressen, Entwicklung und Vermarktungsförderung für Streuobstprodukte bis zu Streuobst-Internetbörsen. Die Ausbildung von Landschaftsführern, die Entwicklung von Touren für Radfahrer und Wanderreiter sind Beispiele für innovative, naturschonende Tourismus- und Umweltbildungsangebote. Eines haben alle Projekte gemeinsam – sie bringen einen Mehrwert für Mensch und Natur (www.plenum-bw.de).

6.1.5 Aktionsplan „Biologische Vielfalt“

Das Land Baden-Württemberg hat in Zusammenarbeit mit den Naturschutzverbänden den Aktionsplan „Biologische Vielfalt“ in Baden-Württemberg aufgestellt. Er besteht derzeit aus vier Bausteinen, die die Lebensbedingungen der heimischen Arten verbessern, die Naturschutzarbeit ergänzen und die Bevölkerung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt sensibilisieren sollen (www.aktionsplan-biologische-vielfalt.de).

Ein Baustein ist der „111-Arten-Korb“. Er umschließt 111 in Baden-Württemberg heimische Tier- und Pflanzenarten, die besonders auf Hilfe angewiesen sind. Mit Partnern aus unterschiedlichen Bereichen werden Aktionen und Projekte für diese Arten durchgeführt. Dabei kann jeder mitmachen, egal ob Stadt, Verein, Kirche, Schule oder auch Unternehmen. Seit Beginn des „111-Arten-Korbs“ im Jahr 2008 wurden 210 Projekte mit 260 verschiedenen Partnern umgesetzt. 50 % aller Projekte kamen dabei Säugetieren, Vögeln und Amphibien zugute (Abb. 6.1-7).



■ PLENUM-Kerngebiete ■ PLENUM-Projektgebiete

Abb. 6.1-6: PLENUM-Gebiete. Stand: 2012

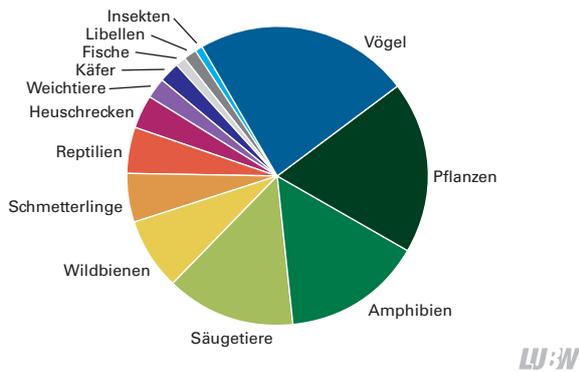


Abb. 6.1-7: Anteile der durchgeführten Projekte des „111-Arten-Korbs“ je Artengruppe. Stand: November 2011

6.2 Artenschutz

6.2.1 Arten- und Biotopschutzprogramm

Vom Land Baden-Württemberg wird unter Mitwirkung von Naturschutzvereinen und sachkundigen Bürgern ein Arten- und Biotopschutzprogramm (§ 42 NatSchG) erstellt und fortgeschrieben. Ziel ist die Erhaltung, Pflege und Entwicklung der wild lebenden Tier- und Pflanzenarten.

Rote Listen und Artenverzeichnisse gefährdeter Tier- und Pflanzenarten

Die Gefährdung heimischer Tier- und Pflanzenarten dokumentieren Rote Listen. Sie werden als Grundlage für den rechtlichen Schutz von Arten sowie als wichtige Entscheidungshilfe bei der Durchführung von Vorhaben und Planungen herangezogen. Aus den bisher veröffentlichten Roten Listen folgt, dass etwa 40 % der Landesfauna und -flora als gefährdet einzustufen sind (Abb. 6.2-1).

In der Regel werden Rote Listen gemeinsam mit sogenannten Artenverzeichnissen herausgegeben, das heißt, neben den gefährdeten Arten werden auch alle übrigen in Baden-Württemberg vorkommenden Arten der jeweiligen Gruppe aufgeführt (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Artenschutz > Rote Listen).

Besonders und streng geschützte Arten

Die besonders und streng geschützten Arten werden in § 7 BNatSchG und § 14 NatSchG definiert. Für diese Arten gelten bestimmte Verbote (§ 44 BNatSchG). Zum Beispiel sind alle in Baden-Württemberg vorkommenden Libellen besonders geschützt. Sie dürfen daher nicht getötet oder aus ihrer natürlichen Umgebung entfernt werden. Ihre

Fortpflanzungs- und Ruhestätten dürfen weder beschädigt noch zerstört werden. Darüber hinaus genießen 13 Libellenarten noch einen zusätzlichen strengen Schutz. Für streng geschützte Arten gilt zusätzlich das Verbot, sie während der Fortpflanzungsphase, Aufzuchtzeit sowie der Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeit erheblich zu stören.

Abbildung 6.2-2 zeigt die Anzahl der aktuell in Baden-Württemberg vorkommenden streng geschützten Arten. Ausgestorbene Arten oder solche mit unsicherem Nachweis werden hier nicht berücksichtigt (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Artenschutz > Geschützte Arten > besonders und streng geschützte Arten).

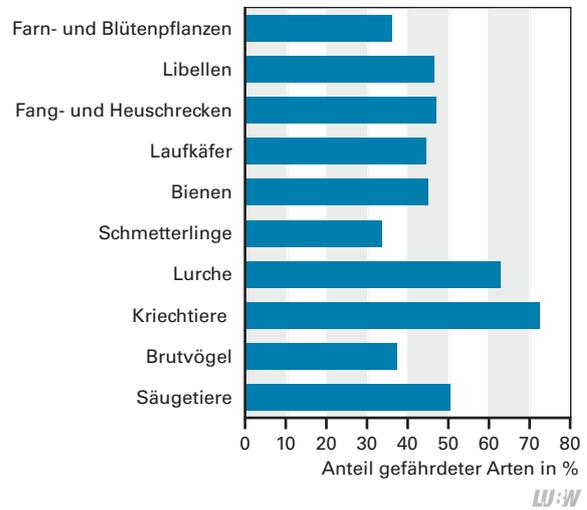


Abb. 6.2-1: Anteil gefährdeter Arten ausgewählter Artengruppen in Baden-Württemberg. Stand: 2012

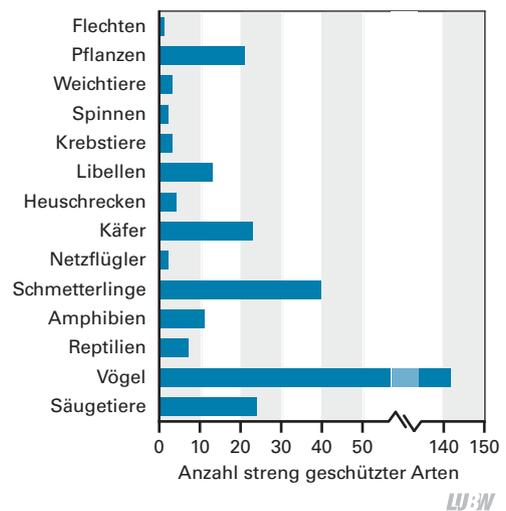


Abb. 6.2-2: Anzahl der aktuell in Baden-Württemberg vorkommenden nach BNatSchG und NatSchG streng geschützten Arten. Stand: Januar 2012

Umsetzung des Arten- und Biotopschutzprogramms

Das Artenschutzprogramm Baden-Württemberg dient der Erhaltung der biologischen Vielfalt mit dem Ziel, hochgradig gefährdete Tier- und Pflanzenarten vor dem Verschwinden zu bewahren, im Bestand zu stabilisieren und, sofern möglich, eine Ausbreitung dieser Arten zu fördern. Dies geschieht durch die Erhaltung der Lebensräume und eine an die Lebensraumansprüche der Zielarten angepasste Bewirtschaftung oder spezielle Pflege der Biotope. Die fachliche Basis bilden die inzwischen mit insgesamt fast 50 Bänden zu verschiedenen Artengruppen erschienenen „Grundlagenwerke“. Für sie wurde das in den Naturkundemuseen angesammelte Wissen umfassend ausgewertet (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Artenschutz > Arten- und Biotopschutzprogramm > Grundlagenwerke).

Die Durchführung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit allen Ebenen der Naturschutzverwaltung und weiteren betroffenen Behörden, den Naturkundemuseen, Naturschutz- und Landschaftspflegeverbänden, den Artexperten im Land und nicht zuletzt den Grundstückseigentümern und Bewirtschaftern von Flächen mit Vorkommen der gefährdeten Arten. Nach Auswertung der Grundlagenwerke erfolgt zunächst eine gezielte Erfassung von ausgewählten Vorkommen der am stärksten gefährdeten Arten mit dem Ziel, jeweils geeignete Maßnahmen zu entwickeln. Inzwischen liegen Erfassungen von rund 850 Arten aus elf Artengruppen vor, u. a. aus den Gruppen der Farn- und Blütenpflanzen, Amphibien, Schmetterlinge, Heuschrecken, Wildbienen und Libellen. Die hierbei vorgeschlagenen Maßnahmen werden von Spezialisten vor Ort in Zusammenarbeit mit den beteiligten Behörden, Institutionen und Bewirtschaftern umgesetzt. Für den vom Aussterben bedrohten Schwarzen Apollofalter (*Parnassius mnemosyne*) werden beispielsweise Waldrandstrukturen für den Lerchensporn (Gattung *Corydalis*) als Raupen-nahrungspflanze entwickelt und angrenzende Wiesen so gemäht, dass zum richtigen Zeitpunkt die Nektarpflanzen des Schmetterlings blühen. Im Ergebnis konnten sich einige Bestände erholen und neue Flächen besiedelt werden.

6.2.2 Brutvogelmonitoring

Das Brutvogelmonitoring Baden-Württemberg hat eine herausragende Bedeutung als Frühwarnsystem für Veränderungen und Gefährdungen der Vogelwelt. Es ist damit ein wichtiger Indikator für den Zustand unserer Umwelt.

Handlungsbedarf zum Ergreifen von Schutzmaßnahmen wird so frühzeitig erkennbar.

Das seit 1992 im Land durchgeführte Brutvogelmonitoring dient zur Erfassung der „häufigeren“ Vogelarten als Stichprobe für Baden-Württemberg. Die Kartierung erfolgt seit 2004 in ganz Deutschland nach einer standardisierten Methodik. In Baden-Württemberg werden rund 100 Flächen (Stand 2010) bearbeitet.

Abbildung 6.2-3 zeigt die Bestandsentwicklung zweier Arten, die über das Brutvogelmonitoring in Baden-Württemberg erfasst werden. Beim Bestand des Grünspechts (*Picus viridis*) (Abb. 6.2-4) ist ein leicht steigender Trend registriert worden. Dies lässt den Schluss zu, dass die Art mit der sich ändernden Forst- und Landbewirtschaftung im dargestellten Zeitraum gut zurecht kam.

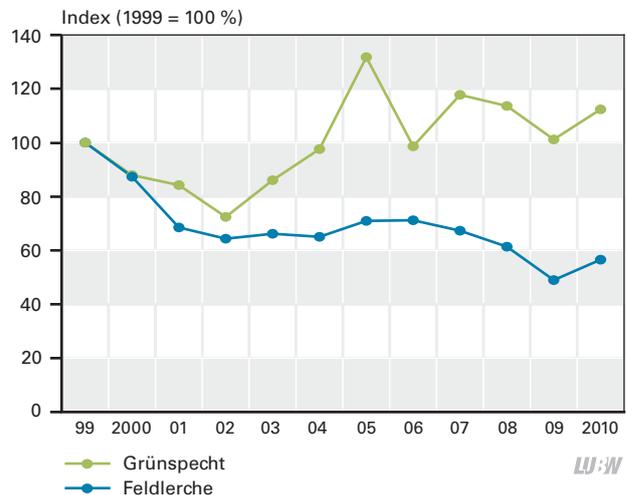


Abb. 6.2-3: Bestandsentwicklung des Grünspechts und der Feldlerche. Stand: 2011



Abb. 6.2-4: Grünspecht (*Picus viridis*), männlich (Schubert, W., 2005)

Bei der Feldlerche (*Alauda arvensis*) (Abb. 6.2-5) ist hingegen mit etwa der Halbierung des Index-Wertes innerhalb von elf Jahren ein deutlich negativer Trend zu erkennen, der insbesondere auf die Intensivierung der Landwirtschaft zurückgeführt wird.

Das Brutvogelmonitoring Baden-Württembergs ist Teil des nationalen „Monitorings von Vogelarten in der Normallandschaft“. Die Daten münden in europaweite Projekte zur Trendberechnung ein und sind wichtiger Baustein für den „Atlas deutscher Brutvogelarten“. Ferner bilden sie die Grundlage für den bundesweiten Nachhaltigkeitsindikator der Artenvielfalt, ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland.

2011 hat die LUBW, ihrem Auftrag nach § 6 der Kormoranverordnung des Landes vom 20.07.2010 (KorVO) des Landes folgend, ein Kormoranmonitoring durchgeführt, um



Abb. 6.2-5: Feldlerche (*Alauda arvensis*), Jungtier (Schubert W., 2005)

die Bestandsentwicklung des Kormorans zu dokumentieren. So zählten im Jahr 2011 die Ornithologen unter Beteiligung der Fischerei 867 Kormoranpaare an 14 Brutstandorten in Baden-Württemberg (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Artenschutz > Brutvogelmonitoring > Kormoranmonitoring).

6.3 Europäischer Naturschutz

Das nationale Naturschutzrecht ist von zwei Richtlinien der Europäischen Union geprägt: Die 1979 verabschiedete und 2009 novellierte Vogelschutz-Richtlinie und die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, kurz FFH-Richtlinie, von 1992. Beide Richtlinien haben zum Ziel, die biologische Vielfalt in Europa zu sichern und ein zusammenhängendes ökologisches Netz europäischer Schutzgebiete „Natura 2000“ aufzubauen. In Baden-Württemberg gibt es 350 Natura 2000-Gebiete, die über 17 % der Landesfläche einnehmen (Tab. 6.3-1 und Abb. 6.3-2) (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Natura 2000). Die Schutzgebiete nach europäischem Naturschutzrecht können sich teilweise mit denen des landesweiten Flächenschutzes überlagern (Tab. 6.1-1).

Tab. 6.3-1: Natura 2000-Gebiete: Flächen und Schutzgebietsanteile. Stand: Dezember 2011

Schutzstatus		FFH-Richtlinie* (260 Gebiete)		Vogelschutz-Richtlinie (90 Gebiete)		Natura 2000 (350 Gebiete)	
		Fläche in ha	Anteil an der Landesfläche ¹⁾	Fläche in ha	Anteil an der Landesfläche ¹⁾	Fläche in ha	Anteil an der Landesfläche ¹⁾
Baden-Württemberg		414 279	11,6 %	391 082	10,9 %	620 872	17,4 %
			Anteil an FFH-Gebieten		Anteil an Vogel- schutzgebieten		Anteil an Natura 2000-Gebieten
davon	Naturschutzgebiete	77 814	18,8 %	51 869	13,3 %	79 563	12,8 %
	Landschaftsschutzgebiete	163 356	39,4 %	146 340	37,4 %	231 616	37,3 %
	Naturpark	56 473	13,6 %	84 217	21,5 %	125 817	20,3 %
	kein Schutzstatus	116 636	28,2 %	108 656	27,8 %	183 876	29,6 %
zusätzlich Bodensee ²⁾		11 972		5 962		12 155	
Meldefläche		426 251		397 044 ³⁾		633 027	

* FFH-Richtlinie = Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie

1) Fläche Baden-Württemberg 3 575 154 ha (StaLa BW) exklusive Bodensee

2) Wasserfläche des Bodensees wird in der Statistik des Landes Baden-Württemberg nicht berücksichtigt

3) Überlagerung Vogelschutzgebiete mit FFH-Gebieten 190 268 ha, verbleiben 206 776 ha reine Vogelschutzgebiete

LUBW

6.3.1 Vogelschutzgebiete

75 Vogelarten der Vogelschutzrichtlinie sind in Baden-Württemberg relevant für die Ausweisung der 90 Vogelschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von insgesamt 397 044 ha (Tab. 6.3-1). Die Sicherung der Vogelschutzgebiete erfolgt in Baden-Württemberg durch die gebietsspezifische Vogelschutzgebietsverordnung (VSG-VO) vom 5. Februar 2010 (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Themen > Querschnittsthemen > Umweltinformationssystem > RIPS > Kartendienste im RIPS > Natura 2000 > Vogelschutzgebiete) und im Rahmen der Managementpläne.

6.3.2 FFH-Gebiete, Arten und Lebensräume

Die Umsetzung der FFH-Richtlinie soll die biologische Vielfalt in Europa langfristig sichern. Dafür müssen die Mitgliedsstaaten für alle Lebensräume und Arten der FFH-Richtlinie den günstigen Erhaltungszustand bewahren oder wiederherstellen. In Baden-Württemberg gibt es eine Vielzahl von Lebensräumen und Arten der FFH-Richtlinie (Tab. 6.3-2). Die Arten können dabei in mehreren Anhängen gleichzeitig aufgeführt sein. Günstig ist der Erhaltungszustand, wenn die Flächen und Populationen langfristig stabil bleiben oder sich ausdehnen und keine Verschlechterungen bezüglich der Qualität, z. B. der Strukturen und Funktionen von Lebensräumen, eintreten. In Baden-Württemberg sind FFH-Gebiete durch die Vorschriften im Bundesnaturschutzgesetz geschützt. Weitere Grundlage für die Sicherung der FFH-Gebiete sind die Management-

pläne (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Natur und Landschaft > Natura 2000 > Management > MaP) und Förderprogramme, wie die Landschaftspflegeleitlinie oder der Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA).

6.3.3 FFH-Berichtspflicht

Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, den Erhaltungszustand der Lebensräume und Arten der FFH-Richtlinie zu überwachen und der Europäischen Kommission alle sechs Jahre zu berichten. Der letzte Bericht aus dem Jahr 2007 beinhaltet die Entwicklungen der Jahre 2001 bis 2006. Berichtet wurde neben dem aktuellen Erhaltungszustand der Schutzgüter über den Stand der Umsetzung und die getroffenen Schutzmaßnahmen. Die Einstufung des Erhaltungszustands der Lebensräume und Arten erfolgt über ein Ampelschema, wobei „grün“ einen günstigen, „gelb“ einen ungünstig-unzureichenden und „rot“ einen ungünstig-schlechten Erhaltungszustand widerspiegelt. Unbekannt („grau“) ist der Erhaltungszustand, wenn die Datenlage keine genaue Bewertung zulässt. In Baden-Württemberg befinden sich knapp 40 % der Lebensräume und Arten in einem ungünstigen Erhaltungszustand (Abb. 6.3-1). Dies betrifft insbesondere die Lebensstätten und Lebensraumtypen, die auf extensive Nutzung und Pflege durch den Menschen angewiesen sind. Ein Beispiel dafür sind die Wacholderheiden (Lebensraumtyp 5130; Abb. 6.3-2) als Ergebnis einer ehemals weitverbreiteten Weidewirtschaft. Ihr Erhaltungszustand ist als ungünstig-unzureichend einge-

Tab. 6.3-2: Übersicht über die Anhänge der FFH-Richtlinie und die in Baden-Württemberg vorkommenden Lebensräume und Arten der FFH-Richtlinie. Quelle: Europäische Kommission, BfN, LUBW. Stand: Januar 2012

Anhang	Inhalt	Anzahl der Arten oder Lebensraumtypen mit Vorkommen in Baden-Württemberg	Beispiele für Art oder Lebensraumtyp mit Vorkommen in Baden-Württemberg
Anhang I	Natürliche Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen (insgesamt 231 Lebensraumtypen).	53 Lebensraumtypen	Wacholderheiden Naturnahe Hochmoore Hainsimsen-Buchenwälder
Anhang II	Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen (insgesamt 911 Arten).	62 Arten (50 Tier- und 12 Pflanzenarten)	Bechsteinfledermaus Gelbbauchunke Frauschuh
Anhang III	Kriterien zur Auswahl der Gebiete, die als Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bestimmt und als besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden könnten.		
Anhang IV	Streng zu schützende Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse (insgesamt 1 026 Arten).	78 Arten (68 Tier- und 10 Pflanzenarten)	Feldhamster Mauereidechse Bodensee-Vergissmeinnicht
Anhang V	Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, deren Entnahme aus der Natur und Nutzung Gegenstand von Verwaltungsmaßnahmen sein können (insgesamt 223 Arten).	70 Arten (19 Tier- und 51 Pflanzenarten)	Iltis Edelkrebs Gelber Enzian
Anhang VI	Verbotene Methoden und Mittel des Fangs, der Tötung und Beförderung.		

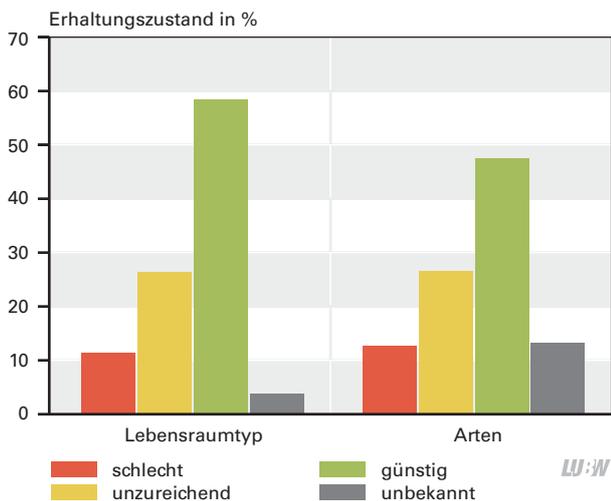


Abb. 6.3-1: Übersicht über Erhaltungszustand der Lebensraumtypen (LRT) und Arten und dessen prozentuale Verteilung. Stand: 2008

stufte, da Nutzungsänderungen, insbesondere eine unterbleibende Weidenutzung, die Heiden stark gefährden. Schutzmaßnahmen für Wacholderheiden sind u. a. die Förderung der extensiven Beweidung und die Reduktion von Gehölzaufwuchs.

Ebenso durch historische Bewirtschaftung entstanden sind offene, lichtdurchflutete eichenreiche Wälder. Heute gilt es, diese zu erhalten, da gefährdete FFH-Arten wie der Heldbock (*Cerambyx cerdo*) auf sie angewiesen sind (Abb. 6.3-3).

Der Erhaltungszustand des Heldbocks, eine Käferart, die alte Eichenbestände als Brutlebensraum benötigt, musste als „ungünstig-schlecht“ eingestuft werden. Zu seinem Schutz werden gezielt Eichen dem natürlichen Zerfall überlassen und der Eichenanteil in Wäldern in der Nähe von Heldbockvorkommen erhöht. Um den in der FFH-Richtlinie geforderten günstigen Erhaltungszustand zu erreichen, werden außerdem im Rahmen von Arten- und



Abb. 6.3-2: Wacholderheide (Witschel, M., 1996)



Abb. 6.3-3: Heldbock (*Cerambyx cerdo*) (Waitzmann, M., 2003)

Biotopthilfskonzepten Handlungsanleitungen für die landesweite Umsetzung gezielter Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen erarbeitet. Die Konzepte werden für alle Arten der FFH-Richtlinie, die sich in Baden-Württemberg in einem ungünstigen Erhaltungszustand und für Lebensraumtypen, die sich in ungünstig-unzureichendem Erhaltungszustand befinden, entwickelt.

Arten des Anhangs IV der FFH-Richtlinie

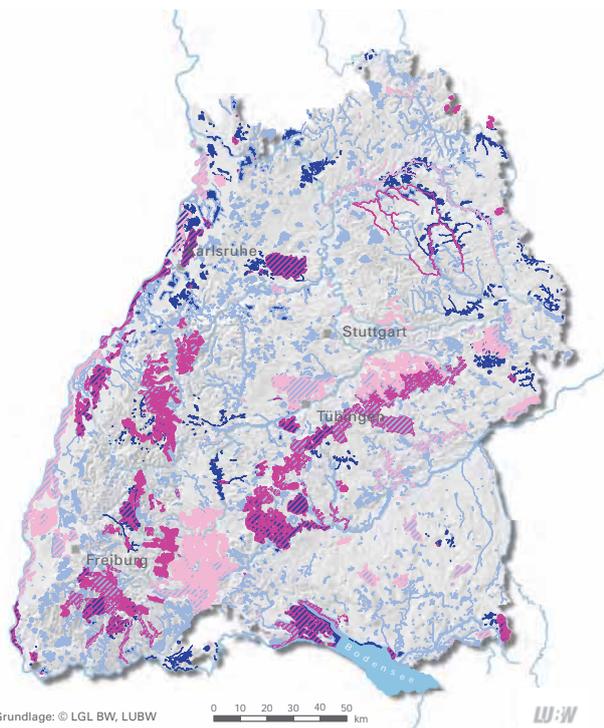
Für die Arten nach Anhang IV der FFH-Richtlinie gelten zusätzlich, ungeachtet ihres Vorkommens inner- oder außerhalb von Schutzgebieten, bestimmte artenschutzrechtliche Störungs- und Schädigungsverbote. Im Rahmen einer artenschutzrechtlichen Prüfung wird bei Planungs- und Zulassungsverfahren ermittelt, ob Arten des Anhangs IV oder europäische Vogelarten durch das geplante Vorhaben getötet, während sensibler Lebensphasen gestört oder ihre Fortpflanzungs- und Ruhestätten beeinträchtigt werden. So hat zum Beispiel der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg für den Eremiten (*Osmoderma eremita*), eine Käferart des Anhangs IV der FFH-Richtlinie, besondere Schutzmaßnahmen beim Neubau des Stuttgarter Hauptbahnhofs gefordert.

Im Berichtsjahr 2007 zeigte sich, dass sich 48 % der Arten des Anhangs IV in einem ungünstigen Erhaltungszustand befinden. Insbesondere bei den Schmetterlingen, Amphibien und Säugetieren sind Arten in einem ungünstigen Erhaltungszustand zu finden. Gerade für diese Arten muss das Land aktiv Schutzmaßnahmen ergreifen.

Derzeit werden Artenhilfskonzepte für die Sand-Silberschärpe (*Jurinea cyanoides*) und die Zierliche Moosjungfer (*Leucorrhinia caudalis*), eine Libellenart, erstellt.

6.3.4 Gebietsmanagement von Natura 2000-Gebieten

Neben Schutzgebietsausweisungen und der Durchsetzung des gesetzlichen Schutzes werden in Baden-Württemberg die FFH- und Vogelschutzgebiete (Abb. 6.3-4) vorrangig über vertragliche Vereinbarungen mit den Landnutzern gesichert. Zu Letzteren zählt z. B. der Vertragsnaturschutz nach der Landschaftspflegeleitlinie. Danach erhalten Landwirte für besondere Bewirtschaftungsauflagen zum Schutz von Arten oder Lebensräumen eine finanzielle Förderung. Grundlage bei allen Sicherungsmaßnahmen sind die Managementpläne, die für jedes Natura 2000-Gebiet bis 2020 aufgestellt werden sollen. Diese Fachpläne erfassen die Vorkommen der Lebensraumtypen und der Lebensstätten der Arten in den Natura 2000-Gebieten und legen konkrete Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen fest. Sie sind zudem eine Basis für die Beurteilung der Zulässigkeit von Plänen und Projekten, wie dem Bau eines Gebäudes oder auch geplanten, touristischen Nutzungen.



- FFH Gebiete
- abgeschlossen/ derzeit in Bearbeitung
 - zukünftig geplant
- Vogelschutzgebiete
- abgeschlossen/ derzeit in Bearbeitung
 - zukünftig geplant

Schraffiert: Überlagerung von FFH-Gebiet und Vogelschutzgebiet, je nach Farbgebung, Managementplan abgeschlossen bzw. zukünftig geplant

Abb. 6.3-4: Natura 2000-Gebiete in Baden-Württemberg und Bearbeitungsstand der Managementplanerstellung für FFH- und Vogelschutzgebiete. Stand: Dezember 2011

Aktuell sind die Managementpläne für 46 FFH-Gebiete und zehn Vogelschutzgebiete fertiggestellt (Stand: Januar 2012). Die methodisch einheitliche Erarbeitung der Managementpläne wird durch landesweit verbindliche Vorgaben sichergestellt (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Querschnittsthemen > Sonstiges > Bestelloshop > Publikationen > Natur und Landschaft > Natura 2000).

Die Pläne sind auch eine unverzichtbare Grundlage für Verträge nach der Landschaftspflegeleitlinie (LPR) oder dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA).

6.4 Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung

Die Eingriffsregelung dient dem flächendeckenden Schutz von Natur und Landschaft. Erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft, beispielsweise durch bauliche Anlagen, Verkehrswegebau, Rohstoffgewinnung oder Wasserbau sind vorrangig zu vermeiden. Nicht vermeidbare Beeinträchtigungen sind durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege, sogenannte Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen, oder, soweit dies nicht möglich ist, durch einen Ersatz in Geld zu kompensieren.

Der Vollzug der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung wird mit den gesetzlich vorgeschriebenen Instrumenten des Ökokontos und des Kompensationsverzeichnisses erleichtert. Die Ökokonto-Verordnung (ÖKVO) und die Kompensationsverzeichnis-Verordnung (KompVzVO) sind landesrechtliche Verordnungen, sie traten am 01.04.2011 in Kraft. Ökokonto-Maßnahmen sind vorzeitig durchgeführte Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen, die zu einem späteren Zeitpunkt einem Eingriff zur Kompensation zugeordnet werden können. Sowohl private Grundeigentümer als auch Kommunen können Ökokonto-Maßnahmen umsetzen und ihre freiwillig durchgeführten Maßnahmen z. B. durch Verkauf an Kompensationspflichtige veräußern. Demnach kann ein Landwirt eine Extensivierungsmaßnahme (z. B. Umwandlung von Intensivgrünland in Extensivgrünland) umsetzen, die zu einer Aufwertung des Naturhaushaltes führt. Diese Maßnahme kann er in das Ökokonto einstellen, sofern sie den Vorgaben der ÖKVO entspricht. Einige Jahre später kann er selbst diese Ökokonto-Maßnahme als Kompensationsmaßnahme für einen naturschutzrechtlichen Eingriff einsetzen. Falls er die Maßnahme nicht

selbst für Kompensationszwecke einsetzen möchte, kann er sie an einen anderen Vorhabenträger durch Verkauf weitergeben. Mit der Zuordnung der Ökokonto-Maßnahme zu einem Eingriff geht sie aus der Abteilung Ökokonto in die Abteilung Eingriffskompensation des Kompensationsverzeichnisses über. Damit steht die Maßnahme nicht mehr als Ökokonto-Maßnahme zur Verfügung.

Im elektronisch geführten Kompensationsverzeichnis werden Ökokonto-Maßnahmen und Kompensationsmaßnahmen aufgenommen. Durch das zentrale Verzeichnis ist die Durchführung und Unterhaltung von Kompensationsmaßnahmen transparent. Die mehrfache Zuordnung von naturschutzrechtlichen Maßnahmen zu verschiedenen Eingriffsvorhaben und die anderweitige Überplanung von Kompensationsflächen werden verhindert.

Das Kompensationsverzeichnis mit Ökokonto- und Kompensationsmaßnahmen ist über die Internetauftritte der Stadt- und Landkreise kreisbezogen für die Öffentlichkeit einsehbar. Zur behördeninternen Auswertung steht im UIS-Landesintranet eine landesbezogene Einsicht in das Verzeichnis zur Verfügung. Eine Auswertemöglichkeit stellt die Auswahlliste von Eingriffsarten zur näheren Identifikation von Eingriffsvorhaben der KompVzVO dar. Abbildung 6.4-1 veranschaulicht die Anzahl an Kompensationsmaßnahmen aufgeteilt nach Art der Eingriffsvorhaben, denen die Maßnahmen zu Kompensationszwecken zugeordnet wurden. Es sind sämtliche Vorhaben mit Zulassungsdatum ab 01.04.2011 (Termin des Inkrafttretens der Kompensationsverzeichnis-Verordnung) bis zum 13.02.2012 berücksichtigt.

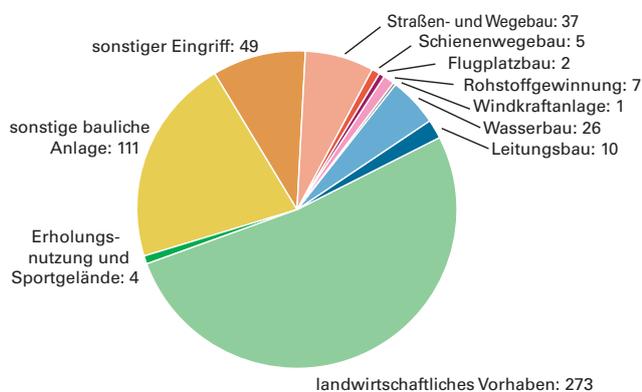


Abb. 6.4-1: Anzahl an Kompensationsmaßnahmen aufgeteilt nach Art der Eingriffsvorhaben in Baden-Württemberg. Quelle: UM, LUBW, UIS-Berichtssystem. Stand: Februar 2012

6.5 Medienübergreifende Umweltbeobachtung

Die Ursachen von Umweltveränderungen und -belastungen sind häufig vielfältig und meist nicht auf einzelne Umweltkompartimente (Boden, Wasser, Luft) beschränkt. So muss die Ursachenermittlung und -bewertung sinnvollerweise einem medienübergreifenden Ansatz folgen. Die Dauerbeobachtungsflächen und -standorte der medienübergreifenden Umweltbeobachtung tragen maßgeblich zur Behandlung der vier nachfolgend aufgeführten Schwerpunktthemen bei:

- Wirkungen von Klimaveränderungen und Anpassungen der belebten Umwelt (z. B. wärmeliebende Insekten, Flechten),
- Toxizität und Anreicherung chemischer Stoffe in der Umwelt (z. B. Schwermetalle, organische Schadstoffe),
- Wirkungen des Einsatzes neuer Technologien auf die Umwelt (z. B. Gentechnik, Nanotechnologie),
- Analyse und Bewertung des Stoffhaushaltes ausgewählter Umweltschadstoffe (z. B. Eutrophierung aufgrund von Stickstoffeinträgen).

6.5.1 Flechten

Flechten sind als wechselfeuchte Organismen ohne Abschlussgewebe den atmosphärischen Einflüssen von Luftfeuchte und Luftinhaltsstoffen, z. B. Schwefeldioxid (SO₂), direkt ausgeliefert. Daher gelten insbesondere borkenbesiedelnde epiphytische Flechten als Indikatoren für die Luftgüte an einem Standort.

In den 1980er Jahren war aufgrund der hohen Schwefeldioxidbelastung der Luft die säuretolerante Krustenflechte (*Lecanora conizaeoides*) (Abb. 6.5-1) in den von sauren Depo-



Abb. 6.5-1: Die säure- und schwefeldioxidtolerante Flechte *Lecanora conizaeoides* (Stapper, N., 2010).

sitionen besonders betroffenen Gebieten oft die einzige Flechte, die überleben konnte.

Diese Flechtenart ist in ganz Baden-Württemberg seit Mitte der 1990er Jahre auf dem Rückzug [LUBW 2010].

Die Anzahl aller gefundenen Flechtenarten in den Wald-Dauerbeobachtungsflächen der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW hat im Laufe der Jahre stetig zugenommen. Insbesondere ist eine Zunahme von seltenen Arten in diesem Zeitraum zu verzeichnen; darunter zehn Arten, die als „vom Aussterben bedroht“ gelten. Eine Art, *Lecidea mylanderi*, galt bislang sogar als „ausgestorben oder verschollen“ [LUBW 2010]. Untersuchungen aus anderen Bundesländern zeigen, dass die Artenzahl im Offenland ebenfalls zunimmt [DE BRUYN ET AL. 2009].

Auch die Zahl der wärmeliebenden Flechtenarten hat sich seit 1996 erhöht. Von Bedeutung für das Vorkommen wärmeliebender Flechten sind weniger die erhöhten Sommertemperaturen als vielmehr die Erhöhung der Wintertemperaturen und damit einhergehend die geringere Zahl an Frosttagen [LUBW 2010].

Seit Langem schon werden epiphytische Flechten zur Beurteilung von Immissionseinwirkungen im Wald verwendet. Ergänzend zu den bisherigen Flechtenkartierungen wurde 2009 eine Methode des Level-II-Verfahrens [STOFER ET AL. 2003] übernommen und die Ergebnisse mit denen aus früheren Untersuchungen verglichen. Grundlage für die Einstufung in eine der vier Bonitätsstufen ist die Gesamtartenzahl am Baumstamm vorkommender Flechtenarten, abzüglich resistenter Arten mit unspezifischen Standortansprüchen. Die über die Artenzahl ermittelten Bonitätsstufen ergeben gegenüber 2002 für 2009 eine Verbesserung an 60 % aller kontinuierlich untersuchten Standorte. Eine Verschlechterung konnte an keiner Fläche festgestellt werden. 2009 zeigte erstmals kein Standort die schlechteste Bonitätsstufe (Abb. 6.5-2).

6.5.2 Vegetationsentwicklung im extensiv genutzten Grünland

Seit über 20 Jahren werden auf 18 Dauerbeobachtungsflächen im Grünland Veränderungen der Vegetation und der stofflichen Belastungen fortschreitend dokumentiert und bewertet. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Ableitung von Zeitreihen zum Zustand des Naturhaushaltes sowie zur regionalen Differenzierung der Belastungssituation durch luftgetragene Schadstoffe. Bei der Bearbeitung 2010

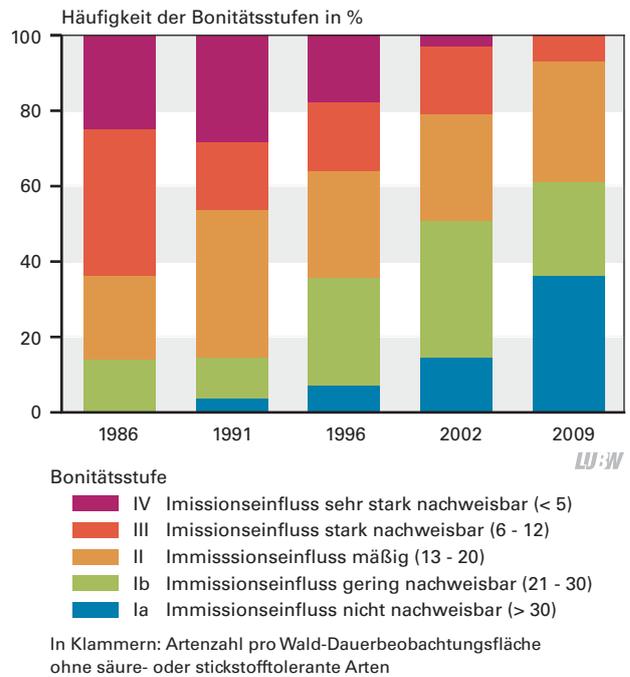


Abb. 6.5-2: Zeitliche Veränderung der Flechten-Bonitätsstufen zwischen 1986 und 2009 in den Wald-Dauerbeobachtungsflächen der LUBW in Baden-Württemberg [LUBW 2010].

wurden u. a. das Artenspektrum und die Sukzession sowie pflanzensoziologische Aspekte erfasst und eine vergleichende Bewertung mittels der Zeigerwerte nach Ellenberg durchgeführt [ELLENBERG ET AL. 1992]. Die ökologischen Zeigerwerte klassifizieren mitteleuropäische Pflanzenarten nach ihrem ökologischen „Verhalten“ und botanischen Eigenschaften. Umgekehrt lässt sich ein Standort über das Vorkommen bestimmter Pflanzenarten charakterisieren. Für Licht, Temperatur, Kontinentalität, Reaktion, Feuchte und Stickstoff haben die Pflanzen Bewertungszahlen zwischen 1 und 9.

Die Vegetation der Dauerbeobachtungsflächen weist zwischen 1988 und 2010 an vier Flächen erhebliche, an neun Flächen mäßige und an fünf Flächen geringe Änderungen auf. Die hohe Anzahl von Magerkeitszeigern (Stickstoffzahl 1,2 nach Ellenberg 1992) sowie der sehr geringe Anteil von Nährstoffzeigern, welche hohe Stickstoffkonzentrationen tolerieren, lassen, gemeinsam mit den Analysedaten 1999 und 2010, eine erhöhte Stickstoffdeposition aus der Luft unwahrscheinlich erscheinen. Am auffälligsten ist die Zunahme der Magerkeitszeiger Breitblättriger Thymian (*Thymus pulegioides*), Echter Schaf-Schwengel (*Festuca ovina*) und Kleines Habichtskraut (*Hieracium pilosella*). Diese Entwicklung hatte sich schon 2003 und 2006 abgezeichnet.

Trockenheits- und Hitzephasen in den Jahren 2003 bis 2010 führten zu einem deutlichen Rückgang der Boden-

deckung mit Moosen. Insbesondere haben die Moosarten Zypressenschlafmoos (*Hypnum cupressiforme*), Zartes Thuja- moos (*Thuidium delicatulum*) und Sparriges Kranzmoos (*Rhytidiadelphus squarrosus*) deutlich abgenommen.

6.5.3 Kontrolle auf gentechnisch veränderte Organismen

Derzeit findet in Baden-Württemberg kein Anbau von gentechnisch veränderten Organismen statt. Es gab jedoch 1997 und 1998 Freisetzungstudien mit transgenem Raps auf einem Feld im Landkreis Schwäbisch Hall. Da Rapsamen im Boden bis zu 20 Jahre überdauern können, wurde von der LUBW am Rand der ehemaligen Anbaufläche nach transgenen Rapspflanzen gesucht. Auch in der Nähe des Feldes vorkommende Kreuzblüter wurden auf eine Einkreuzung von veränderten Gensequenzen aus dem Raps untersucht. Die Untersuchungen erfolgten in den Jahren 2009 und 2011. Transgener Raps und veränderte Gensequenzen in verwandten Kreuzblütern wurden nicht nachgewiesen.

Eine weitere Quelle für die Ausbreitung derartiger Pflanzen stellt der Import von gentechnisch verändertem oder kontaminiertem Saatgut dar. Beim Verladen oder beim Transport fallen häufig Samen ins Freie und keimen dort aus. So sind im Bereich von Ölmühlen sowie an Schiffs- und Bahnverladestellen regelmäßig größere Populationen von wild wachsendem Raps zu finden (Abb. 6.5-3). In den Jahren 2009 und 2011 wurden an insgesamt 67 Standorten im Umfeld von Verlade- und Verarbeitungsstellen wild wachsende Rapspopulationen mit teilweise mehr als 100 Einzelpflanzen untersucht. In keiner dieser Proben wurde gentechnisch veränderter Raps festgestellt. Auch die untersuchten Kreuzblüter lieferten keinen Hinweis auf eine Einkreuzung veränderter Gensequenzen.

6.5.4 Gebietsfremde Arten in Fließgewässern

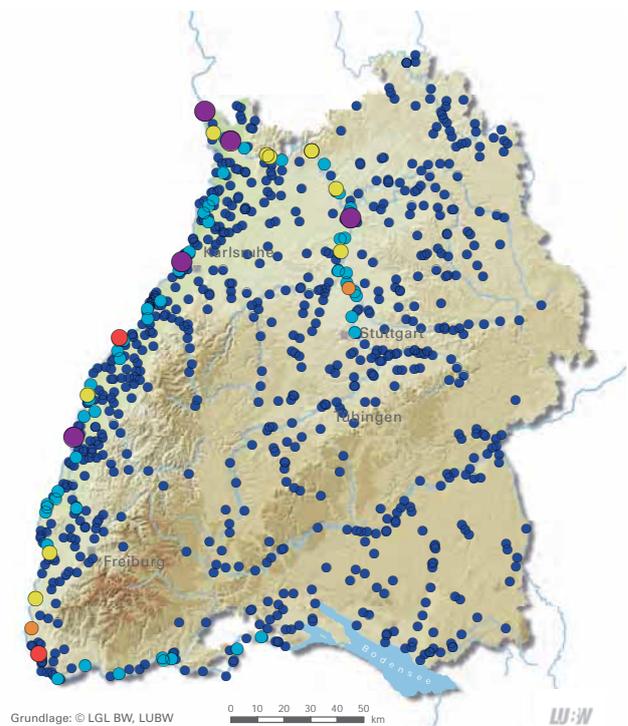
Gebietsfremde Tierarten (*Neozoa*), vor allem Schnecken, Muscheln und Krebstiere, können durch ihr expansives Auftreten einheimische Arten verdrängen. Festsitzende filternde Organismen wie z. B. Dreikantmuscheln richten durch Verstopfen von Rohrleitungen volkswirtschaftlichen Schaden an. Aus den Fließgewässern Baden-Württembergs sind durch Nachweise aus verschiedenen Messnetzen insgesamt 37 gebietsfremde, wirbellose Tiere bekannt. Diese Neozoa stammen vom amerikanischen Kontinent, aus dem Balkanraum, aus Südostasien oder dem Mittelmeergebiet



Abb. 6.5-3: Rapsaufwuchs nahe Verladestation im Industriehafen Mannheim (LUBW, 2009).

und haben sich in den Gewässern zum Teil massiv ausgebreitet. Besonders die großen schiffbaren Gewässer sind betroffen (Abb. 6.5-4) und weisen den größten Artenreichtum an Neozoa auf. Die an den Probestellen an Rhein und Neckar gefundenen Individuen sind inzwischen bis zu 80 % Neozoa.

Der infolge der Anbindung der Donau an das Main-Rheinsystem verursachte Faunenaustausch ist zur Zeit die stärkste Quelle für den biozönotischen Wandel in großen Fließgewässern. Auch der Aquarienhandel sorgt für zahlreiche Einträge von neuen Tierarten in Gewässer, insbesondere



Artenzahl		
● 1 - 5	● 11 - 15	● 21 - 25
● 6 - 10	● 16 - 20	● 26 - 30

Abb. 6.5-4: Neozoa-Artenzahlen von 759 Probestellen an Fließgewässern Baden-Württembergs. Stand: 2008

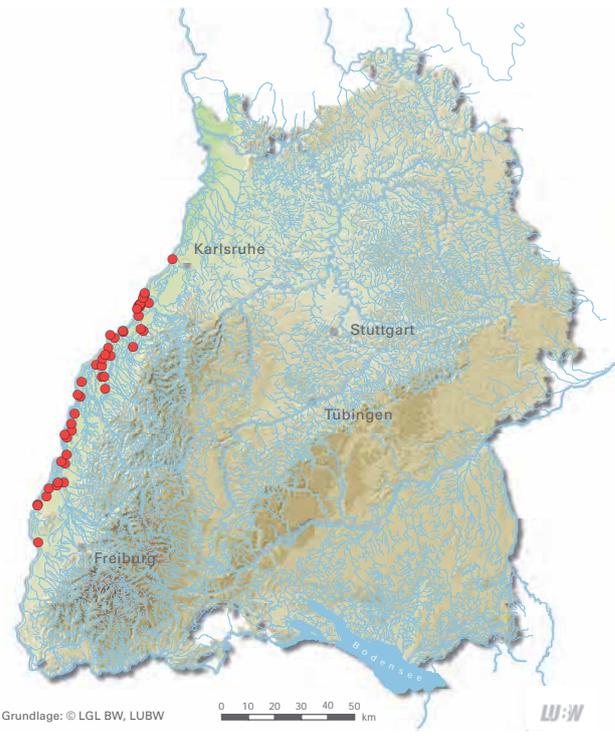
großer Flusskrebse aus Nordamerika. Der Kalikokrebs (*Orconectes immunis*) mit 10 bis 12 cm Länge (Abb. 6.5-5) wurde erstmals Mitte der 1990er Jahre auf der Höhe von Rastatt in der Oberrheinebene gesichtet. Er hat sich inzwischen von dort flussauf- und -abwärts über mehr als 100 km entlang des Rheins ausgebreitet. Er lebt in Wohnröhren in Uferböschungen von Flüssen und Altarmen und kann dort auch längere Trockenphasen gut überstehen. Seine Eigenart, bei feuchter Witterung größere Strecken über Land zurückzulegen, ermöglicht ihm die rasche Ausbreitung. Seine zeitige Fortpflanzung und das rasche Wachstum der Jugendstadien machten ihn zum Hauptkonkurrenten des bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts bei uns aus Nordamerika eingeführten Kamberkrebse (*Orconectes limosus*), dessen Bestände im Revier des Kalikokrebse erheblich zurückgehen. Alle aus Nordamerika eingeführten Flusskrebsearten gelten als Überträger der Krebspest, einem pilzähnlichen Parasiten, sind selbst jedoch gegen den Erreger immun. Die Krebspest hat zum Ende des 19. Jahrhunderts große Bestände des einheimischen Edelkrebse (*Astacus astacus*) zum Erliegen gebracht.

Der mit unseren einheimischen Bachflohkrebsen verwandte Igelflohkrebs (*Echinogammaris berillioni*) lebt seit den 1930er Jahren in einem begrenzten Areal in der mittleren Oberrheinebene (Abb. 6.5-6) und hat, anders als die nordamerikanischen Flusskrebse, keinen nachhaltigen Verdrängungseffekt auf seine nächsten Verwandten.

Die Ausbreitung von Neozoa und Bestandsänderungen einheimischer Tierarten in Fließgewässern werden im Rahmen des Langzeitmonitorings aquatischer Lebensgemeinschaften weiter regelmäßig beobachtet [LUBW 2012a, LUBW 2012b].



Abb. 6.5-5: Kalikokrebs (*Orconectes immunis*) (Marten, M., 2011)



● Igelflohkrebs, (*Echinogammaris berillioni*)

Abb. 6.5-6: Verbreitung des Igelflohkrebse (*Echinogammaris berillioni*) in Baden-Württemberg. Stand: 2008

6.5.5 Monitoring organischer Schadstoffe in Wanderfalkeneiern

Wanderfalkeneier reichern schwer abbaubare, organische Schadstoffe (persistent organic pollutants – POP) besonders an. Die Messungen dieser POPs in abgestorbenen Resteiern dienen in Baden-Württemberg zur Überwachung der 2004 beschlossenen „Stockholmer Konvention“. Diese wurde seither auf 22 Stoffe und Stoffgruppen ausgeweitet und regelt das Verbot der Produktion und die Verwendung bzw. den auf spezielle Anwendungen beschränkten Einsatz dieser Stoffe [SCS 2012]. POPs wirken toxisch auf Mensch und Tier. Sie überdauern jahrelang in der Umwelt, unterliegen einem globalen Ferntransport über Bodenpartikel, Gewässer und Luft und reichern sich im Fettgewebe von Lebewesen an, wobei die Konzentration mit der Stellung in der Nahrungskette ansteigt.

Mit dem Monitoring von Schadstoffen in Falkeneiern wird die Anreicherung von schwer abbaubaren, organischen Schadstoffen im Ökosystem beobachtet. In einem Screening-Programm wurden in den letzten Jahren über 130 Stoffe untersucht. Ziel ist die Erweiterung der Kenntnisse zu ihrer Verbreitung und ihren toxischen Wirkungen sowie das Auffinden neuer kritischer Schadstoffe. Ein weiterer

Schwerpunkt der Untersuchungen ist das Aufzeigen der zeitlichen Entwicklung dieser Schadstoffe in Wanderfalkeneiern. Während nicht alle einzelnen POPs nachgewiesen werden konnten, traten aber alle Stoffgruppen der „Stockholmer Konvention“ [SCS 2012] auch in Wanderfalkeneiern auf:

- Organochlorpestizide (z. B. DDE und DDT),
- Polychlorierte Biphenyle und Dibenzo-Dioxine/Furane (PCB und PCDD/F),
- Polybromierte Flammschutzmittel wie Diphenylether (PBDE) und Tetrabrombisphenol A (TBBA) sowie Hexabromcyclododecan (HBCD),
- Perfluorverbindungen mit Perfluoroctansulfonat (PFOS) als wichtigstem Vertreter, der seit 2009 auch unter das POP-Verbot fällt,
- Methylquecksilber (MeHg) [LAMMEL 2011].

Am Beispiel des DDE, einem Abbauprodukt des Pestizids DDT, lässt sich die Abnahme der Belastung seit den 1980er Jahren in den Wanderfalkeneiern beobachten (Abb. 6.5-7). Parallel mit diesem Abklingen der Belastung gingen die Stoffwechselstörungen bei den Vögeln zurück. DDE führt z. B. über eine Störung des Kalziumstoffwechsels zur Ausdünnung der Eischalen, die unter dem Gewicht der brütenden Elterntiere zerbrechen können. Der Wanderfalk war in den meisten Gegenden Deutschlands ausgestorben. Auch in Baden-Württemberg waren nur noch einzelne Brutpaare zu verzeichnen. Inzwischen hat sich seine Population in Baden-Württemberg wieder erholt. Jedoch konn-

ten die Organohalogengehalte in den Vogeleiern bislang nicht auf ein unbedenkliches Maß reduziert werden. So stagniert in Wanderfalkeneiern die Konzentration an DDE seit 20 Jahren auf einem hohen Niveau von 10 µg/g Trockensubstanz (TS). Dieser Wert liegt mehr als 100fach über dem Grenzwert von 0,1 µg/g für Hühnereier. Landesweit betrachtet ist die Höhenlage des Horststandortes eine Einflussgröße für die Größe der DDE-Belastung. Der Einfluss der Höhenlage auf die Konzentration in den Eiern deutet auf einen Ferntransport der Schadstoffe und den Kühlfalleneffekt als Ursache für die Belastung hin. Unter dem Kühlfalleneffekt versteht man die vermehrte Einlagerung von Schadstoffen in das Bindegewebe von Tieren bei niedrigen Temperaturen. Davon sind auch die Beutetiere der Wanderfalken betroffen. Als weitere Ursache für erhöhte DDE- und PCB-Gehalte ist die Nähe zu Ballungsgebieten zu berücksichtigen.

Noch gravierender sind die Gehalte an dioxinartig wirkenden Polychlorierten Biphenylen (dl-PCB) zu bewerten. Polychlorierte Biphenyle schädigen als komplexe Mischung die Leber, das Hormonsystem und Embryonen. Seit zehn Jahren unverändert erreichen sie in Wanderfalkeneiern die kritische Wirkschwelle und überschreiten diese teilweise um das Fünffache [EU 2006; v.D. TRENCK ET AL. 2007; 2008]. Die Schalendicke der Eier von 2001 bis 2009 korrelierte weder mit den PCB- noch den DDE-Gehalten, wohl aber mit Methylquecksilber, das die Negativliste unter den Schadstoffen anführt [SCHWARZ 2010]. Methylquecksilber wirkt neuro- und embryotoxisch, stört die hormonelle Regulation und führte bei Ibissen in kontrollierten Fütterungsversuchen zu homosexuellem Paarungsverhalten und vermindertem Bruterfolg bei einer Wirkschwelle von 0,12 ppm im Ei [FREDERICK, JAYASENA 2010]. Diese Konzentration wird von allen Wanderfalkeneiern überschritten, im Einzelfall bis zu 25-fach.

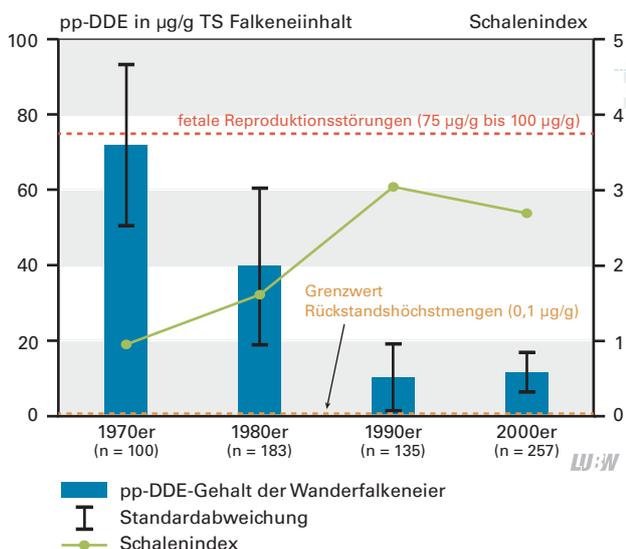


Abb. 6.5-7: pp-DDE in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg und Schalenindex als Maß für die Stabilität der Eischale. In Klammern: Untersuchte Eier pro Dekade. Stand: 2009

6.6 Wald

Baden-Württemberg weist eine Waldfläche von etwa 1,4 Mio. ha auf, das sind 38 % der Landesfläche. Das Land zählt damit zu den walddreichen Bundesländern. 38 % des Waldes sind im Eigentum der Städte und Gemeinden (Körperschaften), der Privatwald macht 37 % der Gesamtwaldfläche aus. 24 % gehören als Staatswald dem Land Baden-Württemberg und 1 % der Bundesrepublik Deutschland.

Die Waldfläche hat von 1953 bis 2010 um rund 140 000 ha zugenommen. Dieser Prozess hat sich in den letzten Jahren verlangsamt. Von 2001 bis 2009 wuchs die Waldfläche noch um 12 000 ha. Vor allem in den walddreichen Landesteilen ist die Waldfläche durch Neuaufforstungen und natürliche Wiederbewaldung auf ehemals landwirtschaftlichen Flächen stetig größer geworden. In den relativ walddarmen Verdichtungsräumen sind durch Siedlungs- und Verkehrsentwicklung dagegen die größten Waldverluste zu verzeichnen.

6.6.1 Schutz- und Erholungsfunktionen von Wäldern

Der Wald erfüllt verschiedenartige Schutzfunktionen und ist Ort der Erholung und Freizeitgestaltung. Die Schutzfunktionen umfassen z. B. Naturschutz-, Bodenschutz- und Wasserschutzfunktionen. Vielfach erfüllt Wald auf derselben Fläche mehrere Funktionen gleichzeitig.

Die Wälder haben eine große Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. Ihre Großflächigkeit und die naturnahe Bewirtschaftung haben sie zu Rückzugsstätten und Lebensräumen für viele Tier- und Pflanzenarten gemacht. Landesweit unterliegt rund ein Viertel der Waldfläche einer naturschutzrechtlichen Zweckbindung (Tab. 6.6-1).

Waldschutzgebiete dienen dem Schutz bestimmter Waldgesellschaften und der Forschung. Sie sollen langfristig 2 % der Gesamtwaldfläche umfassen, wobei eine repräsentative Verteilung auf die Großlandschaften Baden-Württembergs angestrebt wird. In Bannwäldern ruht jegliche forstliche Bewirtschaftung, in Schonwäldern orientiert sich die Pflege am Schutzzweck.

Die Waldbiotope sind die bedeutsamsten Naturschutzflächen im Wald. Sie haben einen Anteil von rund 6 % an der Landeswaldfläche. Die Waldbiotopkartierung wird laufend aktualisiert und bildet mit ihrem Datenpool eine wichtige Basis der naturschutzfachlichen Planung.

Rund zwei Drittel der als FFH-Gebiete ausgewiesenen Flächen sind Wald, das sind 256 240 ha. Die großflächigen Buchenwald-Lebensraumtypen bilden mit 75 960 ha und einem Flächenanteil von 88 % an den Wald-Lebensraumtypen einen deutlichen Schwerpunkt innerhalb der FFH-Gebiete. Die kleinflächigen Wald-Lebensraumtypen wie Hang- und Schluchtwälder, Eichen-Hainbuchen-Wälder oder Erlen-Eschen-Wälder auf 15 469 ha sind aufgrund ihrer geringeren natürlichen Vorkommen seltener.

Mit dem 2010 für den Staatswald verbindlich eingeführten Alt- und Totholzkonzept wird für die Zukunft sichergestellt, dass im Rahmen der naturnahen Waldbewirtschaftung vermehrt Waldflächen der natürlichen Alterung bis zum Zerfall überlassen werden. Habitatbaumgruppen (ca. 7 bis 15 Bäume) und Waldrefugien (auf Dauer aus der Bewirtschaftung genommene Waldflächen von mindestens 1 ha Größe) bieten Lebensraum für Arten, die auf sehr alte Bäume und große Totholzmassen angewiesen sind.

Tab. 6.6-1: Geschützte und naturschutzwichtige Waldflächen. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Stand: 2011

Schutzkategorie		Waldfläche in ha	Anteil am Gesamtwald ¹⁾ in %
Wald nach § 32 Landeswaldgesetz	Bannwald ²⁾	6 279	0,6
	Schonwald	18 211	1,3
Wald in Schutzgebieten nach Naturschutzgesetz	Wald in Kernzone Biosphärengebiet (Bannwald gleichgestellt) ²⁾	2 564	0,2
	Wald in Naturschutzgebieten ²⁾	42 641	3,1
	Wald in Landschaftsschutzgebieten	440 295	31,6
Waldbiotope	Wald in Naturparks	653 384	46,8
	Waldbiotope nach § 32 Naturschutzgesetz ²⁾	40 140	2,9
	Waldbiotope nach § 30a Landeswaldgesetz	20 429	1,5
Natura 2000-Gebiete	sonstige seltene Waldbiotope	22 284	1,6
	FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete (überlagerungsbereinigt)	371 924	26,7
Summe naturschutzwichtiger Flächen im Wald (überlagerungsbereinigt)²⁾		1 002 318	71,9

1) Gesamtwaldfläche in Baden-Württemberg: 1 395 400 ha

2) Naturschutzwichtige Flächen im Wald

Die Zerschneidung zusammenhängender Waldflächen durch Straßen-, Schienen- und Leitungstrassen in immer kleinere Einheiten führt zu Beeinträchtigungen der Wald-ökosysteme. Der 2010 von der Landesregierung beschlossene Generalwildwegeplan erfasst die Kernlebensräume für Wildtiere und die Ausbreitungsachsen (Wildtierkorridore) für Tiere mit hohen Raumansprüchen wie z. B. Wildkatze oder Luchs. Die Umsetzung des Generalwildwegeplans dient der Erhaltung und der Entwicklung der Kernlebensräume und ihrer Verbindungselemente und fördert damit die Biodiversität und Anpassungsfähigkeit von Waldökosystemen.

Wälder erfüllen weitere vielfältige Schutzfunktionen (Abb. 6.6-1). So schützt z. B. der Bodenschutzwald seinen Standort sowie benachbarte Flächen vor den Auswirkungen von Wasser- und Winderosion, Steinschlag, Rutschvorgängen und Bodenkriechen.

Der Wald in Baden-Württemberg kann in kurz- bis mittelfristigen Zeiträumen weiterhin in seiner Funktion als Kohlendioxidsenke genutzt werden. Holz trägt in erheblichem Maße zur Substitution fossiler Energieträger bei und kann in diesem Bereich dauerhaft einen positiven Beitrag zur Kohlendioxidreduktion leisten.

6.6.2 Naturnahe Waldwirtschaft

Das Leitbild der naturnahen Waldwirtschaft ist ein gepflegter Wirtschaftswald, der gleichzeitig, grundsätzlich gleichrangig und dauerhaft seine Schutz- und Erholungsfunktionen erfüllt. Eine ausreichende ökologische und

physikalische Stabilität der Wälder ist dabei auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Grundvoraussetzung.

Bei der zweiten Bundeswaldinventur (www.bundeswaldinventur.de) wurden 48,5 % der Wälder in Baden-Württemberg als „naturnah“ und „sehr naturnah“ eingestuft. Das ist der höchste Wert im gesamten Bundesgebiet. Die Anteile der für den Naturschutz wichtigen alten Wälder mit Bäumen mit mehr als 50 cm Stammdurchmesser sind stark gestiegen. 43 % der Eichen und Tannen sowie 28 % des Buchenvorrates sind Bäume mit mehr als 50 cm Durchmesser. Die Totholzvorräte im Wald, Lebensräume für spezielle Tier- und Pflanzenarten, erreichen einen Durchschnittswert von 19,1 m³/ha.

Der Anteil der Laubbäume an der Gesamtwaldfläche liegt im Staatswald Baden-Württemberg bei 47 %, der Fichtenanteil ist auf 34 % zurückgegangen. Das derzeitige Verhältnis von Laub- zu Nadelbaumarten liegt auf einem ähnlichen Niveau wie im Jahr 1900 und damit schon relativ nahe an dem nach der langfristigen Baumartenplanung bisher angestrebten Ziel, einer Relation von 50:50 (Abb. 6.6-2).

Die jungen Wälder von heute sind zu 87 % natürlich, also aus Naturverjüngung, entstanden. Die junge Waldgeneration mit Bäumen bis zu vier Meter Höhe nimmt 28 % der Waldfläche ein. Rund 80 % dieser jungen Wälder wachsen dabei nicht auf Kahlfächen, sondern unter dem schützenden Kronendach der alten Bäume. Dadurch entstehen stufige und strukturreiche Wälder, ein Plus für die ökolo-

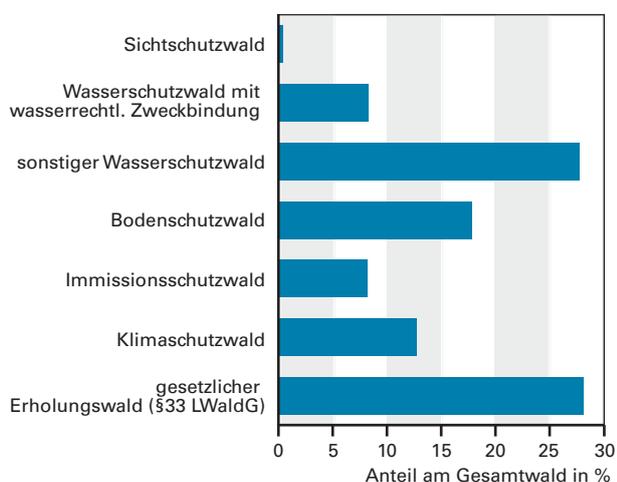


Abb. 6.6-1: Anteile Schutz- und Erholungswald an der Gesamtwaldfläche. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Stand: 2011

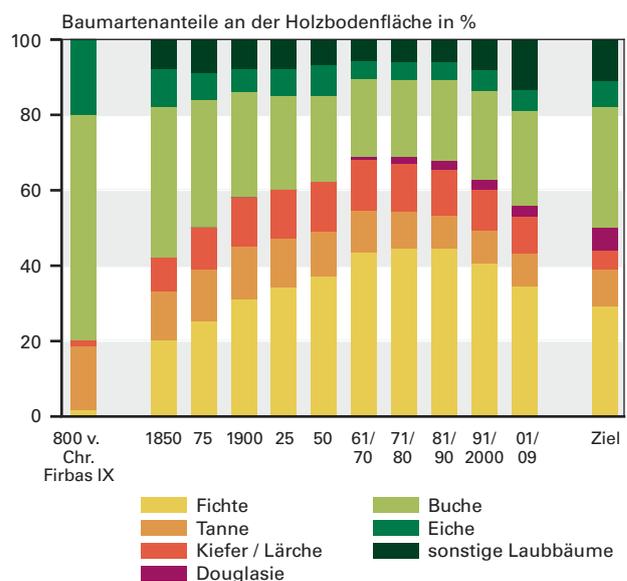


Abb.6.6-2: Baumartenentwicklung im Staatswald Baden-Württemberg nach FE-Statistik, FoFIS Standardbericht Baumarten 2001 bis 2010. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Stand: 2011

gischen und gesellschaftlichen Wirkungen (z. B. Erholungsfunktion) des Waldes.

Mit einer Zertifizierung der nachhaltigen Waldwirtschaft verpflichtet sich ein Forstbetrieb, bei seiner Produktion bestimmte Qualitäts- oder Umweltstandards einzuhalten. Diese Verpflichtung wird mit einem Zertifikat dokumentiert und von einer unabhängigen Stelle überprüft. Um dem Endverbraucher nachzuweisen, dass Holzprodukte aus zertifizierten Wäldern stammen, ist die Dokumentation der gesamten Verarbeitungskette des Holzes notwendig. Daher wurden in den vergangenen Jahren auch in Europa und in Deutschland große Waldflächen zertifiziert. Im Jahr 2010 waren es in Baden-Württemberg rund 82 % der Waldfläche. Rund 1,1 Mio. ha Wald sind nach dem Zertifizierungssystem „Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)“ und rund 36 500 ha Wald nach dem Zertifizierungssystem „Forest Stewardship Council (FSC)“ zertifiziert. PEFC und FSC sind bezüglich ihrer hohen ökologischen Anforderungen und Standards vergleichbar.

6.6.3 Gesundheitszustand der Wälder

Der Waldzustand in Baden-Württemberg hat sich seit zwei Jahren verbessert, nachdem im Jahr 2003 infolge extremer Trockenheit die höchsten Nadel- bzw. Blattverluste seit dem Beginn der Beobachtungen im Juli 1983 zu verzeichnen waren. Der mittlere Nadel- bzw. Blattverlust aller Bäume verringerte sich in den letzten beiden Jahren leicht um 1,4 % auf 21,1 %. Diese Verbesserung des Gesundheitszustands der Wälder ist sowohl auf die abnehmende Schadstoffbelastung aus der Luft als auch auf die günstigen Witterungsbedingungen in der zweiten Jahreshälfte 2011 zurückzuführen. Insgesamt 33 % der Waldfläche gelten aber weiterhin als deutlich geschädigt (Abb. 6.6-3).

Die Entwicklung des Kronenzustands ist baumartenspezifisch unterschiedlich. Der Kronenzustand der Fichte hat sich in den letzten vier Jahren deutlich verbessert. Mit 16,3 % Nadelverlust weist die Fichte im Jahr 2011 den geringsten Schädigungsgrad unter den Hauptbaumarten auf. Tanne und Kiefer zeigen mit geringeren zeitlichen Schwankungen als Fichte ein konstant höheres Schadensniveau mit Nadelverlustwerten um 23 %. Eiche und Buche weisen mit Blattverlusten von 25 % bzw. 31,5 % wesentlich höhere Schädigungsgrade auf. Der hohe Blattverlust der Buche wird im Jahr 2011 maßgeblich durch die starke Fruchtaus-

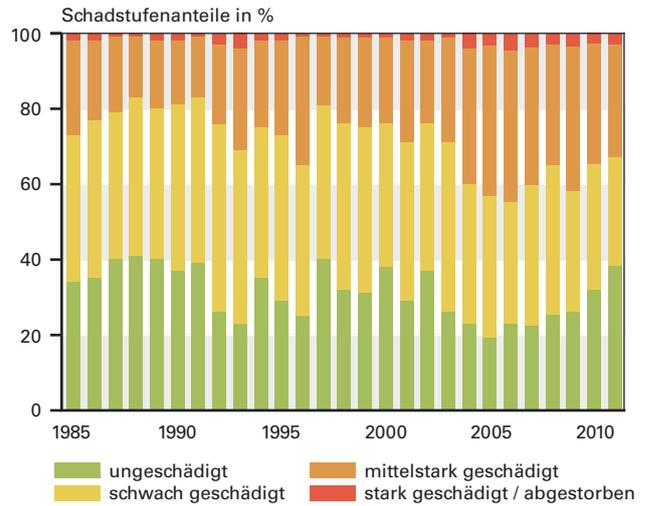


Abb.6.6-3: Entwicklung der Schadstufenanteile in Wäldern Baden-Württembergs. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Stand: 2011

bildung dieser Baumart beeinflusst. Intensität und Häufigkeit der Fruktifikation haben bei der Buche in den vergangenen 20 Jahren kontinuierlich zugenommen (Abb. 6.6-4). Dies kann als Notreaktion auf häufigere Trockenphasen gedeutet und damit als indirekte Reaktion auf den Klimawandel aufgefasst werden.

Häufigere Klimaextreme, wie Sturmereignisse, Temperaturextreme, Veränderung der Vegetationsperioden und Verschiebung der jährlichen Niederschlagsmengen wirken sich direkt auf die Wasser- und Nährstoffversorgung der Waldökosysteme aus. Sie belasten die Vitalität der Bäume und machen sie anfälliger für Folgeschäden durch z. B. Schadinsekten. Vorbelastungen durch den „Sauren Regen“ führen zu einer Flachgründigkeit des Wurzelwerks und da-

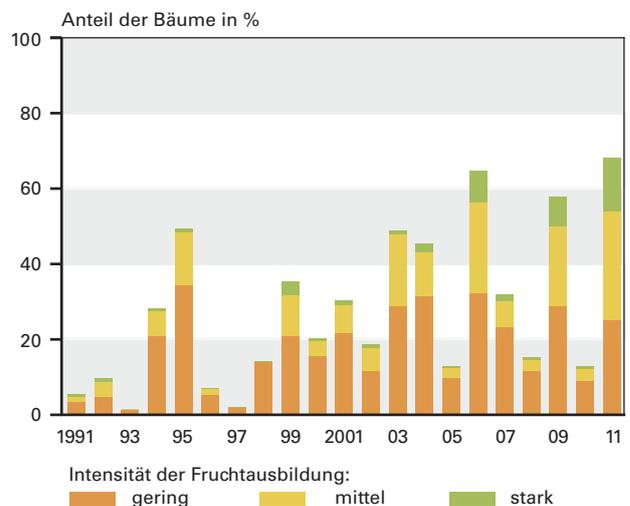


Abb. 6.6-4: Entwicklung der Intensität der Fruchtausbildung bei der Buche von 1991 bis 2011. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Stand: 2011

mit zu einer besonderen Anfälligkeit, z. B. in Trockenperioden wie 2003.

Hauptursache für die Schädigung von Wäldern und ihren ökosystemaren Funktionen waren und sind Einträge von Säuren und Stickstoff mit dem Regen. Zum Schutz der Bodenqualität wurden deshalb seit 1984 über alle Waldbesitzarten hinweg schwerpunktmäßig Bodenschutzkalkungen mit dem Ziel durchgeführt, die aktuellen Säureeinträge zu neutralisieren und so einer weiteren Bodenversauerung und dem irreversiblen Verlust von Bodenqualität entgegen zu wirken. Nachdem die aktuellen Säureeinträge großflächig auf ein ökosystemverträgliches Maß zurückgegangen

sind, kann allmählich durch die Bodenschutzkalkung die natürliche, chemische Bodenbeschaffenheit wiederhergestellt werden.

Das Forstliche Umweltmonitoring wurde Anfang der 1980er Jahre aufgebaut, um den Einfluss von Luftschadstoffen auf die Wälder zu untersuchen (www.fva-bw.de). Die Befunde des Forstlichen Umweltmonitorings bilden die wissenschaftliche Grundlage zur Einleitung und Steuerung von Kompensationsmaßnahmen im Wald (z. B. Bodenschutzkalkung) und für Waldumbaumaßnahmen in Richtung standortgerechter Laubbaumarten.

7 Lärm

Das Wichtigste in Kürze

Hauptlärmquelle in Baden-Württemberg ist der Straßenverkehr. Er hat großen Anteil daran, dass weite Teile der Landesfläche nicht mehr als „ruhig“ bezeichnet werden können. Daneben zählen in Baden-Württemberg der Schienen- und Flugverkehr sowie laute Nachbarn zu den Lärmquellen, die die Anwohner am meisten beeinträchtigen.

Durch die **Lärmkartierung** im Rahmen der Umsetzung der ersten Stufe der EU-Umgebungslärmrichtlinie im Jahr 2007 liegen für Baden-Württemberg umfangreiche Daten über die Belastung der Bevölkerung durch Umgebungslärm vor. Daraus werden Lärmminde-
rungsstrategien in Form von Aktionsplänen abgeleitet. Insgesamt haben bis Mitte 2012 in Baden-Württemberg rund 50 Gemeinden Lärmaktionspläne erstellt.

Im Jahr 2012 erfolgte die zweite Stufe der Kartierung des Umgebungslärms, durch die in erheblich erweitertem Umfang zusätzliche Straßen, Schienenwege und Ballungsräume erfasst und auch die Aktionsplanungen erweitert wurden.

Als Lärm werden alle Geräuscheinwirkungen bezeichnet, die von Betroffenen als unerwünscht oder belästigend empfunden werden. In der Wahrnehmung ist also eine individuelle Bewertung enthalten. Messtechnisch wird versucht, Lärm mithilfe des Schallpegels objektiv zu erfassen und darzustellen. Der Schallpegel wird in Dezibel (A) – kurz dB(A) – angegeben. Diese Messgröße ist dem menschlichen Hörempfinden nachempfunden. Beispiele für die Höhe von Schallpegeln bekannter Geräusche gibt Abbildung 7-1 wieder. Die Spitzenpegel kurzzeitiger Geräusche erreichen teilweise noch höhere Werte, als es die abgebildete Skala zeigt. Neben dem Schallpegel wirkt sich auch die Dauer der Einwirkung aus.

Hohe Lärmimmissionen mindern die Lebensqualität der Betroffenen und können auch gesundheitliche Risiken zur Folge haben. Daher ist es Ziel, vorhandene Belastungen zu senken und ruhige Gebiete vor Verlärmung zu schützen. Nachgewiesene Lärmwirkungen sind beispielsweise Herz-Kreislauferkrankungen, erhöhtes Herzinfarkttrisiko, Schlafstörungen, Stress, Nervosität, Lern- und Konzentrationsstörungen.

Auch wenn man inzwischen von einer regelrechten „akustischen Verschmutzung der Landschaft“ sprechen kann, so werden durch Lärm keine Umweltmedien oder Ressourcen tatsächlich verschmutzt, im Gegensatz etwa zu Luftverunreinigungen. Die Einwirkungen des Lärms betreffen örtlich und zeitlich klar definierte einzelne regionale Gruppen der Bevölkerung. Die Möglichkeit dem Lärm zu entfliehen führt oft dazu, dass Lärmbelastung auch zu einem sozialen Umweltproblem wird. Dieses wird zwar von allen verursacht, doch muss es mehrheitlich von den finanziell Schwächeren getragen werden (soziale Entmischung).

„Lärm“	Dezibel (A)	„Ruhe“
Trillerpfeife in Ohrnähe - Schmerzgrenze -	120	
Presslufthammer in unmittelbarer Nähe	110	
Kreissäge; übliche Diskothek	100	
Lkw, 1 m Abstand	90	
Pkw, 50 km/h, 1 m Abstand	80	
Staubsauger	70	am fließenden Gebirgsbach
Gespräch	60	Vogelgezwitscher; Meeresrauschen
Leise Musik	50	ruhiges Wohngebiet im Grünen
Kühlschrank	40	
Flüstern	30	
Klick einer PC-Maus in 3 m Entfernung	20	
	10	„Stille“
Hörschwelle	0	

Abb. 7-1: Schallpegel von typischen Geräuschen in Dezibel (A) [FLEISCHER 2000].

7.1 Belästigung durch Lärm

Umfragen in Baden-Württemberg und auf Bundesebene ergaben, dass sich rund 60 % der Bevölkerung durch Lärm in ihrer unmittelbaren Umwelt und Nachbarschaft belästigt fühlen und Lärm ein drängendes lokales Umweltproblem darstellt (Abb. 7.1-1).

Hauptlärmquelle ist der Straßenverkehr. Daneben spielen Schienen- und Flugverkehr sowie laute Nachbarn eine wichtige Rolle. Oft treffen mehrere Lärmquellen zusammen, sodass sich die Belastungssituation für die Betroffenen verschärft. Eine Vielzahl von Verordnungen, Richtlinien und Regelungen haben den Schutz der Menschen vor erheblichen Belästigungen und Gesundheitsgefahren durch Lärm zum Ziel. Dabei wird in aller Regel jede „Lärmart“ separat betrachtet, da es bis heute keine allgemein anerkannte quantitative Gesamtlärbetrachtung gibt.

7.2 Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung

Grundlage der Lärmkartierung ist die EU-Umgebungslärmrichtlinie, welche durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (§§ 47a ff BImSchG) und die Verordnung über die Lärmkartierung (34. BImSchV) in nationales Recht überführt wurde. Sie hat zum Ziel, den Umgebungslärm und somit die Lärmbelastung der Bevölkerung zu reduzieren.

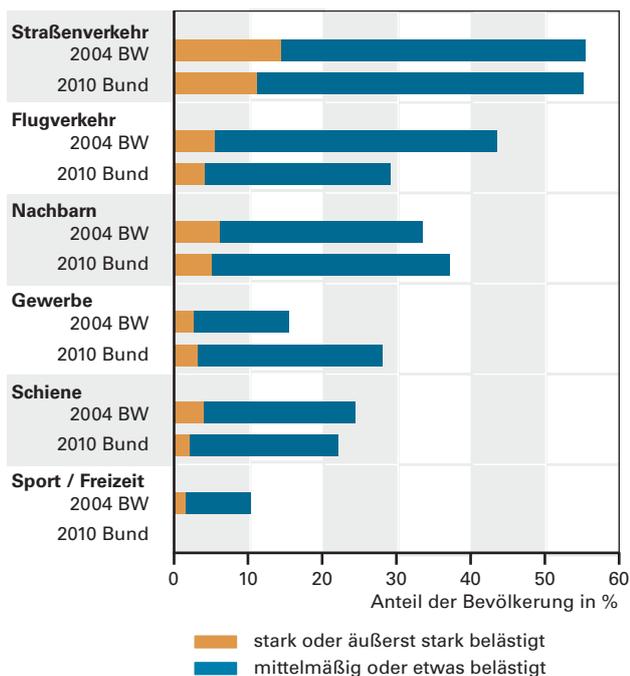


Abb. 7.1-1: Subjektive Belästigung der erwachsenen Bevölkerung durch verschiedene Lärmarten in Deutschland (Bund) und Baden-Württemberg (BW) auf Grundlage repräsentativer Umfragen [LUBW 2004; UBA 2011].

Mithilfe der Lärmkartierung werden die am stärksten von Umgebungslärm betroffenen Gebiete ermittelt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Kartierung in Form strategischer Lärmkarten sind von den zuständigen Stellen, in der Regel den Städten und Gemeinden, Lärmaktionspläne aufzustellen. Bei der Lärmaktionsplanung werden lärm-entlastende Maßnahmen erarbeitet und in einem Plan verbindlich festgeschrieben.

Die praktische Umsetzung der Richtlinie erfolgt zeitlich gestaffelt. In einer ersten Stufe wurden 2007 bis 2008 umfangreiche Kartierungen durchgeführt. In Baden-Württemberg erstellten bis 2012 rund 50 Gemeinden Lärmaktionspläne. Im Jahr 2012 erfolgt die zweite Stufe der Kartierung des Umgebungslärms, durch welche in erheblich erweitertem Umfang zusätzliche Straßen, Schienenwege und Ballungsräume erfasst und auch die Aktionsplanungen erweitert werden. Nach Abschluss der ersten und zweiten Stufe sind die Lärmkarten und gegebenenfalls auch die Lärmaktionspläne alle fünf Jahre zu aktualisieren bzw. fortzuschreiben.

Es gibt keine gesetzliche Vorgabe von Grenz- oder Auslösewerten, ab denen eine Lärmaktionsplanung zwingend durchgeführt werden muss. Für die Stufe 2 empfiehlt das Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg bei der Maßnahmenplanung auf jeden Fall die Bereiche von $L_{DEN} > 65$ dB(A) bzw. $L_{Night} > 55$ dB(A) zu betrachten (Tab. 7.2-1). Für die Bereiche von $L_{DEN} > 70$ dB(A) bzw. $L_{Night} > 60$ dB(A) sind vordringlich Maßnahmen im Lärmaktionsplan festzulegen. In Stufe 1 lagen die Auslösewerte für eine Planung noch 5 dB(A) höher.

Das Kernelement eines Lärmaktionsplans ist der Maßnahmenkatalog, in den mögliche Lärmminderungsmaßnahmen aufgenommen werden. Dabei gibt es eine ganze Reihe von Maßnahmenfeldern und kommunalen Strategien wie z. B. verkehrsregelnde Maßnahmen, baulicher Lärmschutz, planerische und organisatorische Maßnahmen. Die Lärmaktionsplanung steht teilweise in enger Beziehung zu anderen kommunalen Fachplanungen. Planungsrechtliche Vorga-

Tab. 7.2-1: Lärmindizes L_{DEN} und L_{Night} nach Umgebungslärmrichtlinie und 34. BImSchV.

Lärmindizes	
L_{DEN}	über 24 Stunden gemittelte Lärmbelastung (Tag/Day, Abend/Evening, Nacht/Night) mit Zuschlägen für den Abend- und Nachtzeitraum
L_{Night}	über die Nacht gemittelte Lärmbelastung (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr)

ben eines Aktionsplanes sind in den Fachplanungen zu berücksichtigen. Damit wird der Lärmschutz in sonstigen, kommunalen Planungsprozessen verankert und ihm wird ein entsprechendes Gewicht beigemessen.

Die Lärmkarten werden entsprechend den gesetzlichen Regelungen jeweils getrennt für die Lärmarten Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr sowie Industrie und Gewerbe (Industrie und Gewerbe nur in den Ballungsräumen) berechnet und ausgewiesen. Eine Überlagerung der Schallpegel für unterschiedliche Lärmarten, z. B. bei parallel verlaufenden Straßen und Eisenbahnstrecken, erfolgt dabei nicht. Es werden die Lärmindizes L_{DEN} und L_{Night} betrachtet, also zwei unterschiedliche Zeiträume (Tab. 7.2-1).

Die Lärmkarten stellen flächenhaft die auftretenden Schallimmissionen farblich in sogenannten Isophonenbändern dar, das sind Bänder gleicher Schallpegel. Die Schallpegel werden berechnet und nicht durch Messungen ermittelt. Die Berechnungsmethoden beinhalten jedoch Erkenntnisse aus realen Messungen. Grundlage für die Erstellung der Lärmkarten sind die vorläufigen nationalen Berechnungsvorschriften für Straßen-, Schienen-, Flug- sowie Industrie- und Gewerbelärm. Die Belastung wird also nicht vor Ort gemessen, sondern mit bundesweit einheitlichen Berechnungsverfahren ermittelt. In die Berechnungen fließen neben den auf die Lärmverursacher bezogenen Daten wie Verkehrsaufkommen oder zulässige Höchstgeschwindigkeit auch eine Vielzahl weiterer Ausgangsdaten wie Bebauung, Topografie oder Straßenbelag ein. Durch die Einführung von Mittelungspegeln werden zeitlich

schwankende Geräusche durch einen Einzahlwert ersetzt. Dadurch können unterschiedliche Geräuschsituationen verglichen werden. Lärmkarten objektivieren dadurch die vorhandene Lärmsituation und machen sie farblich sichtbar (Abb. 7.2-1).

Gemäß EU-Umgebungsärmrichtlinie sind zu den Lärmkarten auch statistische Angaben über die von Lärm betroffenen Menschen in den kartierten Gebieten zu erstellen. Hierfür werden die Schallimmissionen an den Gebäudefasaden berechnet und die Bewohnerzahl jedes einzelnen Gebäudes den so ermittelten Pegelwerten zugeordnet. Um für jede Gemeinde Aussagen über die Lärmbetroffenheit in ihrem Gebiet machen zu können, wird die Anzahl der Betroffenen je Pegelklasse aufsummiert. Diese Zahlen werden für jede von der Kartierung tangierte Gemeinde einzeln ausgewiesen und veröffentlicht.

7.3 Straßenverkehrslärm

Der Straßenverkehr steht an der Spitze der Lärmverursacher. Die Kartierung des Straßenverkehrslärms erfolgt in den Ballungsräumen (Tab. 7.3-1) sowie an Hauptverkehrsstraßen. In der ersten Stufe im Jahr 2007 wurden Hauptverkehrsstraßen mit mehr als 6 Mio. Kfz/Jahr erfasst, in der Umsetzung der zweiten Stufe erweitert sich die Kartierung auf Hauptverkehrsstraßen mit mehr als 3 Mio. Kfz/Jahr. Zu den Hauptverkehrsstraßen zählen definitionsgemäß Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen. Kreis- und Gemeindestraßen fallen – unabhängig vom Verkehrsaufkommen – nicht unter die Kartierungspflicht.

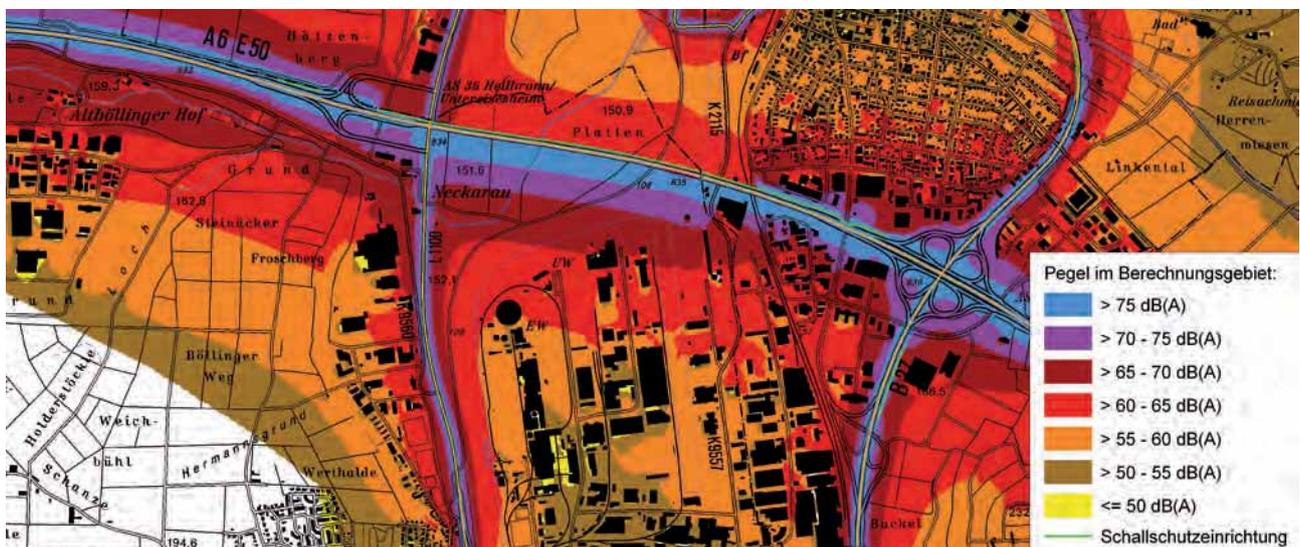


Abb. 7.2-1: Beispiel für eine Lärmkarte (Ausschnitt) für die Lärmquelle Straßenverkehr in Baden-Württemberg.

Tab. 7.3-1: Ballungsräume in Baden-Württemberg. Stand: 2011

Stufe 1 Ballungsräume > 250 000 Einwohner	Stufe 2 Ballungsräume > 100 000 Einwohner	
Stuttgart	Stuttgart*	Heilbronn
Mannheim	Mannheim*	Ulm
Karlsruhe	Karlsruhe*	Pforzheim
	Freiburg	Reutlingen
	Heidelberg	

* Überprüfung und ggf. Überarbeitung bestehender Lärmaktionspläne

LUBW

Im Rahmen der Umgebungslärmkartierung Stufe 1 wurden Hauptverkehrsstraßen mit einer Gesamtlänge von rund 2 300 km erfasst und rund 1 000 Lärmkarten für den Ganztages- (L_{DEN}) und Nachtzeitraum (L_{Night}) erstellt (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Lärm > Umgebungslärmkartierung > Lärmkarten 2007 (Stufe 1)).

In der zweiten Stufe der Kartierung 2012 werden Hauptverkehrsstraßen mit einer Gesamtlänge von rund 5 000 km betrachtet (Abb. 7.3-1).

Basierend auf der Umgebungslärmkartierung Stufe 1 gibt Tabelle 7.3-2 die landesweite Lärmbetroffenheit für Straßenlärm inklusive der in den Ballungsräumen ermittelten Belastungszahlen wieder.

Tab. 7.3-2: Anzahl der landesweit durch Straßenverkehrslärm belasteten Menschen an Hauptverkehrsstraßen und in Ballungsräumen (auf Hundert gerundet). Basis: Umgebungslärmkartierung Stufe 1. Stand: 2008

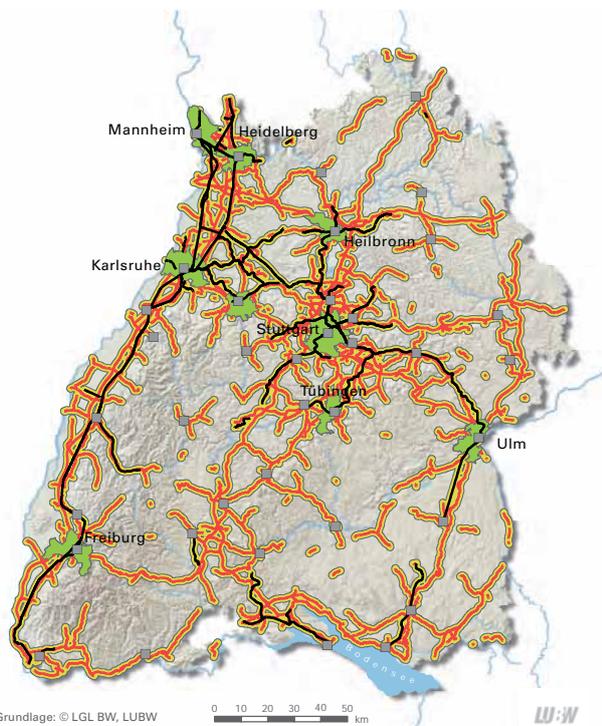
Pegelbereich dB(A)		Belastete Menschen – Straßenlärm –	
über	bis	L_{DEN}	L_{Night}
50	55	—	213 700
55	60	335 400	107 000
60	65	155 300	38 300
65	70	88 900	7 100
70	75	32 000	200
75		4 000	-
Summe:		615 600	366 300

LUBW

Der Straßenverkehrslärm hat großen Anteil daran, dass weite Teile der Landesfläche nicht mehr als „ruhig“ bezeichnet werden können. Als Folge sinkt der Erholungswert dieser Flächen. Lokale Maßnahmen wie Ortsumgehungsstraßen oder Lärmschutzwände führen durchaus zu Erleichterungen bei den betroffenen Menschen. Diese Erfolge werden jedoch durch kontinuierlich steigende Verkehrszahlen und höhere Fahrgeschwindigkeiten teilweise kompensiert.

Maßnahmen direkt am Fahrzeug führten zwar zu einer deutlichen Reduktion von Motorgeräuschen; bei der Minderung des Gesamtgeräusches, also der Summe aus Reifen-Fahrbahn-Geräusch und Motorgeräusch, wurde jedoch nur wenig erreicht. Lediglich bei den Lkw ist eine Verbesserung feststellbar.

Die Lärmemissionen im praktischen Fahrbetrieb sind stark von der Fahrweise (niedrig- oder hochtourig) abhängig. Dabei können Unterschiede in der Lärmemission von 10 dB(A) auftreten. Ein einziger rasant und hochtourig gefahrener Pkw verursacht genau so viel Lärm wie acht normal gefahrene. Das entspricht ungefähr einer Verdoppelung oder Halbierung des subjektiv empfundenen Lärms. Im Rahmen des Programms „Lärmsanierung an Bundesfernstraßen“ wurden in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2010 Lärmschutzwände und -wälle mit einer Gesamtlänge von über 228 km errichtet (Abb. 7.3-2). Als Maßnahme für den passiven Lärmschutz wurden bis 2010 rund 153 000 m² Lärmschutzfenster eingesetzt (Abb. 7.3-3). Seit 1997 wird außerdem der Neubau offenerporiger, lärmindernder Asphaltdeckschichten registriert. In Baden-Württemberg wurden diese bis 2010 auf einer Gesamtlänge von rund 57 km eingebaut (Abb. 7.3-4). Flächendeckende Informationen über Lärmschutzmaßnahmen an Landes- und Gemeindestraßen liegen nicht vor.



- kartierte Schiene
- kartierte Fläche
- kartierte Straße
- Ballungsraum

Abb. 7.3-1: Übersicht über den Umfang der Lärmkartierung der 2. Stufe (Hauptverkehrsstraßen, Eisenbahnlinien und Ballungsräume). Stand: 2012

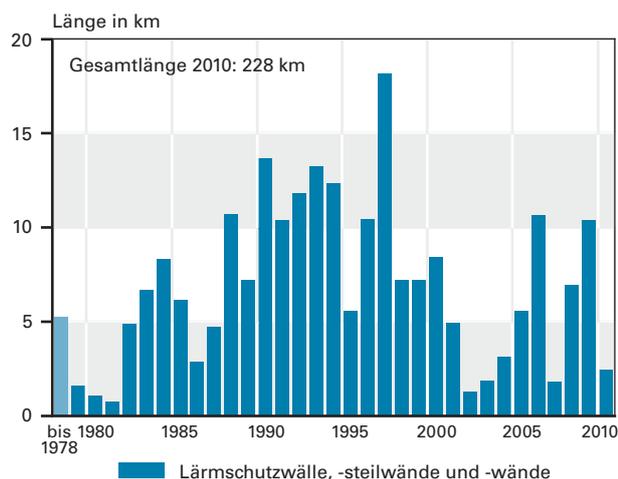


Abb. 73-2: Jährlich neu errichtete Lärmschutzwälle, Lärmschutzsteilwälle und Lärmschutzwände an Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg [BMVBS 2010].

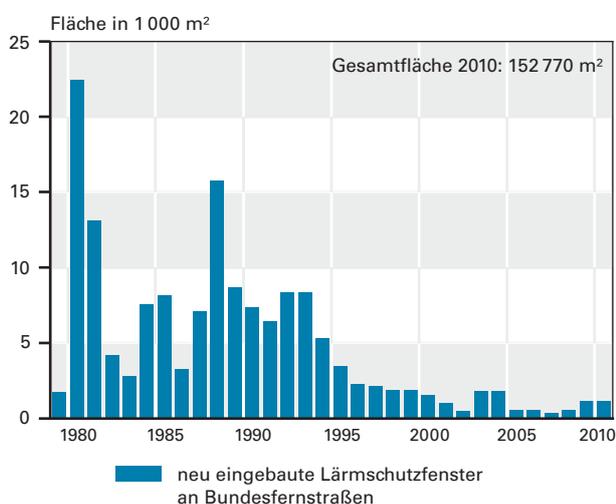


Abb. 73-3: Jährlich neu eingebaute Lärmschutzfenster an Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg [BMVBS 2010].

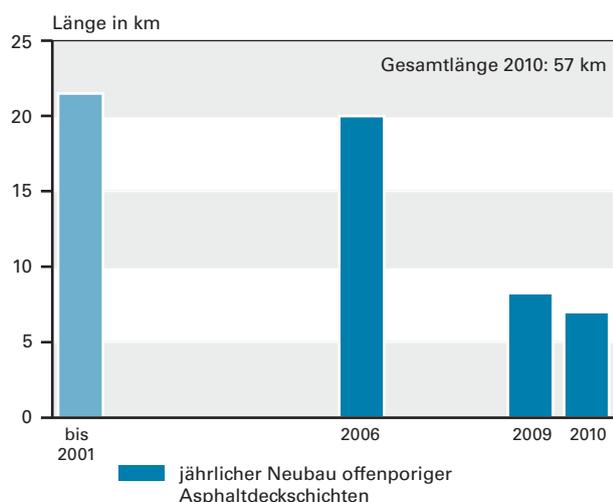


Abb. 73-4: Jährlicher Neubau lärmindernder, offenerporiger Asphaltdeckschichten in Baden-Württemberg [BMVBS 2010].

7.4 Schienenverkehrslärm

Schienenverkehrslärm wird von Eisenbahnen, Straßenbahnen sowie von S- und U-Bahnen verursacht. Hauptursache ist dabei das Abrollen der Räder auf den Gleisen, das sogenannte Rad-Schiene-Geräusch. Bei niedrigen Geschwindigkeiten kommen Antriebs-, Rangier- und Bremsgeräusche hinzu, die sich störend auswirken können. Lärm, der von Schienenfahrzeugen auf Betriebsgeländen hervorgerufen wird, ist dem Industrie- und Gewerbelärm zuzurechnen.

Im Gegensatz zum nahezu flächendeckend vorhandenen Straßenverkehr ist der Eisenbahnverkehr stärker gebündelt und deshalb in seinen Auswirkungen begrenzter. Die Belästigung konzentriert sich beim Schienenverkehrslärm meist auf die Nachtzeiten. Hier ist es dann in erster Linie der Güterverkehr, der sich besonders störend auswirkt, da Güterzüge zu den lautesten Zügen gehören. Beim Schienenverkehrslärm bestehen noch erhebliche Minderungspotenziale durch Maßnahmen an den Quellen u. a. durch die Umrüstung lauter Güterwagen und die Gleispflege. Für die Neuplanung von Bahnstrecken wird derzeit ein „Schienenlärmbonus“ von 5 dB(A) angesetzt. Mit diesem Bonus erfährt der Schienenverkehrslärm eine Art Privilegierung gegenüber dem Straßenverkehrslärm. Begründet wird dies mit einer geringeren Belästigungswirkung des Schienenverkehrs. Aktuell gibt es zahlreiche Ansätze und politische Bestrebungen, diesen Schienenbonus abzuschaffen.

Bei den Schienenwegen werden von der LUBW Lärmkartierungen ausschließlich für nicht-bundeseigene Eisenbahnstrecken (sogenannte NE-Bahnen) durchgeführt. In Stufe 1 waren es rund 26 km, in Stufe 2 rund 70 km. Diese tragen nur zu einem verhältnismäßig geringen Teil zum Schienenlärm in Baden-Württemberg bei. Weitaus größere Bedeutung haben die vom Eisenbahn-Bundesamt in der ersten Stufe kartierten etwa 600 km bundeseigenen Schienenwege. Die Ballungsräume Stuttgart, Mannheim und Karlsruhe weisen aufgrund der Nähe zur Wohnbebauung auch durch den Straßenbahnverkehr hohe Betroffenenzahlen unter den Anwohnern auf. Für die Ermittlung der landesweiten Lärmbetroffenheit werden die Daten der von der LUBW kartierten NE-Bahnen, die Daten der in den Ballungsräumen erfassten Schienenwege inklusive Straßenbahn sowie die Daten aus der Kartierung des Eisenbahn-Bundesamtes zusammengeführt (Tab. 7.4-1).

Tab. 7.4-1: Landesweite Lärmbetroffenheit für Schienenverkehrslärm. Die Statistik beinhaltet Daten der von der LUBW kartierten NE-Bahnen, Daten der in den Ballungsräumen erfassten Schienenwege (inkl. Straßenbahnen) sowie Daten der bundeseigenen Schienenwege aus der Kartierung des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA). Quellen: LUBW, EBA. Stand: 2008

Pegelbereich dB(A)		Belastete Menschen – Schienenlärm –	
über	bis	L _{DEN}	L _{Night}
50	55	-	208 300
55	60	249 700	86 500
60	65	105 800	35 700
65	70	47 900	14 300
70	75	21 200	7 800
75		10 700	-
Summe:		435 300	352 600

NE: nicht bundeseigene Eisenbahnstrecken

7.5 Fluglärm

Der Flugbetrieb und der dadurch entstehende Fluglärm wird in Baden-Württemberg insbesondere durch den Großflughafen Stuttgart, die überregionalen Flughäfen Karlsruhe/Baden-Baden (Baden Airpark), Friedrichshafen (Bodensee-Airport) und Mannheim (City Airport Mannheim) sowie in Südbaden durch den Flughafen Zürich-Kloten geprägt. Daneben gibt es im Land noch über 160 zivil genutzte Flugplätze, die relativ gleichmäßig über die Landesfläche verteilt sind.

Neuere Studien zeigen, dass vor allem der nächtliche Fluglärm negative gesundheitliche Auswirkungen auf die Anwohner haben kann [GREISER ET AL. 2006, GREISER 2010, HUSS ET AL. 2010]. Der Flugverkehr zählt in Baden-Württemberg nach dem Straßenverkehr zu den Lärmquellen, die die Anwohner am meisten beeinträchtigen. Fast 19 % der Bevölkerung fühlen sich durch Fluglärm mittelmäßig, stark oder äußerst stark belästigt (Abb. 7.1-1).

Im Einwirkungsbereich des Flughafens Stuttgart ist es gelungen, trotz kontinuierlich steigender Flugzahlen sinkende Dauerschallpegel zu erreichen (Abb. 7.5-1 und 7.5-2). Dies ist nur möglich, wenn das einzelne Fluglärmereignis geringere Maximalschallpegel aufweist, wenn also leisere Flugzeuge verkehren. Ein Grund für diesen Erfolg sind u. a. die lärmbezogenen Start- und Landegebühren. Für laute Flugzeuge sind deutlich höhere Gebühren zu entrichten. Der schweizerische Flughafen Zürich-Kloten beeinträchtigt durch seine im südlichen Baden-Württemberg teilweise über deutschem Hoheitsgebiet verlaufenden An- und

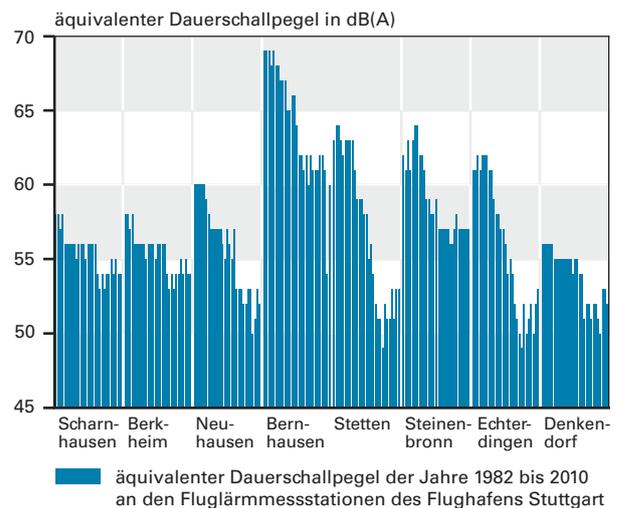


Abb. 7.5-1: Äquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel über die sechs verkehrsreichsten Monate) an den Fluglärmmessstationen im Einwirkungsbereich des Flughafens Stuttgart 1982 bis 2010. Quelle: Fluglärmenschutzbeauftragter am Regierungspräsidium Stuttgart. Stand: 2012

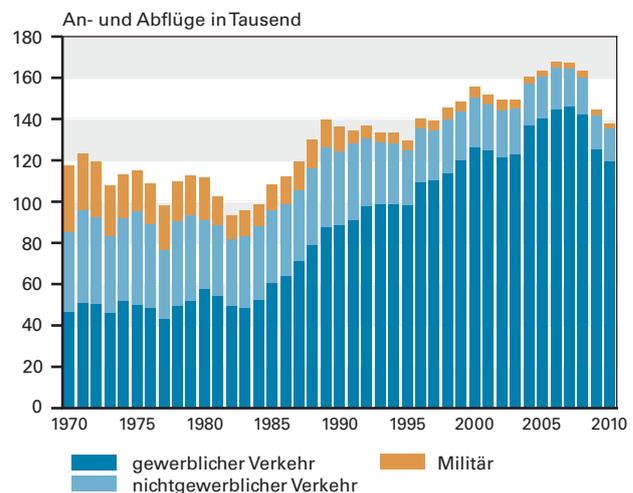


Abb. 7.5-2: Flugbewegungen (An- und Abflüge) am Flughafen Stuttgart 1970 bis 2010. Quelle: Fluglärmenschutzbeauftragter am Regierungspräsidium Stuttgart. Stand: 2012

Abflüge auch die Lebensqualität von Teilen der dort wohnenden Bevölkerung durch Fluglärm. In der etwa 15 km vom Flughafen entfernten Gemeinde Hohentengen (Landkreis Waldshut) und in Hohentengen-Herdern werden zwei Fluglärmmessstationen betrieben. Aufgrund der Reduktion der Nachtflüge sind die nächtlichen Immissionen gegenüber früher deutlich zurückgegangen. In Hohentengen werden nachts Lärmwerte um 30 dB(A) gemessen, während die Tagwerte bei knapp 55 dB(A) liegen. Herdern zeigt übereinstimmend bei den Nachtwerten drastische Reduktionen auf unter 30 dB(A). Die Tagwerte liegen knapp unter 45 dB(A) (Abb. 7.5-3 und 7.5-4).

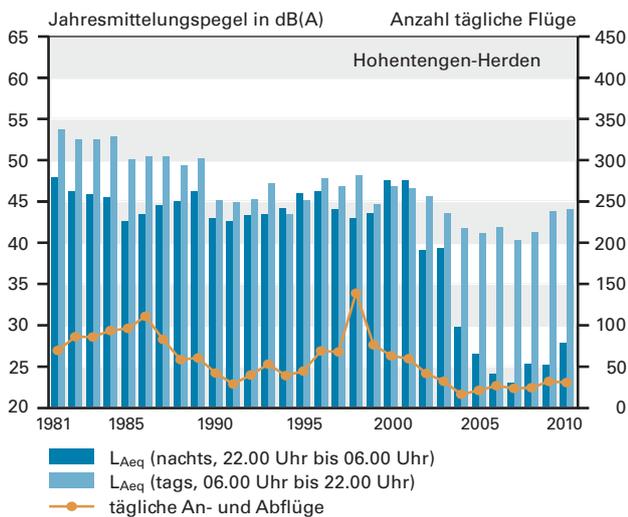


Abb. 7.5-3: Jahresmittelungspegel L_{Aeq} (energieäquivalenter Mittelungspegel aus dem zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels) und Mittelwert der täglichen Flugzahlen an der Fluglärmmessstation Hohentengen-Herden. Quellen: Landkreis Waldshut, LUBW. Stand: 2011

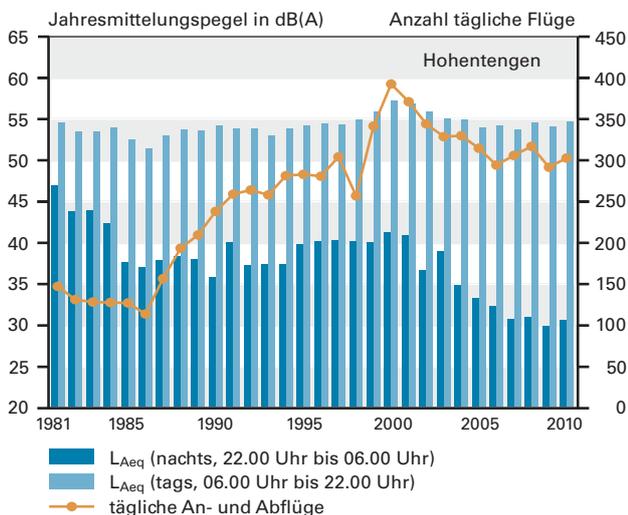


Abb. 7.5-4: Jahresmittelungspegel L_{Aeq} (energieäquivalenter Mittelungspegel aus dem zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels) und Mittelwert der täglichen Flugzahlen an der Fluglärmmessstation Hohentengen. Quellen: Landkreis Waldshut, LUBW. Stand: 2011

7.5.1 Neues Fluglärmgesetz

Mit der Neufassung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm wurde das 36 Jahre alte Fluglärmgesetz im Juni 2007 abgelöst. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2010 die Lärmschutzbereiche der Flughäfen Stuttgart, Mannheim, Karlsruhe/Baden-Baden und Friedrichshafen neu ermittelt und in Landesverordnungen festgelegt. Der Lärmschutzbereich ist gegliedert in zwei Tag-Schutzzonen und eine Nacht-Schutzzone. Innerhalb des Lärmschutzbereichs gelten bauliche Nutzungsbeschränkungen und Vorgaben zum baulichen Schallschutz. Abbildung 7.5-5 zeigt beispielhaft den neuen Fluglärmschutzbereich am Flughafen Karlsruhe-

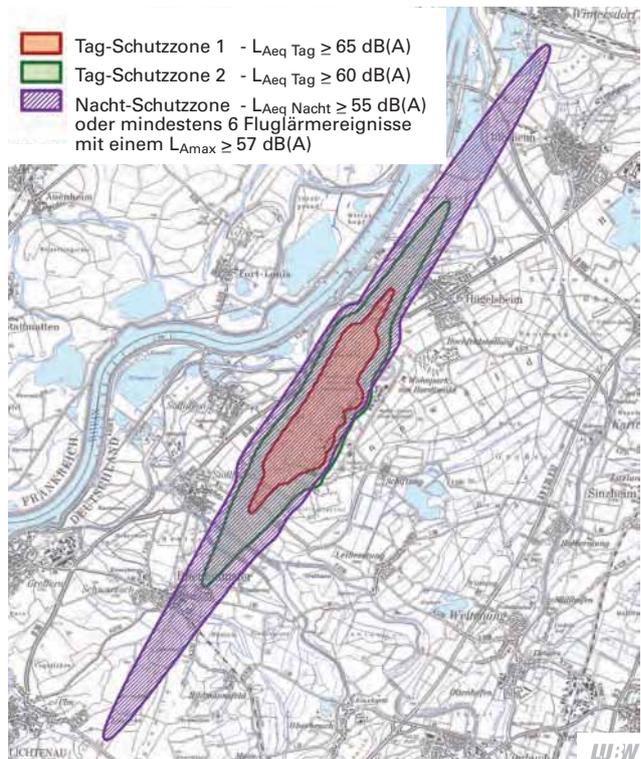


Abb. 7.5-5: Lärmschutzbereich am Flughafen Karlsruhe/Baden-Baden (Baden Airport). Stand: 2011

he/Baden-Baden (Baden Airport). Weitere ausführliche Daten, Diagramme und Informationen zu allen Flughäfen finden sich im Internet (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Lärm > Lärmarten-Lärmschutz > Fluglärm > Fluglärmgesetz).

7.5.2 Umgebungslärmkartierung

Als einziger Großflughafen im Land erfüllt der Flughafen Stuttgart die für eine Kartierung vorgegebene Bedingung von 50 000 Flugbewegungen pro Jahr und wurde in Stufe 1 kartiert. Weiterer Fluglärm wurde im Ballungsraum Mannheim für die Umgebung des dortigen Verkehrslandeplatzes erfasst. Tabelle 7.5-1 gibt die Lärmbetroffenheit für Fluglärm im Bereich des Flughafen Stuttgart und des Verkehrslandeplatzes Mannheim zusammengefasst wieder.

Tab. 7.5-1: Anzahl der von Fluglärm am Flughafen Stuttgart und im Ballungsraum Mannheim belasteten Menschen (auf Hundert gerundet). Stand: 2008

Pegelbereich dB(A)		belastete Menschen – Fluglärm –	
über	bis	L_{DEN}	L_{Night}
50	55	-	5 600
55	60	37 600	100
60	65	7 300	0
65	70	200	0
70	75	0	0
75		0	-
Summe:		45 100	5 700

7.6 Anlagenlärm (Industrie und Gewerbe)

Eine bundesweite repräsentative Umfrage aus dem Jahr 2010 [UBA 2011] ergab, dass sich seit nunmehr 20 Jahren gleichbleibend etwa 2 % bis 4 % der Bevölkerung durch gewerbliche Lärmquellen „stark“ oder „äußerst stark“ belästigt fühlen (Abb. 7.6-1).

Schon seit Jahren ist in Baden-Württemberg in Bezug auf benachbarte Industrie- und Gewerbeanlagen ein Anstieg an Betroffenheit und Beschwerden wegen tieffrequenter Geräusche zu verzeichnen.

Eine punktuelle Erfassung aus dem Jahr 2009 ergab, dass etwas mehr als die Hälfte aller ausgewerteten rund 1 000 Nachbarschaftsbeschwerden auf Lärm und Erschütterungen zurückzuführen waren [LUBW 2009]. Auch Immissionen durch Baulärm, insbesondere wenn Baustellen im Rahmen von Großprojekten oftmals viele Monate oder Jahre bestehen, gehören zum Anlagenlärm. Der Baulärm genießt im Vergleich zu herkömmlichem Gewerbelärm eine Sonderbeurteilung durch die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm“ von 1970, welche gewisse Privilegierungen enthält. Dies ist insbesondere bei kurzfristigen Baustellen auch sinnvoll, kann aber bei z. T. mehrjährig betriebenen Bauprojekten aus Sicht des Immissionsschutzes durchaus problematisch werden.

Beschwerden über Belästigungen durch Geräusche von Windenergieanlagen sind in Baden-Württemberg derzeit noch selten. Da es im Rahmen der Energiewende zu einem deutlichen Ausbau der Windkraft kommen wird, ist hier

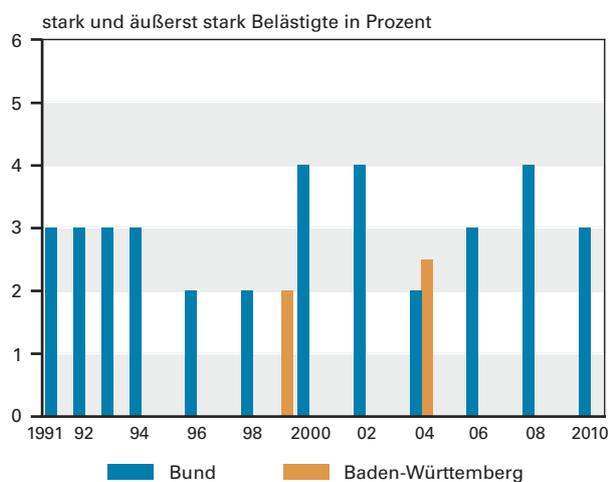


Abb. 7.6-1: Durch Industrie- bzw. Gewerbelärm hervorgerufene, subjektive Belästigung der Bevölkerung (nur stark und äußerst stark Belästigte) in Prozent in Deutschland und Baden-Württemberg. Quellen: Sachverständigenrat für Umweltfragen (www.umweltrat.de), LUBW, Umweltbundesamt. Stand: 2010

vermehrt auf eine Begrenzung der Lärmimmissionen zu achten und auch darauf, dass der Schutz ruhiger Gebiete nicht aus den Augen verloren wird. Entsprechende Regelungen finden sich in der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm). In diesem Zusammenhang ist auch der von Hochspannungsleitungen bei bestimmten Wettersituationen ausgehende Lärm zu beachten, welcher in nahen Wohngebieten zu erheblichen Belästigungen führen kann.

7.7 Lärm im Wohnumfeld

Lärmende Nachbarn liegen in der Skala der lästigen Lärmquellen weit vorne. In Baden-Württemberg nehmen sie die dritte Stelle ein, bundesweit sind sie sogar die zweitlärstigste Quelle (Abb. 7.1-1). Auch der Betrieb lärmintensiver Maschinen und Geräte z. B. im Gartenbereich ist immer wieder Anlass von Belästigungen und Beschwerden. Hier gilt eine bundesweite Regelung (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – 32. BImSchV).

In jüngerer Zeit sind daneben immer wieder nachbarschaftliche Probleme durch den Betrieb von Wärmepumpen und anderen technischen Aggregaten zu verzeichnen. Sind diese an der Außenwand oder im Freien aufgestellt, kann es insbesondere nachts zu Belästigungen der Nachbarschaft kommen. Zu unerwünschten Summenwirkungen kommt es in manchen Fällen durch den Betrieb mehrerer Geräte durch unterschiedliche Betreiber, z. B. in Neubaugebieten.

Der Lärm durch Sport- und Freizeitanlagen ist in Baden-Württemberg verglichen mit den anderen Lärmarten am wenigsten belästigend. Nur ein bis zwei Prozent der Bevölkerung fühlen sich durch Sport- und Freizeitanlagen „stark“ oder „äußerst stark“ belästigt (Abb. 7.1-1).

7.8 Kindergärten und Schulen

Lärm in Verbindung mit Kindergärten und Schulen kann von Anwohnern auch als Belästigung empfunden werden. Durch neue gesetzliche Regelungen den „Kinderlärm“ betreffend wurde festgelegt, dass Kinderlärm im Regelfall nicht als schädliche Umwelteinwirkung einzustufen ist (§ 22 BImSchG).

Andererseits kann der Lärmpegel innerhalb von Schulen und Kindertagesstätten zur Belastung von Kindern, Schü-

lern und dem pädagogischen Personal führen und u. a. auch die kognitiven Leistungen der Schüler inklusive Spracherkennung und Spracherlernung stark beeinträchtigen. Dabei kommt den bau- und raumakustischen Eigenschaften eine besondere Rolle zu. Schon die Durchführung des Unterrichts selbst ist ohne akustische Kommunikation nicht denkbar. Damit diese Kommunikation gelingt, müssen Unterrichtsräume akustisch geeignet sein. Leider ist das in der Praxis häufig nicht der Fall. Das Thema „Lärm in Bildungsstätten“ ist in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses gerückt. So ergab eine Umfrage unter Lehrkräften, dass sich von 1 000 Befragten mehr als 80 % durch den Lärm in der Schule belastet fühlen [IfA 2004, ISF 2002]. Befragungen von Erzieherinnen zeigten ein ähnliches Bild. Akustische Messungen bestätigen die hohe Lärmbelastung des Lehrpersonals wie auch akustisch ungünstige, lange Nachhallzeiten in vielen Einrichtungen. In Kindertagesstätten und beim Schulsportunterricht in Hallen wurden Lärmpegel gemessen, bei denen an vergleichbar belasteten industriellen Arbeitsplätzen Gehörschutz bereitzustellen

ist. Die in Klassenräumen gemessenen Schallpegel liegen oft weit über den Werten, die für Kommunikation und geistiges Arbeiten anzustreben sind (DIN 4109 Schallschutz im Hochbau und DIN 18041 Hörsamkeit in kleinen und mittelgroßen Räumen).

LUBW und UM stellten in den vergangenen Jahren weiterführende Materialien zusammen und förderten Modellprojekte. Viele weitere Informationen finden sich daher auf den Internetseiten der LUBW: „Lärmschutz für kleine Ohren – Leitfaden zur akustischen Gestaltung von Kindertagesstätten“ und „Lärmschutz für kleine Ohren – Modellprojekte zur akustischen Gestaltung von Kindertagesstätten“ (www.um.baden-wuerttemberg.de > Service und Information > Publikationen > Lärm > Kita, www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Lärm > Informationen & Angebote > Für Schulen und www.schullaerm.baden-wuerttemberg.de). Ergebnisse der Untersuchung „Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern“ sind ebenfalls im Internet verzeichnet (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Lärm > Informationen & Angebote > Für Schulen > Studien).

8 Abfallwirtschaft

Das Wichtigste in Kürze

In Baden-Württemberg ist das **kommunale Abfallaufkommen** seit 1990 um fast 65 % zurückgegangen. Das Haus- und Sperrmüllaufkommen reduzierte sich dabei von 269 Kilogramm pro Einwohner und Jahr auf 145 Kilogramm pro Einwohner und Jahr. Im gleichen Zeitraum ist eine deutliche Steigerung der getrennt erfassten Wertstoffe von 81 Kilogramm pro Einwohner und Jahr auf ca. 163 Kilogramm pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen.

Aus abfallrechtlichen und produktionsbedingten Gründen hat sich das Aufkommen von **gefährlichen Abfällen** seit 1994 von rund 0,6 Mio. Tonnen auf rund 2,6 Mio. Tonnen im Jahr 2010 mehr als vervierfacht. Zwischen 1990 und 2010 ist die abgelagerte kommunale Abfallmenge (ohne Baurestmassen) auf Siedlungsabfalldeponien von ca. 5,8 Mio. Tonnen auf 113 000 Tonnen deutlich zurückgegangen. Die stoffliche Verwertung hat sich mit 1,9 Mio. Tonnen fast verdoppelt.

Die Menge an **biologisch behandelten Abfällen** stieg von über 400 000 Tonnen im Jahr 1990 auf knapp 1,1 Mio. Tonnen im Jahr 2010. **Klärschlämme** werden zurzeit zu 90 % verbrannt, die restlichen 10 % werden kompostiert oder auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht.

8.1 Abfallaufkommen

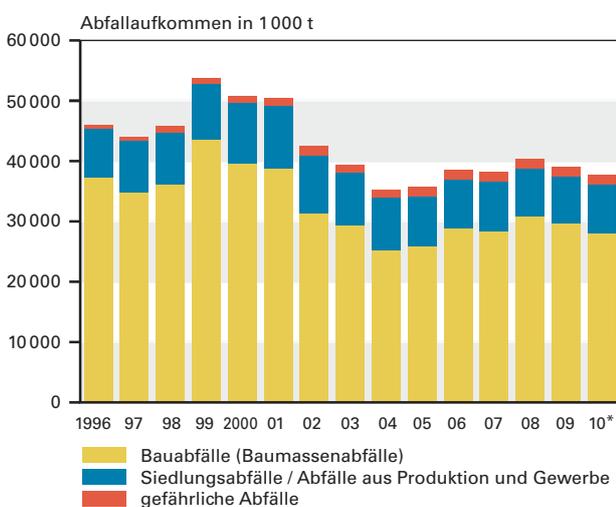
Das gesamte Abfallaufkommen in Baden-Württemberg betrug im Jahr 2010 etwa 37,6 Mio. t, wobei der größte Anteil die Bauabfälle sind. Damit ist das gesamte Abfallaufkommen im Vergleich zum Vorjahr um rund 3,6 % gesunken und liegt deutlich unter den Abfallmengen der 1990er Jahre (Abb. 8.1-1).

Im Jahr 2010 fielen in Baden-Württemberg rund 28 Mio. t Bauabfälle (Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch, andere Bau- und Abbruchabfälle) an, was drei Viertel am gesamten Abfallaufkommen ausmacht (Abb. 8.1-2).

Aus Gründen der Ressourcenschonung und des Erhalts wertvollen Deponieraumes steht die Verwertung von Bauschutt und Bodenaushub im Mittelpunkt einer nachhaltigen

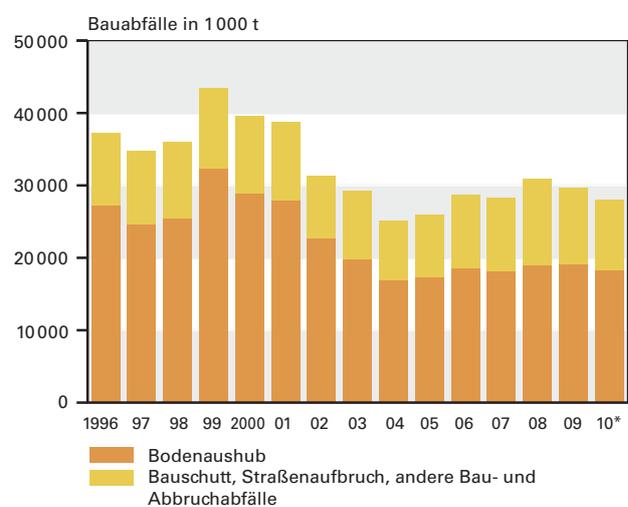
Umweltpolitik. Ein Großteil des in Baden-Württemberg anfallenden Bauschutts und Straßenaufbruchs sowie anderer Bau- und Abbruchabfälle wird bereits verwertet (Abb. 8.1-3). Rund 73 % davon werden in Bauschuttrecyclinganlagen aufbereitet, um sie als Sekundärrohstoffe wieder in die Bauwirtschaft einzubringen. Der überwiegende Teil des Bodenaushubs wird im Rahmen von Verfüllmaßnahmen z. B. in Steinbrüchen eingesetzt (Abb. 8.1-4).

In Baden-Württemberg ist das kommunale Abfallaufkommen seit 1990 um fast 65 % zurückgegangen und betrug im Jahr 2010 nur noch rund 10,7 Mio. t. Den größten Anteil haben auch hier die Baumassenabfälle, obwohl sie von über 22,8 Mio. t im Jahr 1990 auf 5,5 Mio. t im Jahr 2010 zurückgegangen sind. Auch der Haus- und Sperr-



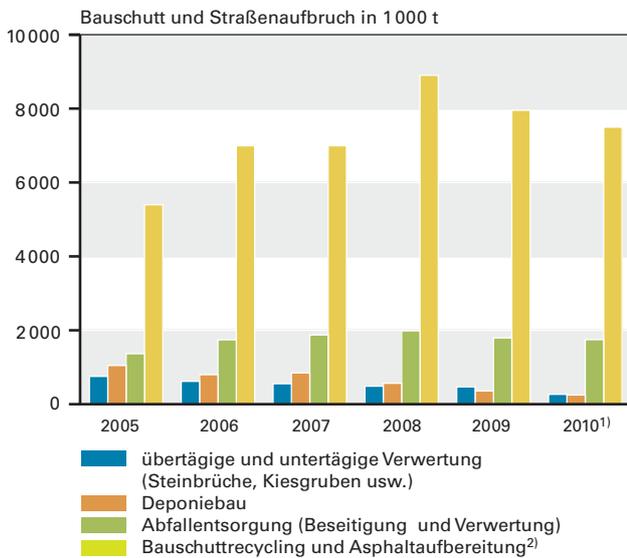
* 2010 vorläufige Werte

Abb. 8.1-1: Mengenentwicklung des gesamten Abfallaufkommens in Baden-Württemberg seit 1996. Quelle: StaLa BW. Stand: Oktober 2011



* 2010 vorläufige Werte

Abb. 8.1-2: Mengenentwicklung der Bauabfälle in Baden-Württemberg seit 1996. Quelle: StaLa BW. Stand: Oktober 2011



1) 2010 vorläufige Werte
2) keine Erhebung für 2005, 2007 und 2009, Daten des Vorjahres verwendet

Abb. 8.1-3: Entsorgungswege von Bauschutt und Straßenaufbruch in Baden-Württemberg seit 2005 (2010 vorläufige Werte). Quelle: StaLa BW. Stand: Oktober 2011

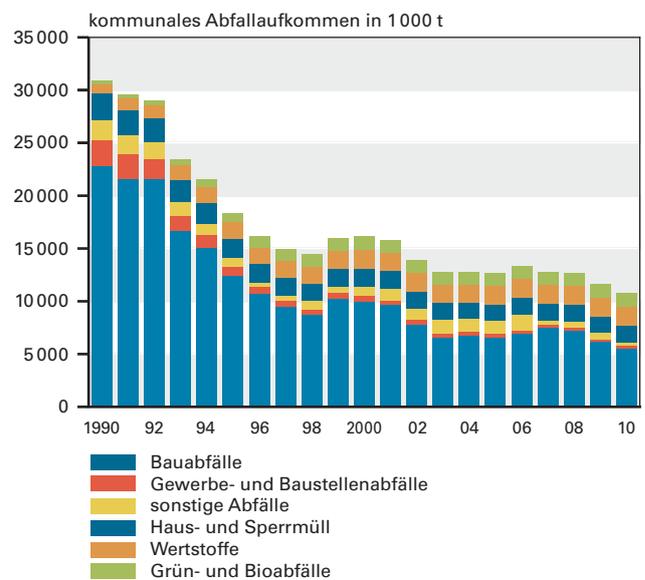


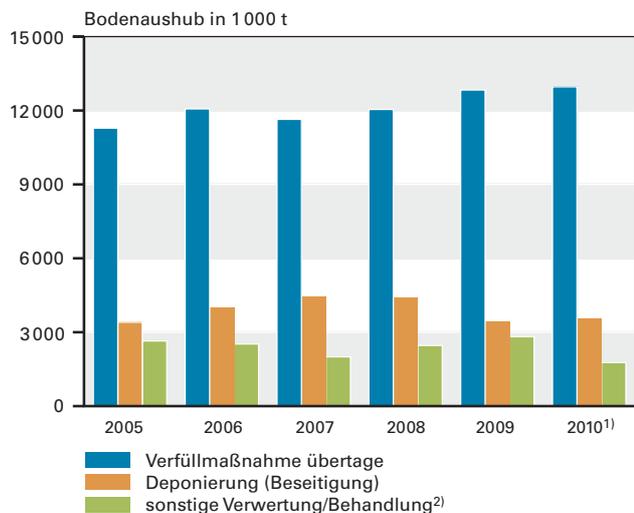
Abb. 8.1-5: Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg seit 1990. Quelle: StaLa BW. Stand: 2011

müll hat seit 1990 von 2,6 Mio. t auf etwa 1,6 Mio. t im Jahr 2010 abgenommen. Demgegenüber haben die Grün- und Bioabfälle sowie die Wertstoffe seit 1990 stetig zugenommen (Abb. 8.1-5). Zukünftig sollen Bio- und Grünabfälle im Sinne der Ressourcenwirtschaft in noch größerem Umfang energetisch und stofflich verwertet werden.

Für Vergleiche bietet sich an, die Abfallmengen normiert in Kilogramm pro Einwohner und Jahr ($\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$) anzugeben. In Baden-Württemberg ist das Haus- und Sperrmüllaufkommen von $269 \text{ kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$ im Jahr 1990 auf $145 \text{ kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$ im Jahr 2010 zurückgegangen. Herangezogen wird dabei der

Einwohnerstand jeweils zum 30. Juni des Jahres. Aufgrund der zunehmenden Getrenntsammlung ist dagegen bei Wertstoffen und Bioabfällen eine Zunahme pro Einwohner zu verzeichnen. Die gesamte Pro-Kopf-Menge an Haus- und Sperrmüll, Wertstoffen aus Haushalten und Bioabfällen liegt seit 1990 relativ konstant bei etwa $346 \text{ kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$ (Abb. 8.1-6).

Seit 1990 ist bei Papier und Glas sowie bei den sonstigen Wertstoffen, wie z. B. Kunststoffen, Metallen, Holz, Verbundstoffen und Textilien eine deutliche Zunahme der getrennt erfassten Wertstoffmengen pro Einwohner zu beobachten (Abb. 8.1-7).



1) 2010 vorläufige Werte
2) für Bauschuttrecyclinganlagen keine Erhebung für 2005, 2007 und 2009; Daten des Vorjahres verwendet

Abb. 8.1-4: Entsorgungswege von Bodenaushub in Baden-Württemberg seit 2005. Quelle: StaLa BW. Stand: Oktober 2011

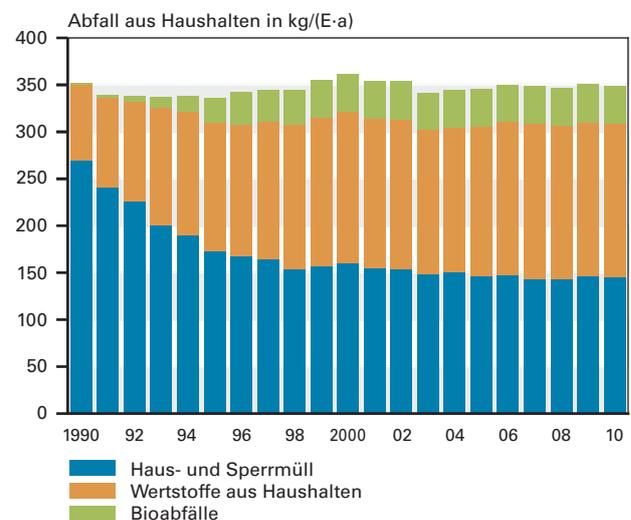
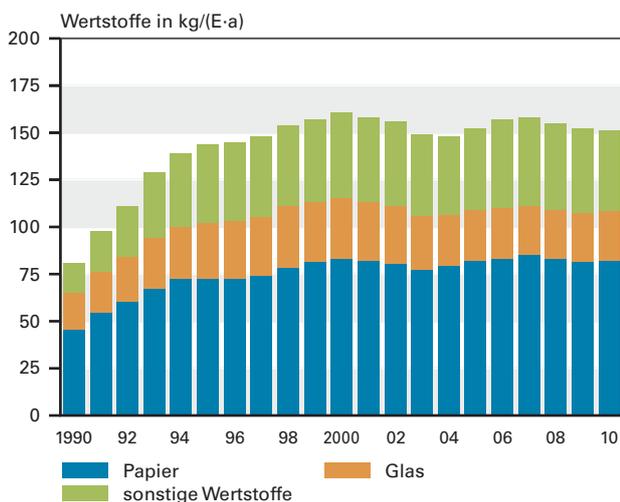


Abb. 8.1-6: Mengenentwicklung von Haus- und Sperrmüll, Bioabfällen und Wertstoffen aus Haushalten in Baden-Württemberg seit 1990. Quelle: StaLa BW. Stand: 2011



* Metalle einschließlich Schrott aus Kompostierungs-, Müllverbrennungs- (MVA) und mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA). Ab 2006 geändertes Erhebungskonzept, Schrott aus MVA und MBA anteilig aus der anlagenbezogenen Erhebung der Abfallentsorgung (UStatG) ermittelt.

Abb. 8.1-7: Mengenentwicklung von Wertstoffen in Baden-Württemberg seit 1990 (sonstige Wertstoffe = Metalle*, Kunststoffe, Textilien, Holz, Verbundstoffe). Quelle: StaLa BW. Stand: 2011

Als gefährliche Abfälle werden nach § 41 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) solche Abfälle bezeichnet, die nach ihrer „Art, Beschaffenheit oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosibel oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können“. Die Entsorgung von gefährlichen Abfällen unterliegt einer strengen Nachweispflicht. Das gesamte Aufkommen an gefährlichen Abfällen (einschließlich der Importe) hat sich in Baden-Württemberg seit 1994 von rund 600 000 t auf rund 2,3 Mio. t im Jahr 2010 nahezu vervierfacht (Abb. 8.1-8). Die Mengenentwicklung der Sonderabfälle wird von einer

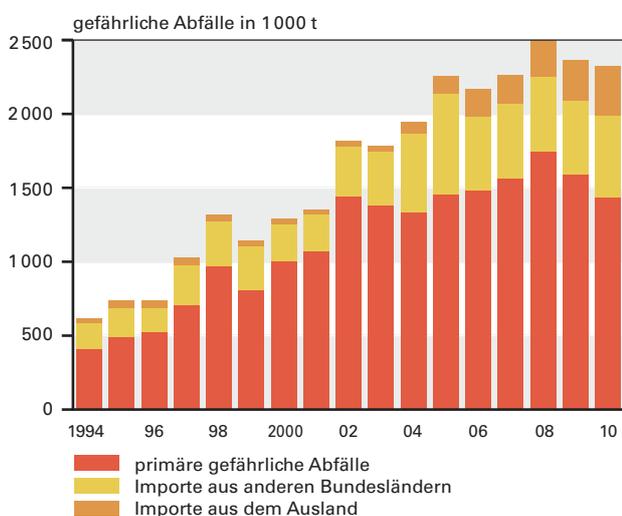


Abb. 8.1-8: Mengenentwicklung der gefährlichen Abfälle in Baden-Württemberg seit 1994. Quelle: Sonderabfallagentur Baden-Württemberg GmbH. Stand: 2011

Reihe von Faktoren beeinflusst. Sie ist sowohl von der wirtschaftlichen Entwicklung im Land, als auch von Änderungen im Abfallrecht abhängig. So ist der Anstieg der Sonderabfallmengen seit 2002 vor allem auf die am 01.01.2002 in Kraft getretene Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) zurückzuführen. Durch die Verordnung wurden einige Abfallarten, die bisher als nicht gefährlich galten, nun als gefährlich eingestuft und zählen damit zu den Sonderabfällen. Außerdem sind infolge kostengünstiger externer Entsorgungsmöglichkeiten innerbetriebliche Behandlungsanlagen zunehmend unrentabel geworden. Betriebe, die bisher ihre erzeugten Abfälle selbst aufbereiteten, stellen vermehrt auf externe Entsorgung um. Dies führte zu einem Anstieg der durch Begleitscheine erfassten Sonderabfallmengen.

8.2 Entsorgung von Abfällen

Abfälle müssen vor der Verwertung oder Beseitigung in der Regel aufbereitet bzw. behandelt werden. Hierzu steht eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren zur Verfügung:

- Mechanische Behandlung
(z. B. Sortieren, Zerlegen, Sieben, Sichten, Zerkleinern)
- Biologische Behandlung
(Rotten, Kompostieren und Vergären)
- Chemische und/oder physikalische Behandlung
(z. B. Filtration, Destillation, Entwässerung, Fällung, Neutralisation)
- Thermische Behandlung
(Abfallverbrennung, Pyrolyse, Vergasung, Mitverbrennung z. B. in Zementöfen und Kohlekraftwerken)

Nicht verwertbare Abfälle müssen letztendlich durch Ablagerung auf Deponien (oberirdische Deponien, Untertagedeponien) beseitigt werden. Enthalten die zu beseitigenden Abfälle organische Bestandteile, so müssen sie vor der Ablagerung thermisch oder mechanisch-biologisch behandelt werden. Bodenaushub und Bauschuttdeponien werden den Deponieklassen 0 und 1 zugeordnet. Die Deponiekategorie 2 umfasst die ehemaligen Hausmülldeponien. Ein deutlicher Wandel in den Entsorgungswegen ist vor allem bei der Ablagerung von Abfällen auf ehemaligen Hausmülldeponien festzustellen. Von 1990 bis 2010 ging die abgelagerte kommunale Abfallmenge (ohne Baumasenabfälle) von knapp 5,8 Mio. t auf 113 000 t zurück. Im

gleichen Zeitraum hat sich die stoffliche Verwertung fast verdoppelt und betrug im Jahr 2010 rund 1,9 Mio. t. Eine ähnliche Entwicklung ist bei der biologischen Behandlung zu beobachten. Die Menge der biologisch behandelten Abfälle, insbesondere durch Aufbereitung zu Kompost, stieg von über 400 000 t im Jahr 1990 auf knapp 1,1 Mio. t im Jahr 2010 an und hat sich somit nahezu verdreifacht. Die Menge der thermisch und mechanisch-biologisch behandelten Abfälle nahm von rund 820 000 t im Jahr 1990 auf über 2 Mio. t im Jahr 2010 zu. Dieser vor allem seit 2004 zu verzeichnende Anstieg ist auf das seit dem 01.06.2005 geltende Ablagerungsverbot für Abfälle, die organische Bestandteile enthalten, zurückzuführen (Abb. 8.2-1).

8.2.1 Entsorgung von Klärschlamm

Auch der in den 1 025 kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg anfallende Klärschlamm zählt zur Gruppe der Siedlungsabfälle. Im Jahr 2010 fielen bei der Abwasserreinigung 247 000 t Klärschlamm (Trockenmasse) an. Davon wurden 223 000 t thermisch behandelt und 24 000 t stofflich verwertet (z. B. Landwirtschaft, Landschaftsbau, Kompostierung). Die Deponierung von Klärschlamm ist seit 01.06.2005 abfallrechtlich nicht mehr möglich. In Baden-Württemberg wird Klärschlamm in erster Linie thermisch behandelt. Damit geht die Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau immer mehr zurück. Dieser Trend zur thermischen Behandlung von Klärschlamm ist seit Ende der 1990er Jahre zu erkennen (Abb. 8.2-2).

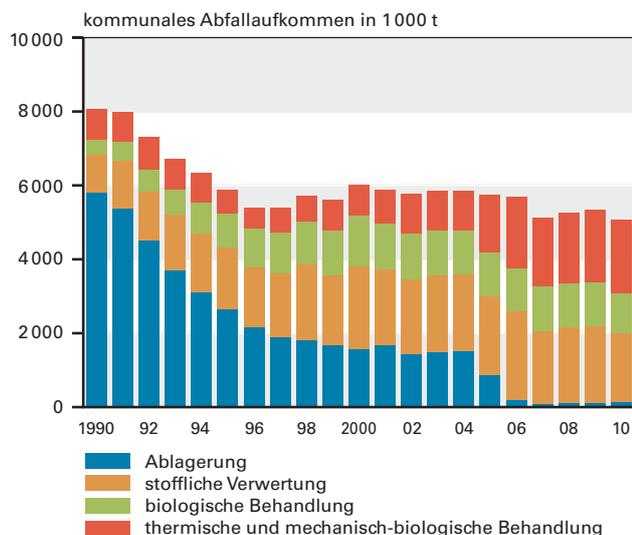


Abb. 8.2-1: Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens (ohne Baumassenabfälle) nach Art der Entsorgung. Quelle: StaLa BW. Stand: 2011

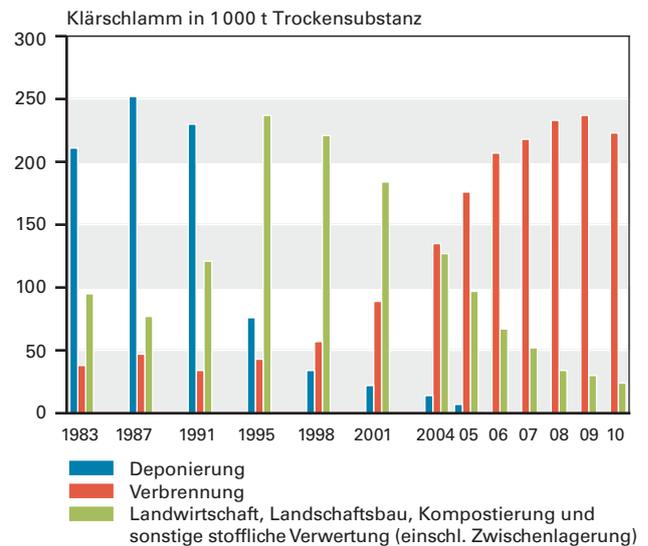


Abb. 8.2-2: Entsorgung von Klärschlamm aus kommunalen Kläranlagen mit Standort in Baden-Württemberg seit 1983. Quelle: StaLa BW. Stand: 2011

8.2.2 Entsorgungsanlagen in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg gibt es eine Vielzahl von Anlagen, in denen Abfälle aufbereitet oder behandelt werden. Die Anlagen können in folgende Typen unterteilt werden:

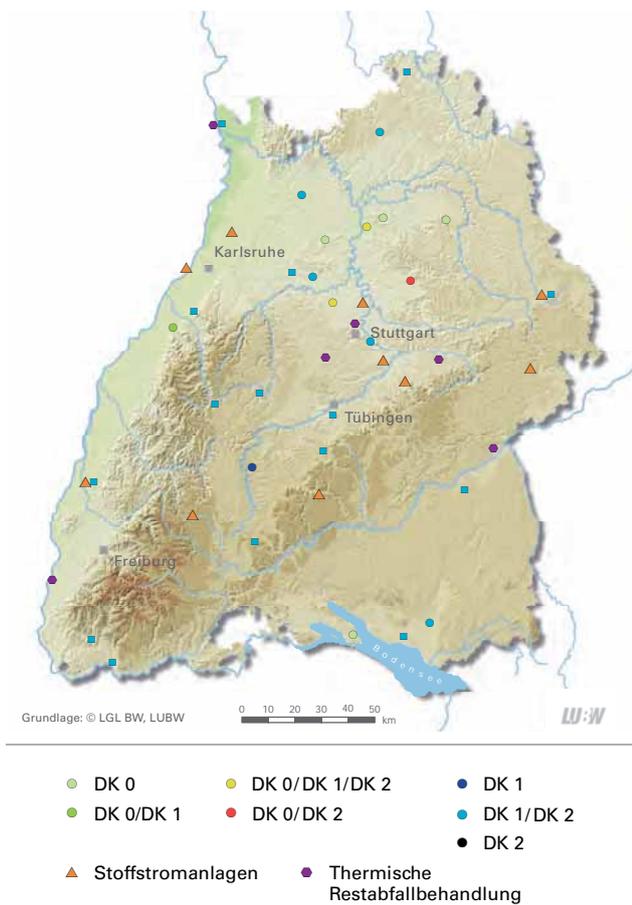
- Biologische Behandlungsanlagen für Bio- und Grünabfälle,
- Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen,
- Mechanisch-physikalische Behandlungsanlagen (Sortier- und Zerlegeanlagen, Stoffstromanlagen),
- Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen für Restabfälle und
- Thermische Restabfallbehandlungsanlagen.

Die einzige mechanisch-biologische Behandlungsanlage zur Aufbereitung von Restabfällen in Baden-Württemberg wird auf der Deponie Kahlenberg im Ortenaukreis betrieben.

Die in Baden-Württemberg im Jahr 2008 betriebenen 97 biologischen Behandlungsanlagen und 110 Sortieranlagen für Verpackungen sowie Zerlegeeinrichtungen für Elektroschrott sind über das ganze Land verteilt.

Außerdem gibt es rund 350 Deponien für Baumassenabfälle, 30 ehemalige Hausmülldeponien, eine Untertagedeponie in Heilbronn, zwei Versatzbergwerke in Bad Friedrichshall-Kochendorf und Haigerloch-Stetten sowie eine Sonderabfalldeponie in Billigheim (Neckar-Odenwald-Kreis).

Abbildung 8.2-3 zeigt die Lage der sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen, der zehn so genannten Stoffstromanlagen, die der Herstellung von Abfallfraktionen aus



Gewerbeabfällen für die stoffliche und energetische Verwertung dienen, sowie der 30 ehemaligen Hausmülldeponien in Baden-Württemberg.

Die abnehmende Bedeutung der Deponien für die Beseitigung von Abfällen in Baden-Württemberg sieht man nicht nur an den auf ehemaligen Hausmülldeponien abgelagerten Abfallmengen, sondern auch am Rückgang der Anzahl der ehemaligen Hausmülldeponien. So verringerte sich die Zahl der ehemaligen Hausmülldeponien in Baden-Württemberg von 48 im Jahr 2001 auf 30 im Jahr 2008. Langfristig könnten zwölf Deponien in Baden-Württemberg für die Entsorgungssicherheit ausreichen.

Abb. 8.2-3: Stoffstromanlagen, thermische Restabfallbehandlungsanlagen und ehemalige Hausmülldeponien in Baden-Württemberg. DK: Deponieklasse. Stand: 2011

9 Radioaktivität

Das Wichtigste in Kürze

Die auf **Kernkraftwerke bezogene Überwachung der Radioaktivität** in Baden-Württemberg umfasst Emissionsmessungen der Betreiber und Immissionsmessungen durch die unabhängige Messstelle LUBW.

Eine unzulässige Strahlenbelastung durch den Betrieb der überwachten kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen kann für die Bevölkerung in Baden-Württemberg aufgrund der ermittelten Radioaktivitätsgehalte in den überwachten Medien mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

In den Immissionsmessergebnissen spiegeln sich nur noch schwach die langlebigen Nuklide der früheren oberirdischen Kernwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl wider. In Einzelfällen waren Spuren der genehmigten Ableitungen aus dem Betrieb der Anlagen im aquatischen Bereich nachweisbar. Die Werte liegen in unbedenklichen Größenordnungen und sind für die Strahlenexposition der Bevölkerung bedeutungslos. Die Messwerte der Gamma-Ortsdosis liegen im Bereich der durch natürliche Radioaktivität bedingten Untergrundstrahlung. Für die **Strahlenbelastung der Menschen** spielt die Röntgen-diagnostik die weitaus größte Rolle.

Die auf der Erde vorkommenden chemischen Elemente weisen zu einem kleinen Anteil instabile Atomkerne auf. Ihre Kerne wandeln sich durch radioaktiven Zerfall um und senden hierbei energiereiche Strahlung aus. Charakteristische Größen sind die Strahlungsart (Abb. 9-1) und die Halbwertszeit.

Einige natürlich vorkommende Radionuklide, z. B. Uran-238, Thorium-232 und Kalium-40, haben Halbwertszeiten in der Größenordnung des Erdalters. Uran-238 und Thorium-232 sind Ausgangsnuklide von Zerfallsreihen mit zahlreichen weiteren natürlichen Radionukliden wie das radioaktive Edelgas Radon. Zusätzlich werden durch die Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit der uns umgebenden Luftschicht Radionuklide wie Krypton-85, Beryllium-7 oder Tritium ständig neu erzeugt. Durch die Aufnahme solcher natürlichen Radionuklide mit der Atemluft oder der Nahrung kommt es neben der äußeren auch zu einer inneren Strahlenexposition des Menschen.

Von den zahlreichen künstlich erzeugten Radionukliden haben nur wenige mit großen Halbwertszeiten oder hoher

Radiotoxizität für die Belastung von Mensch und Umwelt praktische Bedeutung.

Entscheidend für den Strahlenschutz des Menschen ist die biologische Wirkung, die die ionisierende Strahlung im Organismus hervorruft. Sie wird als Dosis bezeichnet. Um die verschiedenen Einwirkungsmöglichkeiten, z. B. Ganz- oder nur Teilkörperbestrahlung, äußere oder innere Exposition oder die Wirkungsunterschiede zwischen den Strahlungsarten vergleichbar zu machen, wird sie als „effektive Dosis“, gemessen in Sievert (Sv, mSv oder μ Sv), angegeben (Abb. 9-2).

Baden-Württemberg betreibt ein komplexes System zur Überwachung der Radioaktivität. Das Hauptaugenmerk richtet sich auf die kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen im Land an den Standorten Philippsburg, Neckarwestheim, Obrigheim und Karlsruhe. Immissionsseitig werden zudem die den grenznahen ausländischen Kernkraftwerken Fessenheim (Frankreich) und Leibstadt (Schweiz) gegenüberliegenden Regionen im Land überwacht. Neben dieser anlagenbezogenen Radioaktivitätsüberwachung werden auch im übrigen Landesgebiet so-

Strahlenart		maximale Reichweite in Luft	in Gewebe
Alpha-Strahlen	 Heliumkern	bis 12 cm	bis 0,15 mm
Beta-Strahlen	 Elektron	bis 15 m	bis 2 cm
Gamma-Strahlen		35 -100 m Schwächung auf die Hälfte	5 -15 cm

Abb. 9-1: Strahlungsarten und ihre Eigenschaften

Ursache Radioaktivität	Folge Strahlung	Wirkung Dosis
Zahl der pro Sekunde zerfallenden Atomkerne	Alpha-, Beta- und Gammastrahlung, Neutronenstrahlung	Energieabgabe im Gewebe, Zellschädigung
Maßeinheit: Becquerel (Bq)		Maßeinheit: Sievert (Sv)

Abb. 9-2: Radiologische Zusammenhänge

wohl der Strahlenpegel gemessen als auch Proben verschiedener Umweltmedien und Nahrungsmittel regelmäßig auf ihre Radioaktivitätsgehalte untersucht. Die Einrichtungen zur Online-Messung des Strahlenpegels (Gamma-Ortsdosisleistung) und zur nuklidspezifischen Messung der Radioaktivität in Schwebstoffen der Luft (Radioaerosole) bilden zusammen mit der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) zudem einen sensiblen Warndienst.

9.1 Anlagenbezogene Emissionsüberwachung

Der Betrieb kerntechnischer Anlagen sowie der Umgang mit radioaktiven Stoffen führt in vielen Fällen zu Ableitungen radioaktiver Stoffe über die Luft oder das Wasser in die Umwelt. Zur Minimierung dieser Emissionen legt die Atomaufsichtsbehörde Grenzwerte fest. Die abgeleiteten Aktivitätsmengen werden kontrolliert und nach Nuklidgruppen getrennt bilanziert. Überwacht werden die Kernkraftwerke Neckarwestheim (GKN I und GKN II) und Philippsburg (KKP 1 und KKP 2) sowie das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) und darüber hinaus die Einrichtungen auf dem Gelände des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT Campus Nord, vormals Forschungszentrum Karlsruhe). Die Anlagen und die Standorte werden auch nach Ende des Leistungsbetriebs weiter überwacht.

9.1.1 Abgaben mit der Abluft

Bei kerntechnischen Anlagen wird grundsätzlich die gesamte fortzuleitende Abluft über den Kamin abgeleitet und überwacht. In den Abbildungen 9.1-1 bis 9.1-3 sind die Emissionen der Nuklidgruppe Edelgase, die Emissionen beta- und gammastrahlender Aerosole sowie die Tritiumemissionen (H-3-Emissionen) dargestellt.

Bei Kernkraftwerken setzen sich die Edelgasemissionen vorwiegend aus den kurzlebigen radioaktiven Isotopen der Edelgase Xenon und Krypton zusammen. Die Edelgasemissionen spiegeln sowohl die leistungsabhängige Bildung von Edelgasen als auch die Dichtheit der Brennelementhüllen beim Betrieb von Kernkraftwerken wider. Auch Anlagen, die stillgelegt wurden, können noch Edelgase abgeben, solange nicht alle Brennelemente entladen und abtransportiert sind oder sie noch nicht völlig frei von Kernbrennstoffen sind.

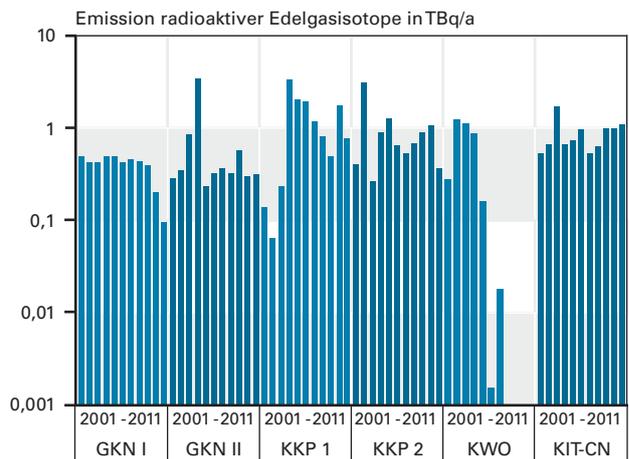


Abb. 9.1-1: Emissionen radioaktiver Edelgasisotope mit der Abluft 2000 bis 2011. GKN: Kraftwerke Neckarwestheim; KKP: Kraftwerke Philippsburg; KWO: Kraftwerk Obrigheim; KIT-CN: Karlsruher Institut für Technologie-Campus Nord. Quelle: Betreiberdaten 2012

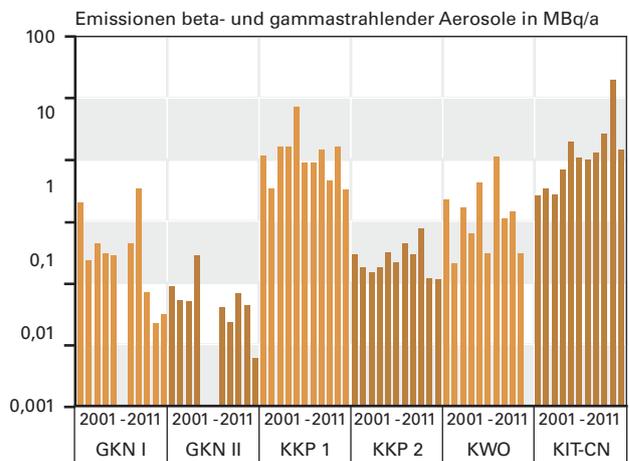


Abb. 9.1-2: Emissionen beta- und gammastrahlender Aerosole mit der Abluft 2001 bis 2011 (GKN 2005/2006 unterhalb der Erkennungsgrenze). GKN: Kraftwerke Neckarwestheim; KKP: Kraftwerke Philippsburg; KWO: Kraftwerk Obrigheim; KIT-CN: Karlsruher Institut für Technologie-Campus Nord. Quelle: Betreiberdaten 2012

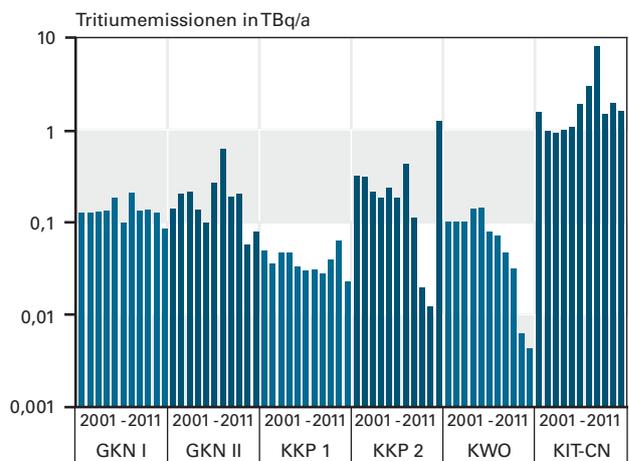


Abb. 9.1-3: Tritiumemissionen mit der Abluft 2000 bis 2011. GKN: Kraftwerke Neckarwestheim; KKP: Kraftwerke Philippsburg; KWO: Kraftwerk Obrigheim; KIT-CN: Karlsruher Institut für Technologie-Campus Nord. Quelle: Betreiberdaten 2012

Die durch diese künstlich erzeugten radioaktiven Edelgase verursachte durchschnittliche effektive Strahlenbelastung ist sehr gering. Sie liegt selbst im Nahfeld eines Kernkraftwerkes um etwa drei Größenordnungen unter der Strahlenbelastung, die durch das natürliche radioaktive Edelgas Radon bedingt ist. Die beta- und gammastrahlenden Aerosole können die unterschiedlichsten Spaltprodukte enthalten, wie Cäsium-137 oder Strontium-90. Sie können aber auch durch Aktivierung entstanden sein, wie Kobalt-60. Man spricht deshalb von Spalt- und Aktivierungsprodukten.

Bei Kernkraftwerken treten Emissionen von Spalt- und Aktivierungsprodukten vorwiegend während der Revision auf. Beim KIT-Campus Nord entstehen sie abhängig vom Betrieb der Abfallbehandlungsanlagen sowie bei der Stilllegung von Kontrollbereichen und von Anlagen aus der Wiederaufarbeitung. Tritium, das schwerste Wasserstoffisotop, entsteht bei Kernreaktoren im Brennstoff und im Kühlwasser. Es wird sowohl mit dem Abwasser in Form von überschwerem Wasser als auch gasförmig abgegeben. Siedewasserreaktoren wie KKP 1 geben typbedingt weniger Tritium mit der Fortluft ab als Druckwasserreaktoren (Abb. 9.1-3). Die Emissionen der Kernkraftwerke korrelieren in etwa mit der jeweiligen jährlichen Betriebsdauer. Sie liegen weit unterhalb der genehmigten Ableitungen. Die hierdurch bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung liegt mit weniger als 0,01 Millisievert pro Jahr (mSv/a) im Bereich weniger Promille der durchschnittlichen Strahlenexposition von etwa 4 mSv/a.

9.1.2 Abgaben mit dem Abwasser

Bei kerntechnischen Anlagen wird auch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser überwacht und bilanziert. In den Abbildungen 9.1-4 und 9.1-5 sind die Ableitungen der Nuklidgruppe der beta- und gammastrahlenden Radionuklide sowie von Tritium dargestellt. Edelgase spielen beim Abwasser keine Rolle.

Die beta- bzw. gammastrahlenden Radionuklide im Abwasser entstehen einerseits bei den Spaltvorgängen im Kernbrennstoff und andererseits durch Aktivierung im Neutronenfluss von vorher nicht aktiven Substanzen innerhalb der Wand- und Strukturmaterialien. Diese Spalt- und Korrosionsprodukte gelangen zum einen mittels Diffusion durch die Brennstabhüllrohre und zum anderen durch den korrosionsbedingten Materialabtrag in das Wasser des Primärkreislaufes und von dort in Spuren nach außen. Das

Auftreten künstlicher Radionuklide im Abwasser hängt von der Dichtheit der Umhüllung der Brennstäbe und der Leistungsfähigkeit der Wasserreinigungsanlagen ab. Die Ableitungen des KIT-Campus Nord sind mit denen von Kernkraftwerken nicht vergleichbar. Auf dem KIT-Gelände befinden sich neben verschiedenen Rückbauprojekten von Kernforschungseinrichtungen einschließlich Wiederaufbereitungsanlage und Verglasungsanlage auch das Zwischenlager und die Konditionierungseinrichtung für radioaktive Abfälle. Dabei entstehen teilweise andere Stoffe als beim Kernkraftwerkbetrieb.

Die Druckwasserreaktoren geben typischerweise jeweils mehr Tritium ab als der Siedewasserreaktor KKP 1 (Abb. 9.1-5). Langfristig betrachtet ist Tritium das im Abwasserpfad am häufigsten nachgewiesene künstliche Radionuklid.

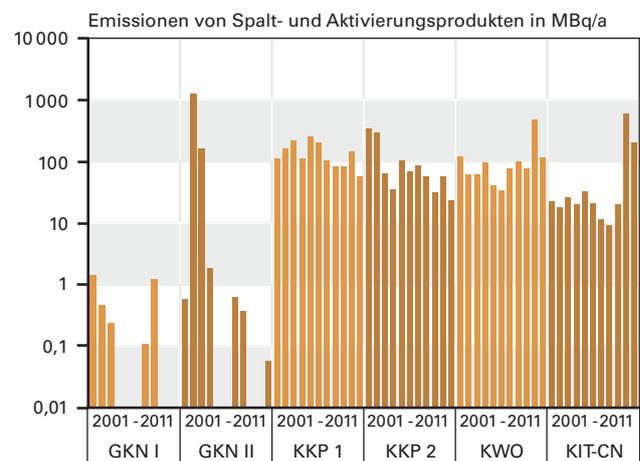


Abb. 9.1-4: Emissionen von Spalt- und Aktivierungsprodukten mit dem Abwasser 2000 bis 2011. GKN: Kraftwerke Neckarwestheim; KKP: Kraftwerke Philippsburg; KWO: Kraftwerk Obrigheim; KIT-CN: Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord. Quelle: Betreiberdaten 2012

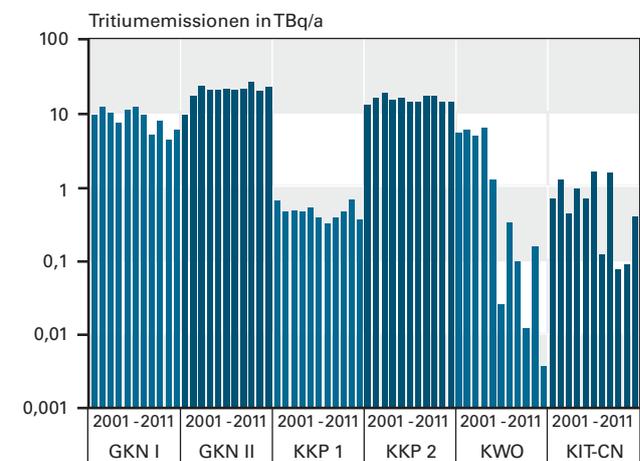


Abb. 9.1-5: Tritiumemissionen mit dem Abwasser 2000 bis 2011. GKN: Kraftwerke Neckarwestheim; KKP: Kraftwerke Philippsburg; KWO: Kraftwerk Obrigheim; KIT-CN: Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord. Quelle: Betreiberdaten 2012

9.2 Anlagenbezogene Immissionsüberwachung

Die Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen umfasst die Messung der Gamma-Ortsdosis, der Aerosole und des Niederschlags in der Umgebung. Außerdem werden Boden, Bewuchs, pflanzliche Nahrungsmittel, Milch und Milchprodukte, Oberflächenwasser, Sedimente, Fische und Trinkwasser untersucht. Je nach Medium werden die Proben ganzjährig oder saisonabhängig eingeholt. Regionale Besonderheiten, z. B. der Weinbau, werden dabei berücksichtigt. In den Messergebnissen spiegeln sich noch schwach die langlebigen Nuklide der früheren oberirdischen Kernwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl wider. In Einzelfällen waren Spuren der genehmigten Ableitungen aus dem Betrieb der Anlagen im aquatischen Bereich nachweisbar. Die Werte liegen in unbedenklichen Größenordnungen und sind für die Strahlenexposition der Bevölkerung bedeutungslos. Höhere Werte als die zur Ableitung genehmigte Aktivität wurden nicht festgestellt. Die Messwerte der Gamma-Ortsdosis liegen im Bereich der durch natürliche Radioaktivität bedingten Untergrundstrahlung. Die Werte der Neutronen-Ortsdosis liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Für die Bevölkerung in Baden-Württemberg kann aufgrund der ermittelten Radioaktivitätsgehalte in den überwachten Medien eine unzulässige Strahlenbelastung durch den Betrieb der kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen ausgeschlossen werden.

Die einzelnen Ergebnisse der anlagenbezogenen Immissionsüberwachung dokumentiert die LUBW jährlich in dem Bericht „Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Radioaktivität > Überwachung).

9.3 Umweltbezogene Immissionsüberwachung

Strahlenexpositionen entstehen entweder über Direktstrahlung von außen oder über die Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper, in der Regel über die Atemluft oder über die Nahrung. Dies gilt sowohl für künstliche als auch für natürliche Radionuklide. Die wichtigsten im Durchschnittsmenschen in einem dynamischen Gleichgewicht von Aufnahme und Ausscheidung stets vorhandenen Radionuklide sind Kalium-40 mit ca. 4 200 Becquerel (Bq)

und Kohlenstoff-14 mit ca. 3 800 Bq. Alle inkorporierten Radionuklide natürlichen Ursprungs führen zusammen zu einer inneren Strahlenexposition von rund 0,3 mSv/a.

9.3.1 Luft

Die Konzentrationen radioaktiver Stoffe in den Umweltmedien Luft, Wasser, Boden sowie in der Nahrungskette sind äußerst gering. In der Luft kommen an künstlichen Radionukliden die Edelgase Krypton-85 (Halbwertszeit 10,8 Jahre) und Xenon-133 (Halbwertszeit 5,3 Tage) vor, die aus der technischen Nutzung der Kernenergie stammen. Das langfristig gemessene Jahresmittel der Krypton-85-Aktivität erhöhte sich in den vergangenen 30 Jahren in unseren Breitengraden von 0,6 Bq/m³ auf über 1,5 Bq/m³. Dies entspricht dem globalen Trend und zeigt, dass die Freisetzungsrates für Krypton-85 weltweit größer ist als seine radioaktive Zerfallsrate. Radiologisch sind Krypton-85 und Xenon-133 in den beobachteten Aktivitätskonzentrationen ohne Bedeutung. Luftgetragene, nicht gasförmige radioaktive Stoffe werden mit Niederschlägen in den Boden ausgewaschen und dort entweder eingelagert, von der Vegetation aufgenommen oder mit Grund- oder Oberflächenwasser abgeführt.

9.3.2 Wasser

In allen Wasserproben sind stets Spuren von Tritium enthalten. Es entsteht sowohl auf natürlichem Wege durch die kosmische Höhenstrahlung als auch künstlich durch technische Prozesse. Aufgrund der früheren Kernwaffentests liegt der Tritiumgehalt oberflächennaher Wässer bei etwa 2 Bq/l bis 4 Bq/l. Ohne Einfluss des Menschen läge er wie bei sehr alten Tiefenwässern bei unter 1 Bq/l. Bei den oberirdischen Fließgewässern konnten so gut wie keine im Wasser gelösten künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden. Allerdings transportieren Bäche und Flüsse auch mehr oder weniger feine Schwebstoffe, an denen radioaktive Stoffe angelagert werden können und die auf dem Gewässerboden als Sediment abgelagert werden. In den stromabwärts von kerntechnischen Anlagen gelegenen Flussabschnitten sind künstliche Radionuklide in den Sedimenten nachweisbar. Den Hauptanteil hat jedoch das Nuklid Cäsium-137, das vorwiegend aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl stammt. Bei Kobalt-60 und Cäsium-134 sind die Nachweisgrenzen in den meisten Fällen unterschritten. Jod-131 wird vereinzelt gemessen, teilweise be-

dingt durch Einträge aus der Nuklearmedizin. Die in den Sedimenten ermittelten Werte schwanken zwischen weniger als 1 Bq/kg und knapp 30 Bq/kg Trockenmasse (TM). Das natürlich vorkommende Kalium-40 findet man dagegen regelmäßig in Konzentrationen von mehreren Hundert Bq/kg TM.

In den untersuchten Trink- und Grundwässern konnten außer gelegentlichen Spuren von Strontium-90 (zwischen 0,001 Bq/l und 0,01 Bq/l) keine künstlichen beta- oder gammastrahlenden radioaktiven Inhaltsstoffe nachgewiesen werden. Die Strontiumkonzentrationen liegen unterhalb der Gehalte, die an natürlichen Radionukliden anzutreffen sind: Trinkwasser weist in Deutschland Kalium-40-Konzentrationen um die 0,2 Bq/l und Radium-226-Konzentrationen um die 0,004 Bq/l auf. Werden Wässer als Trinkwasser aufbereitet oder verwendet, so schreibt die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) die Einhaltung einer Dosis von maximal 0,1 mSv/a infolge Trinkwasserkonsums vor. Die zulässige Tritiumaktivität beträgt 100 Bq/l. Der Gehalt an natürlich vorkommendem Uran im Trinkwasser ist mit 10 µg/l begrenzt. Er wird nicht als Aktivitätswert, sondern als Massenkonzentration vorgegeben und ermittelt, weil die Radiotoxizität (Schädigung durch Strahlung) des Urans von untergeordneter Bedeutung gegenüber der chemischen Toxizität als Schwermetall ist.

9.3.3 Boden

Nahezu alle radioaktiven Stoffe, die heute bei den Untersuchungen von Pflanzen, Tieren und Menschen gefunden werden, stammen aus dem Boden. Überwiegend sind dies natürliche radioaktive Stoffe. Von den künstlichen Radionukliden stammt der überwiegende Teil, das Strontium-90 und ein Teil des Cäsiums-137, aus früheren Kernwaffentests. Das übrige Cäsium-137 ist dagegen auf den Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986 zurückzuführen. Die auf dem Boden abgelagerte Aktivität ist durch den radioaktiven Zerfall von Cäsium-137 (Halbwertszeit: 30,17 Jahre) bis 2012 erst auf knapp 55 % des Ausgangswertes von 1986 zurückgegangen. Insbesondere in Bayern und in den südlichen und südöstlichen Regionen Baden-Württembergs weisen die Böden auch heute noch im Vergleich zu den anderen Bundesländern höhere spezifische Cäsiumaktivitätswerte auf. Innerhalb von Baden-Württemberg streuen sie jedoch stark, entsprechend dem damaligen Eintrag und der späteren Verlagerung in andere Bodenschichten. Das

Cäsium-137 befindet sich auch heute noch im Wesentlichen im Wurzelbereich der Pflanzen. In Waldböden ist aufgrund eines hohen Humusanteils das Cäsium-137 noch gut für Waldpflanzen wie Farne, Brombeeren oder Pilze verfügbar.

9.3.4 Nahrungsmittel

Am Beispiel essbarer **Waldpilze** lässt sich verdeutlichen, wie sich Cäsium-137 in der Nahrungskette anreichert. Pilze entnehmen ihre Nährstoffe den obersten Bodenschichten. Über 50 % des Cäsium-137 befindet sich in der rund 10 cm dicken oberen Bodenschicht. Einige Pilzgattungen und -arten, wie beispielsweise Maronnröhrlinge, nehmen Cäsium-137 besonders gut auf, ähnlich verhalten sich Semmelstoppelpilze, Ockertäublinge, Perlpilze, graublättrige Schwefelköpfe oder Habichtspilze. Andere, wie der Safran-schirmling oder verschiedene Champignonarten, bleiben dagegen trotz exponierter Böden nur gering mit Cäsium-137 kontaminiert. Neben diesen artspezifischen Eigenschaften hängt die Cäsiumbelastung auch stark von der Höhe der örtlichen Bodenkontamination und der Bodenart ab. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl war die Region Oberschwaben durch örtliche Niederschläge höher belastet als andere Regionen. Deshalb findet man dort auch heute noch relativ hohe Cäsiumbelastungen in Pilzen. In Hirschtrüffeln, nicht essbaren Pilzen, die unterirdisch in der Humusschicht des Fichtenwaldbodens wachsen, reichert sich das Cäsium-137 besonders an.

Zur Nahrungsergänzung werden Hirschtrüffel von **Wildschweinen** ausgegraben und aufgenommen. Deren Fleisch kann dann in Einzelfällen Aktivitätskonzentrationen durch Cäsium von bis zu einigen 1 000 Bq/kg Fleisch aufweisen. Um sicherzustellen, dass kein Wildschweinfleisch mit mehr als 600 Bq/kg Cäsium-137 in den Handel gelangt, wurde in Baden-Württemberg ein verstärktes Überwachungsprogramm aufgelegt. Danach muss in Gemeinden, die als belastet ausgewiesen sind, jedes erlegte Wildschwein vor seiner Vermarktung auf Radioaktivität durch Eigenkontrollmessstellen der Jägerschaft untersucht werden. Das Chemische und Veterinäruntersuchungsamt (CVUA) Freiburg bereitet die Ergebnisdaten zentral für Baden-Württemberg auf (www.ua-bw.de > CVUA Freiburg > Radioaktivität > Cs-137 in Wild).

Im Jagdjahr 2010/11 betrug der gemessene Spitzenwert 9 640 Bq/kg Cäsium-137 bei einem Wildschwein aus dem

Kreis Ravensburg. Bei Rehwild ist die Grenze für die Verzehrbarkeit von 600 Bq/kg inzwischen regelmäßig unterschritten. Die Aktivitätsgehalte werden völlig unbedeutend, sobald die Rehe und Wildschweine mit unkontaminierter Nahrung gefüttert wurden, z. B. bei Haltung im Gehege.

Radiologisch betrachtet führt ein mäßiger Verzehr von belasteten Pilzen oder Wildfleisch zu keiner gesundheitlich relevanten Strahlenbelastung.

Insgesamt ist die Belastung der Lebensmittel mit künstlichen Radionukliden so gering, dass in der überwiegenden Zahl der landwirtschaftlichen Produkte die künstlichen Radionuklide mit den üblichen Routinemessungen nicht nachweisbar sind, wie die Abbildungen 9.3-1 und 9.3-2 verdeutlichen.

Wichtig für die Beurteilung des Radioaktivitätsgehalts in Nahrungsmitteln ist die Höhe der Strahlenexposition, die sich aus dem Verzehr für den Menschen ergibt. Als Faust-

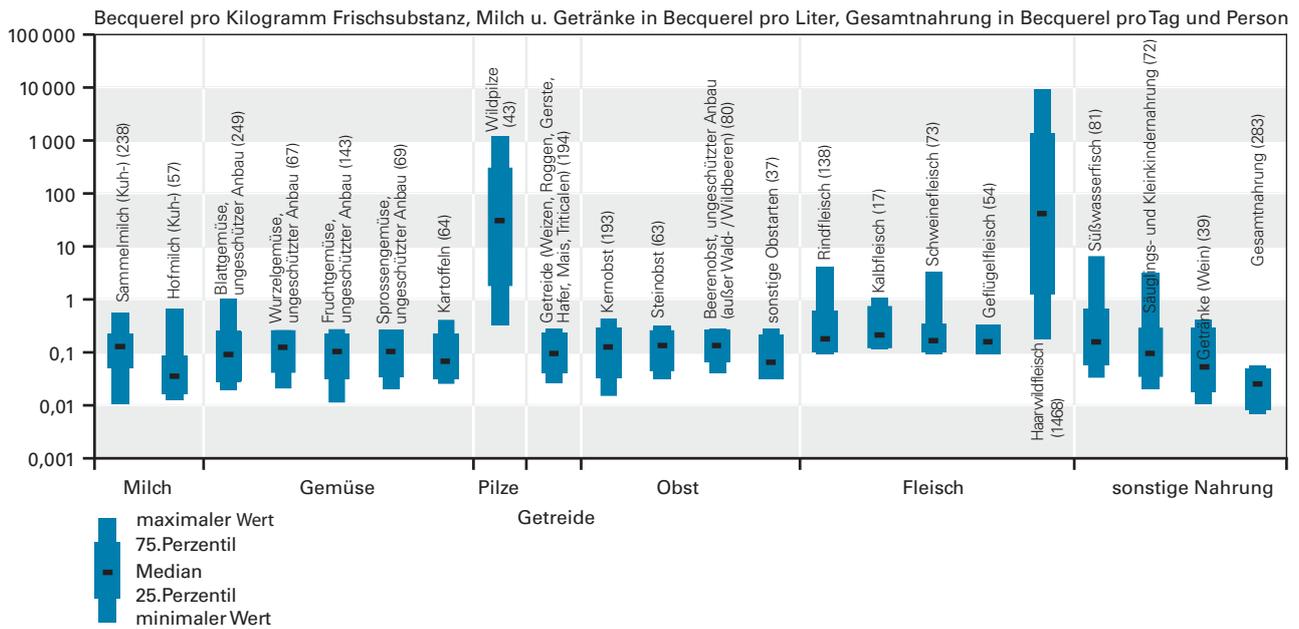


Abb. 9.3-1: Cäsium-137 in Nahrungsmitteln in Baden-Württemberg 2009 bis 2011. Die spezifische Zahl der Proben ist jeweils in Klammern vermerkt. Gesamtzahl der Messungen: 3722. Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz. Stand: 2011

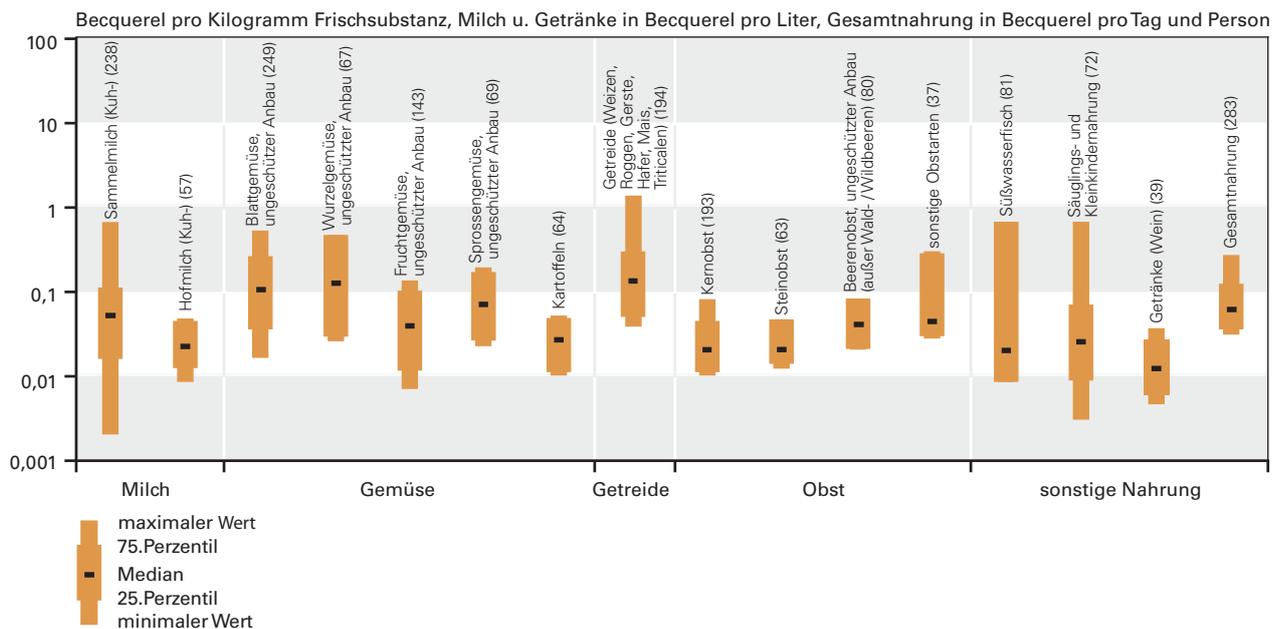


Abb. 9.3-2: Strontium-90 in Nahrungsmitteln 2009 bis 2011 in Baden-Württemberg. Die spezifische Zahl der Proben ist jeweils in Klammern vermerkt. Gesamtzahl der Messungen: 432. Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz. Stand: 2011

regel gilt, dass die Aufnahme von 80 000 Bq Cäsium-137 mit Lebensmitteln bei Erwachsenen einer Strahlenexposition von etwa 1 mSv entspricht. Die Strahlenexposition durch den Verzehr von Nahrungsmitteln hängt aber vom individuellen Ernährungsverhalten ab.

9.4 Strahlenbelastung des Menschen

9.4.1 Strahlenexposition der Bevölkerung

Die in der Atemluft, dem Trinkwasser und der Nahrung vorhandenen Radionuklide bewirken, dass auch der menschliche Körper Radioaktivität aufweist. Seit 1961 in Karlsruhe durchgeführte Messungen zeigen für Cäsium-137 einen durch die beiden wesentlichen radiologisch bedeutsamen Ereignisse, die oberirdischen Kernwaffentests und den Reaktorunfall in Tschernobyl, geprägten Verlauf (Abb. 9.4-1). Dabei war die Körperaktivität durch das Cäsium-137, das von den früheren Kernwaffentests verursacht wurde, im Karlsruher Raum deutlich größer als die durch die Reaktorkatastrophe in Tschernobyl verursachte Körperaktivität. Die Havarie mehrerer japanischer Kernkraftwerke infolge der Tsunamikatastrophe in Fukushima im März 2011 verursachte dagegen bis heute in ganz Europa keine nachweisbare Strahlenexposition. Die aktuellen Werte für Cäsium-137 sind deutlich niedriger als 1 Bq/kg Körpergewicht. Die durch natürliches Kalium-40 bedingte Aktivität des menschlichen Körpers liegt mit etwa 50 bis 70 Bq/kg Körpergewicht durchgehend sehr viel höher.

Die natürliche Strahlenexposition des Menschen setzt sich aus einer Einwirkung von außen durch die kosmische und

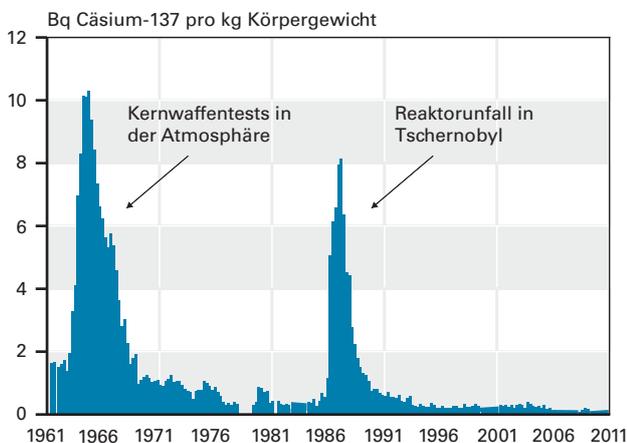


Abb. 9.4-1: Spezifische Aktivität von Cäsium-137 im menschlichen Körper im Raum Karlsruhe. Quelle: Karlsruher Institut für Technologie. Stand: 2012

terrestrische Strahlung und einer Einwirkung von innen durch in den Körper gelangte radioaktive Stoffe zusammen (Abb. 9.4-2). Im Mittel kommen 1,1 mSv pro Jahr allein durch die Inhalation von Radon und seinen Zerfallsprodukten in Wohngebäuden zustande, wenn diese auf entsprechendem Untergrund stehen, das Radongas durch Porositäten der Bodenplatte diffundieren kann und Keller und Wohnraum schlecht durchlüftet sind. Verstärktes Lüften kann hier bereits eine deutliche Minderung bewirken. Die gesamte mittlere effektive Dosis durch die natürliche Strahlenexposition beträgt in Deutschland 2,1 mSv/a.

Die gesamte mittlere effektive Dosis aus zivilisatorisch erhöhter Strahlenexposition liegt in Deutschland bei 1,9 mSv/a. Von allen Anwendungsgebieten ionisierender Strahlen liefert die Röntgendiagnostik mit etwa 1,8 mSv/a den bei weitem größten Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung. Der Beitrag der verschiedenen nuklearmedizinischen Untersuchungen ist mit 0,12 mSv mittlerer effektiver Dosis pro Jahr und Einwohner dagegen schon vergleichsweise gering. Weitere Dosisbeiträge aus anderen zivilisatorischen Strahlenexpositionen sind demgegenüber faktisch zu vernachlässigen (Abb. 9.4-2). Die effektive Dosis aus allen Strahlenquellen zusammen beträgt somit für einen Einwohner in Deutschland im Mittel ungefähr 4 mSv/a.

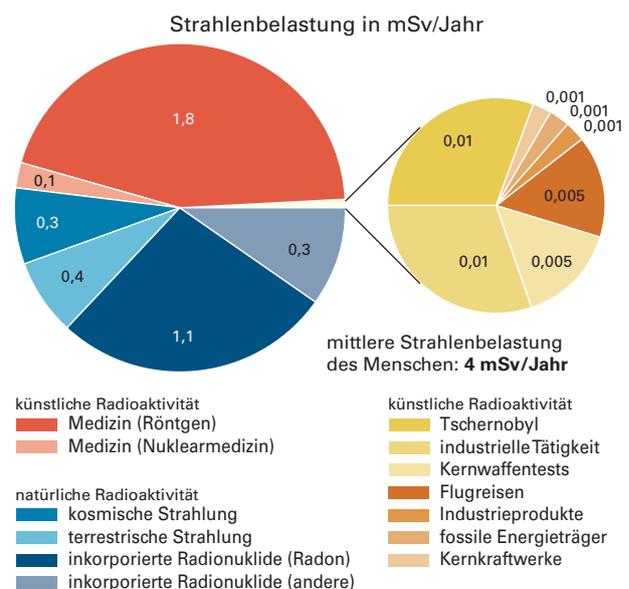


Abb. 9.4-2: Beiträge zur mittleren effektiven Jahresdosis der Bevölkerung [KOELZER 2008].

9.4.2 Berufliche Strahlenexposition

Personen, die in Bereichen mit erhöhter Strahlung arbeiten, unterliegen der Strahlenschutzüberwachung. Dies betraf in Deutschland im Jahr 2009 ca. 371 000 Personen. Der Großteil dieser strahlenexponierten Personen wird während der Arbeitszeit mit Dosimetern überwacht. Die mittlere effektive Dosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen (ca. 334 000) lag 2009 bei 0,13 mSv. Bei ca. 85 % der überwachten Personen lag während des ganzen Überwachungszeitraums die Personendosis unter der Nachweisgrenze. Bei den Überwachten mit einer messbaren Dosis (ca. 51 000 Personen) betrug die mittlere Jahrespersonendosis 0,84 mSv. Durch kosmische Strahlung während des Fluges waren aus dem Personenkreis des fliegenden Personals mit ca. 36 000 Personen (im Vorjahr: ca. 37 000) nahezu alle exponiert. Ihre mittlere berufliche Jahresdosis betrug 2,4 mSv. Damit ist das fliegende Personal weiterhin die am höchsten strahlenexponierte Berufsgruppe in Deutschland, weit höher als das beruflich strahlenexponierte Personal aus Industrie, Medizin oder kerntechnischen Anlagen [BFS 2009].

Bei der Gewinnung von Wasser kann Radon in unterschiedlichen Mengen auch in die Wassergewinnungsanlagen gelangen. Durch Verwirbelung des Wassers bei der Wasseraufbereitung entweicht der überwiegende Teil an Radon innerhalb des Wasserwerkes. In einzelnen Bereichen der Wasserwerke können dadurch hohe Radonkonzentrationen in der Luft zustande kommen. So sind in Hochbehältern Konzentrationen von einigen 10 000 Bq/m³ und ohne Lüftung sogar bis zu 100 000 Bq/m³ möglich. Durch die Inhalation dieses natürlich vorkommenden radioaktiven Edelgases und seiner Folgeprodukte muss an bestimmten Arbeitsplätzen in Wasserwerken mit erhöhten Strahlenexpositionen gerechnet werden. Zum Teil reichen aber schon einfache Maßnahmen wie verstärktes Lüften und kürzere Einsatzzeiten aus, um die Dosis auf tolerierbare Werte zu verringern.

Weiterführende Informationen enthalten der 2012 von der LUBW veröffentlichte Bericht „Radioaktivität in Baden-Württemberg“ sowie die Internetseiten der LUBW (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Radioaktivität).

10 Elektromagnetische Felder

Das Wichtigste in Kürze

Im landesweiten Durchschnitt lagen die Einwirkungen durch elektromagnetische Felder im Jahr 2009 bei etwa 1 % des Grenzwertes der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV). Dies ergab die Erfassung der Einwirkungen von **hochfrequenten elektromagnetischen** Feldern in den Jahren 2003 und 2009 durch die LUBW an insgesamt fast 900 bzw. 600 Messpunkten in Baden-Württemberg. Die Belastungen sind landesweit im Zeitraum von 2003 bis 2009 insgesamt nicht angestiegen. In Teilbereichen kam es jedoch zu Erhöhungen. So nahmen etwa die elektromagnetischen Felder durch den Mobilfunk innerhalb der Städte zu. In Stuttgart betrug diese Zunahme etwa 30 %. Durch die Abschaltung von Sendern im Rundfunk- und analogen Fernsbereich haben die Einwirkungen in diesem Bereich abgenommen.

Überall, wo Elektrizität erzeugt, transportiert oder genutzt wird, entstehen als unvermeidliche Begleiterscheinung elektromagnetische Felder. Für diese Felder besitzen wir Menschen, mit Ausnahme von Wärmestrahlung und Licht, kein Sinnesorgan. Das Spektrum der elektromagnetischen Felder erstreckt sich von den statischen über die niederfrequenten und hochfrequenten Felder, die Wärmestrahlung und das sichtbare Licht bis in den Bereich der ionisierenden Strahlung (Röntgenstrahlung, Gammastrahlung; Abb. 10-1). In diesem Kapitel werden nur die nichtionisierende Strahlung (nieder- und hochfrequente Felder) behandelt. Aufgrund der rasanten Entwicklung mobiler Kommunikationstechniken wie z. B. Mobilfunk, spielen die hochfrequenten Funkwellen eine besondere Rolle. Nicht ionisierende Strahlung kann direkt auf den Körper einwirken und dort unterschiedliche Wirkungen hervorrufen. Bei statischen Feldern (Gleichfeldern) kommen Effekte wie das Aufrichten der Haare oder Elektrisierung und Entladung vor. Bei niederfrequenten Feldern dominieren die Reizwirkungen auf die Zellen. Die Auslöser sind die durch die Felder im Körper hervorgerufenen Ströme (sogenannte Körperströme). Bei hochfrequenten Feldern sind thermische Wirkungen vorherrschend, also eine Erwärmung des Körpers bzw. bestimmter Körperteile. Das in den Jahren 2002 bis 2008 in Deutschland durchgeführte umfangreiche „Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm“ (DMF) konnte Hinweise auf gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter Felder nicht bestätigen (www.bfs.de > Elektromagnetische Felder > Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)). Offen blieb jedoch die Frage nach möglichen Langzeitrisiken für Nutzungszeiten der Handys von mehr als zehn Jahren. Außerdem besteht weiterhin Forschungsbedarf zur Klärung der Frage, ob Kinder emp-

findlicher auf hochfrequente elektromagnetische Felder reagieren als Erwachsene.

Insgesamt ist beim gleichzeitigen Betrieb mehrerer Quellen elektromagnetischer Felder in der Zukunft Vorsorge geboten. Die Strahlenschutzkommission fordert das Be-

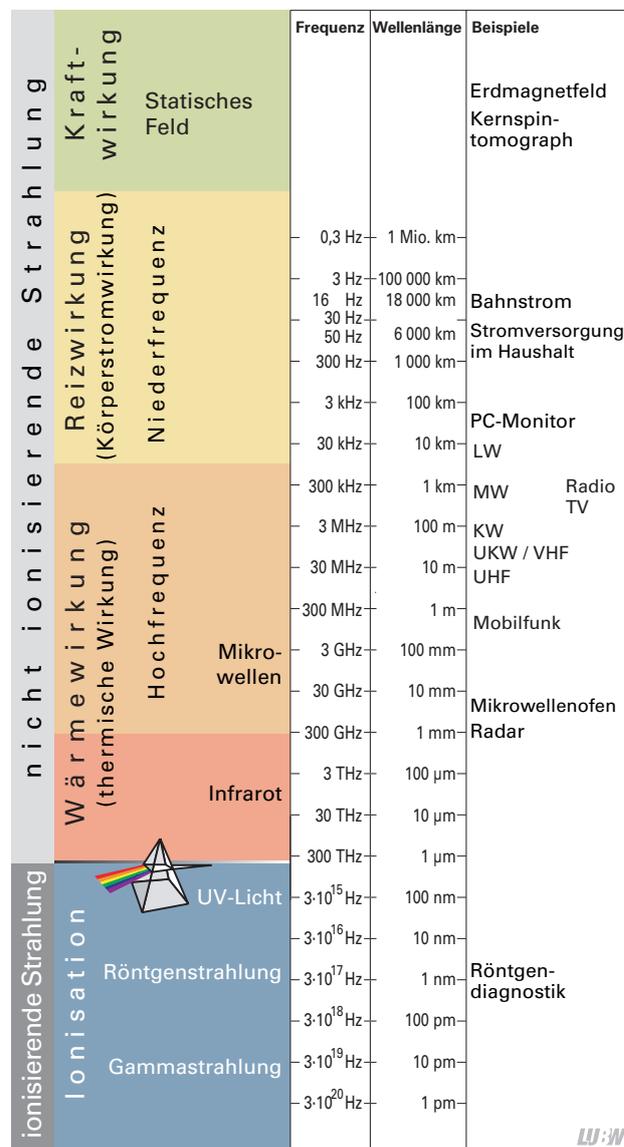


Abb. 10-1: Elektromagnetische Felder (bzw. Wellen oder Strahlen) umfassen einen weiten Frequenzbereich – dargestellt in Hertz (Hz), mit Beispielen technischer Nutzung.

wusstsein ein, dass die Expositionen beim Menschen ohne Gesundheitsrisiken nicht beliebig zu steigern sind. Es sollte daher der verfügbare Expositionsbereich als kostbares Gut angesehen werden, mit dem verantwortungsbewusst umzugehen ist. 2011 hat die WHO/IARC (International Agency for Research on Cancer; Internationale Agentur für Krebsforschung) auch die hochfrequenten elektromagnetischen Felder vorsorglich als „möglicherweise krebserregend“ eingestuft. Grund hierfür waren Forschungsergebnisse, die auf ein erhöhtes Krebsrisiko bei intensiver Handynutzung hindeuten könnten. Hinsichtlich eines erhöhten Krebsrisikos durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung in der Umwelt (z. B. Sendeanlagen des Mobilfunks, Rundfunks oder Fernsehens) wurden keine Schlussfolgerungen gezogen [IARC/WHO 2011]. Die Einstufung wird derzeit in Fachkreisen kontrovers diskutiert.

10.1 Hochfrequente Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden vor allem zur Übertragung von Informationen über Funk verwendet, wie z. B. beim Radio, Fernsehen oder Mobilfunk, ebenso beim Schnurlostelefon (DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications) und bei kabellosen Verbindungen wie WLAN (Wireless Local Area Network). Da elektromagnetische Wellen Energie transportieren, lässt sich mit ihnen auch Materie erwärmen. Beispiele für solche Anwendungen sind Induktionsöfen, Hochfrequenzschweißgeräte oder Mikrowellengeräte.

10.1.1 Quellen hochfrequenter Felder

In den letzten Jahren hat die Anwendung des Mobilfunks rasant zugenommen (Abb. 10.1-1 und 10.1-2). Der Ausbau des Mobilfunknetzes wird von Teilen der Bevölkerung mit Besorgnis beobachtet. Ende 2011 gab es in Baden-Württemberg rund 8 500 Standorte mit Mobilfunksendeanlagen. Deutschlandweit sind es fast 70 000 Standorte. Mithilfe eines Feldberechnungsprogramms kann das Abstrahlverhalten einer solchen Sendeanlage (Mobilfunkantenne) dargestellt werden (Abb. 10.1-3). Der Hauptstrahl trifft erst in ca. 107 m Entfernung auf den Boden. Dort werden Leistungsflussdichten von etwa 2 Milliwatt pro Quadratmeter (mW/m^2) erreicht (dunkelgrün). Durch die spezielle Abstrahlcharakteristik der Antenne kann es in Bodennähe

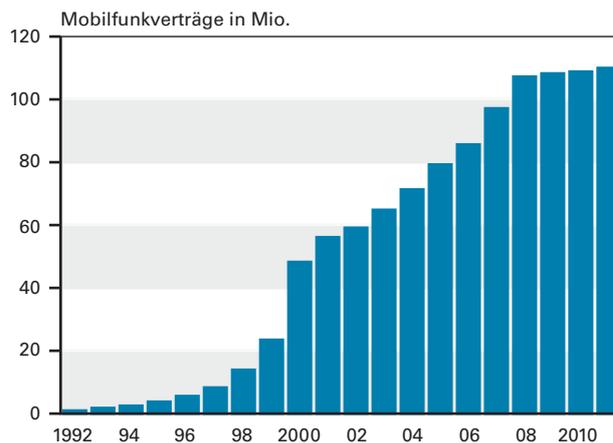


Abb. 10.1-1: Teilnehmerentwicklung: Mobilfunkverträge in Deutschland (inkl. Prepaidkarten) von 1992 bis 2011. Quelle: Bundesnetzagentur. Stand: 2012

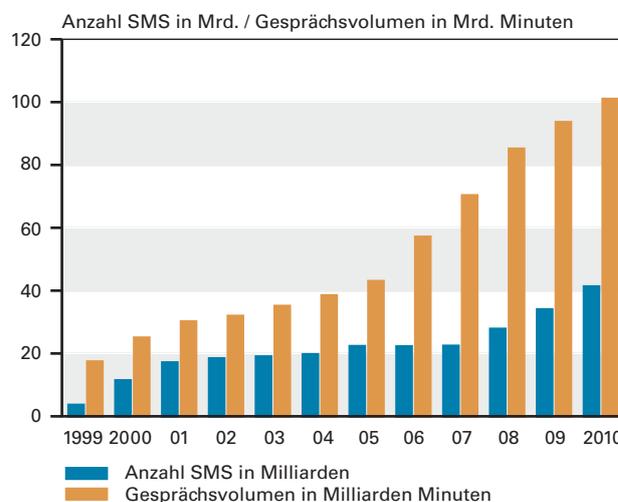


Abb. 10.1-2: Mobilfunknutzung, Entwicklung der Gesprächszeiten (Mobiltelefone, ausgehende Gespräche) und versandte SMS-Nachrichten in Deutschland von 1999 bis 2010. Quelle: Bundesnetzagentur. Stand: 2012

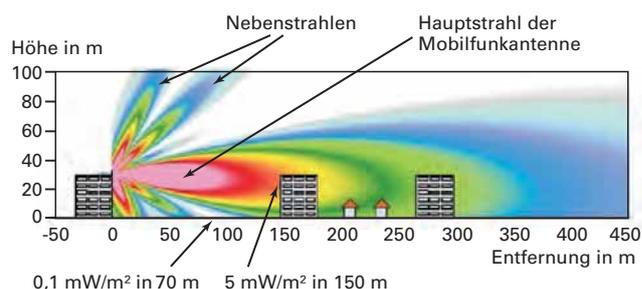


Abb. 10.1-3: Abstrahlverhalten einer Mobilfunkantenne (Beispiel Sektorantenne in 30 m Höhe). Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Leistungsflussdichte (in Milliwatt pro m^2). Quelle: Landesamt für Umweltschutz Bayern (LfU). Stand: 2009

dazu kommen, dass näher an der Sendeanlage liegende Immissionspunkte mit geringeren Werten beaufschlagt werden als weiter entfernte. Insgesamt werden durch den Betrieb von Mobilfunksendeanlagen immissionsseitig die Grenzwerte der 26. BImSchV deutlich unterschritten.

Die flächendeckende Mobilfunkversorgung erfordert ein dichtes Netz von Basisstationen. Diese verursachen eine flächendeckende Belastung durch elektromagnetische Felder in der Umwelt. Handys haben zwar wesentlich niedrigere Sendeleistungen als Basisstationen, die Belastung eines Menschen durch das Handy während eines Gesprächs ist jedoch viel höher. Der Grund hierfür ist der geringe Abstand zwischen Handyantenne und dem Kopf des Anwenders. Seit der Einführung von UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ist mobiles Internetsurfen mit hoher Geschwindigkeit möglich. Zukünftig ermöglicht die Technik der neuen LTE-Netze (Long Term Evolution), deren Frequenzen 2010 versteigert wurden, noch höhere Geschwindigkeiten.

Derzeit wird außerdem deutschlandweit ein gemeinsames digitales Behördenfunknetz für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) aufgebaut. Darunter fallen z. B. Feuerwehren, Rettungsdienste, Technisches Hilfswerk sowie Bundes- und Landespolizei.

In Deutschland werden für das neue digitale Behördenfunknetz rund 4 500 Basisstationen benötigt. In Baden-Württemberg sind derzeit 635 Standorte geplant. Im Gegenzug werden analoge BOS-Funkanlagen abgebaut.

Auch schnurlose Festnetztelefone übertragen mit Funkwellen im Gigahertzbereich Gespräche zwischen der am Festnetz angeschlossenen Basisstation und einem oder mehreren Mobilteilen. Dabei wird der sogenannte DECT-Standard verwendet. Für den Aufbau kabelloser Verbindungen zwischen Geräten der Telekommunikation und der Datenverarbeitung dienen WLAN und Bluetooth. Auch hier werden elektromagnetische Felder mit Frequenzen im Gigahertz-Bereich verwendet. Die hierdurch auftretende Strahlung bleibt aber deutlich unter den Grenzwerten für die spezifischen Absorptionsraten (Teil- oder Ganzkörper). Die spezifische Absorptionsrate (SAR) beschreibt, wie viel Leistung in Watt pro Kilogramm Körpergewicht (W/kg) absorbiert wird.

Rundfunk- und Fernsehsender tragen am meisten zur durchschnittlichen Exposition der Bevölkerung mit hochfrequenten Funkwellen bei. Zur flächendeckenden Versorgung der Bevölkerung gibt es in Baden-Württemberg eine Vielzahl von Standorten mit Rundfunk- und Fernsehsendeanlagen. Im Bereich des Fernsehens erfolgte eine Umstellung des analogen auf das digitale Fernsehen. Dadurch kam es insgesamt zu einer Absenkung der Immissionen in diesem Bereich.

10.2 Monitoring hochfrequenter Felder in der Umwelt

2003 wurden im Rahmen eines umfangreichen Messprogramms die Einwirkungen durch elektromagnetische Wellen in mehreren repräsentativen Gebieten Baden-Württembergs flächenhaft an fast 900 Messpunkten erfasst (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Elektromagnetische Felder > Messungen). Dabei wurden alle wesentlichen Funkanwendungen im Frequenzbereich von 9 Kilohertz (kHz) bis 3 Gigahertz (GHz), insbesondere Rundfunk, Fernsehen und Mobilfunk, abgedeckt. Die Messungen umfassten etwa 10 % der Landesfläche und 143 Gemeinden, in denen etwa ein Drittel der Bevölkerung Baden-Württembergs lebt. Im Jahr 2009 wurden an 600 dieser Messpunkte erneut Messungen in den Regionen Mannheim-Heidelberg, Freiburg, Stuttgart und Oberschwaben in städtischen und ländlichen Gebieten vorgenommen, um Veränderungen zu erfassen und zu dokumentieren.

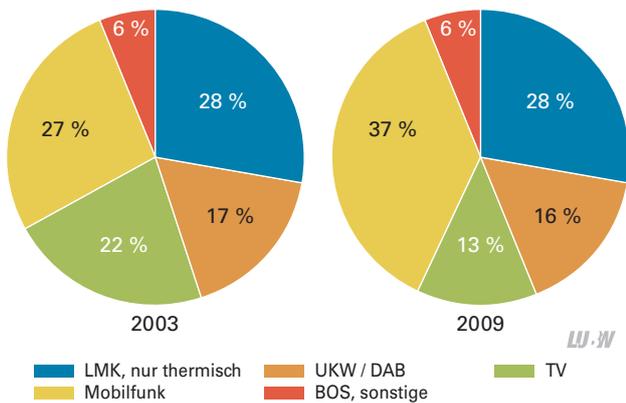
In allen Untersuchungsgebieten schöpften 2009 die durchschnittlichen Einwirkungen die gesetzlichen Grenzwerte (Tab. 10.2-1) zu weniger als 1 % aus.

Tab. 10.2-1: Grenzwerte für Hochfrequenzanlagen nach der 26. BImSchV in Volt pro Meter (V/m) und Ampere pro Meter (A/m). Der Grenzwert ist von der Frequenz (f) abhängig.

Frequenz in MHz	Effektivwert der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle	
	Elektrische Feldstärke in V/m	Magnetische Feldstärke in A/m
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2 000	$1,375\sqrt{f}$	$0,0037\sqrt{f}$
2 000 – 300 000	61	0,16

10.2.1 Anteile der Quellen an der Gesamtmission

Den höchsten Anteil an den Gesamtmissionen haben die leistungsstarken Rundfunk- und Fernsehsender, wobei sowohl Körperstromwirkung als auch thermische Wirkung berücksichtigt sind. Im Bereich der thermischen Wirkung allein, also oberhalb der Frequenz 100 kHz, stellt 2009 der Mobilfunk mit rund 37 % die stärkste Gruppe dar. An zweiter Stelle folgen mit 28 % die Lang-, Mittel- und Kurzwellessender, gefolgt von den UKW-Sendern mit 16 % und den vorwiegend digitalen Fernsehsendern mit 13 %. Der Beitrag der BOS-Sendeanlagen (Feuerwehr- und Polizei-funk) und der sonstigen Funkdienste (z. B. WLAN, schnurlose DECT-Telefone, Betriebsfunk) bleibt unter 6 % der thermischen Gesamtwirkung (Abb. 10.2-1). Deutliche Ver-

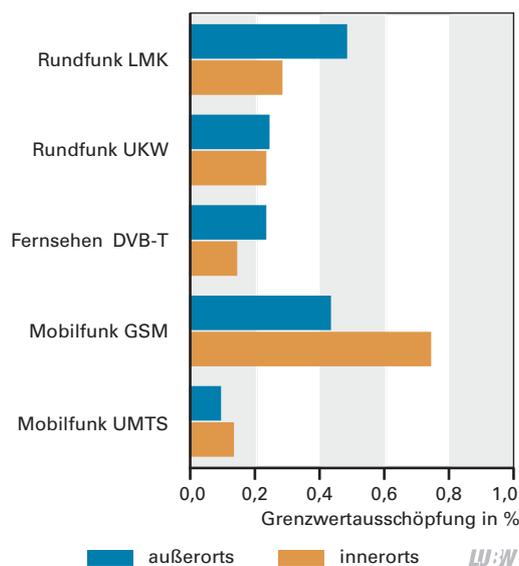


LMK: Lang-, Mittel- und Kurzwellensender; UKW: Ultrakurzwellen; DAB: Digital Audio Broadcasting; BOS: Funknetz für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

Abb. 10.2-1: Prozentualer Anteil der Funkdienste an der durchschnittlichen Gesamtmission (thermische Wirkung) in Baden-Württemberg in den Jahren 2003 und 2009. Stand: 2011

änderungen ergaben sich bei der Aufteilung der Funkdienste im Bereich der thermischen Wirkung. Durch den Rückgang des analogen Fernsehens und die Zunahme des Mobilfunks kam es zu Verschiebungen der Anteile an der Gesamtmission.

Innerhalb von Ortschaften stellt der Mobilfunk die stärkste Einzelquelle bei der thermischen Wirkung dar. Er übertrifft deutlich die durch Rundfunksender verursachten Immissionen (Abb. 10.2-2). Umgekehrt verhält es sich außerhalb der Ortschaften. Die Ursache hierfür liegt vor allem in der unterschiedlichen Reichweite der Sender. Das Mobilfunknetz ist innerhalb von Ortschaften deutlich



LMK: Lang-, Mittel- und Kurzwellensender; UKW: Ultrakurzwellen; DVB-T: Digital Video Broadcasting – Terrestrial; GSM: Global System for Mobile Communications; UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

Abb. 10.2-2: Vergleich der durchschnittlichen Beiträge ausgewählter Funkdienste zur Grenzwertausschöpfung innerorts und außerorts für das Jahr 2009. Stand: 2011

dichter als außerhalb. Fernseh- und Rundfunksender stehen dagegen in der Regel in größerer Entfernung von Siedlungen.

10.2.2 Grenzwertausschöpfung

Die Anzahl der Messpunkte mit einer maximalen Gesamtmission durch Funkwellen von weniger als 1 % des Grenzwertes ist von 50 % auf 58 % angewachsen (Abb. 10.2-3). An acht Messpunkten, das entspricht einem Anteil von 1 % an der Gesamtzahl der Messpunkte, war die Grenzwertausschöpfung größer als 5 %, im höchsten Fall lag der Wert bei 11 %. Ursachen für eine Abnahme der Einwirkungen sind u. a. die Abschaltung von Sendern im Rundfunk- und im analogen Fernsehbereich. Demgegenüber führte die Verdichtung des GSM-Mobilfunknetzes und die flächendeckende Einführung von UMTS zu einer Zunahme der Einwirkungen. Zwischen 2003 und 2009 hat das Niveau der Einwirkungen durch Funkwellen insgesamt jedoch nicht zugenommen.

In Abbildung 10.2-4 sind die festgestellten Veränderungen zwischen 2003 und 2009, differenziert nach Funkdiensten, landesweit als Mittelwert der Grenzwertausschöpfung dargestellt. Erkennbar ist eine Abnahme beim Rundfunk und Fernsehen. Die analogen Fernsehsender wurden flächendeckend abgeschaltet. Der digitale terrestrische Sendebetrieb (DVB-T) ist noch nicht vollständig aufgenommen. Die Einwirkungen durch Fernsehsender haben dadurch im Durchschnitt um 45 % abgenommen. Demgegenüber haben die Einwirkungen beim Mobilfunk zugenommen. Eine ausführliche Projektbeschreibung mit weiteren Ergebnissen ist im Internet abrufbar (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Elektromagnetische Felder > Messungen).

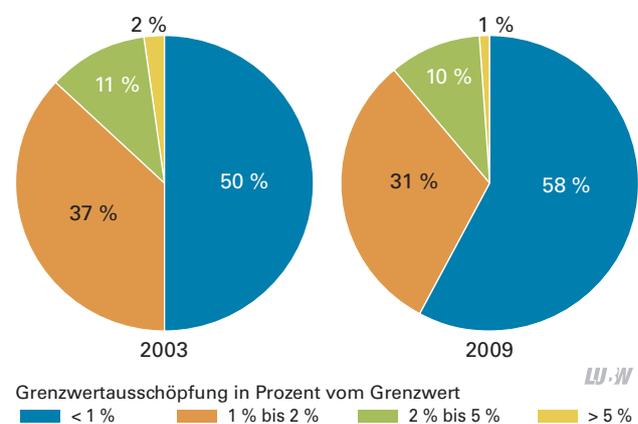
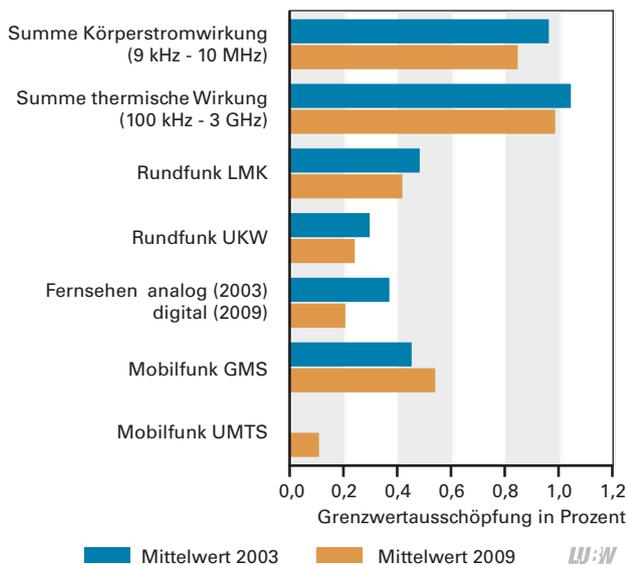


Abb. 10.2-3: Verteilung der Gesamtmissionen durch Funkwellen in allen Untersuchungsgebieten Baden-Württembergs in den Jahren 2003 und 2009. Stand: 2011



LMK: Lang-, Mittel- und Kurzwellensender; UKW: Ultrakurzwellen; GMS: Global System for Mobile Communications; UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (wurde 2003 noch nicht erfasst)

Abb. 10.2-4: Vergleich der Mittelwerte der Grenzwertausschöpfung einzelner Funkdienste. Veränderungen zwischen 2003 und 2009. Stand: 2011

10.3 Niederfrequente Felder

Niederfrequente Felder treten z. B. bei der öffentlichen Stromversorgung, im Haushalt sowie bei Bahnstromanlagen auf. Generell gilt: Je kleiner der Abstand zu den Stromführenden Teilen und je höher Stromstärke und Spannung, desto größer sind die resultierenden Felder.

Die Exposition der Bevölkerung mit niederfrequenten Magnetfeldern liegt im Mittel weit unter den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten (Tab. 10.3-1). Diese betragen bei 50 Hz für das elektrische Feld 5 kV/m (Kilovolt pro Meter) und für das magnetische Feld 100 µT (Mikrottesla).

Tab. 10.3-1: Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen nach der 26. BImSchV in Kilovolt pro m (kV/m) und Mikrottesla (µT).

Frequenz	Elektrische Feldstärke Effektivwert (kV/m)	Magnetische Flussdichte Effektivwert (µT)
50 Hz	5	100
16 ² / ₃ Hz	10	300

In einzelnen Untersuchungen wurde bei niederfrequenten Magnetfeldern unterhalb der Grenzwerte eine geringfügig erhöhte statistische Signifikanz für Kinderleukämie beobachtet. Allerdings ist es bisher in Tierversuchen nicht gelungen, Krebserkrankungen durch niederfrequente Magnetfelder hervorzurufen. Es ist daher nicht klar, ob ein Zusammenhang zwischen Magnetfeldern und Krebs be-

steht [BAFU 2009, BFS 2009 und 2005, SCHÜTZ 2000]. Dennoch hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorsorglich niederfrequente Magnetfelder als möglicherweise krebserregend eingestuft. Aus Vorsorgegründen sollten daher Wohnnutzungen im unmittelbaren Einwirkungsbereich von Hochspannungsfreileitungen vermieden werden.

In Wohnungen sind die selbst betriebenen Elektrogeräte und die eingebauten elektrischen Hausinstallationen die größten Quellen elektromagnetischer Felder. Relativ starke Magnetfelder im Haushalt können Geräte zur Wärmezeugung mit hohem Stromverbrauch sein, z. B. Induktionsherd, Geräte mit Trafo oder Magnetspulen (Radiowecker, Halogenlampen, Röhrenfernseher) sowie Geräte mit einem elektrischen Motor (Staubsauger, Bohrmaschine, Mixer, Föhn). Insbesondere bei kontinuierlichem Betrieb von Geräten sollte daher auf genügenden Abstand zu Daueraufenthaltsorten geachtet werden. Die Felder nehmen mit der Entfernung sehr schnell ab.

Zu Immissionen niederfrequenter elektromagnetischer Felder in der Umwelt kommt es hauptsächlich im Bereich der Stromversorgung. Die stärksten Belastungen treten in unmittelbarer Nähe von Hochspannungsfreileitungen oder Transformatorenstationen auf. Die elektrische Feldstärke in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen wird von verschiedenen Faktoren bestimmt. Sie ist umso größer, je höher die elektrische Spannung der Leitung ist, und je geringer der Abstand zum Einwirkungsort ist. Die magnetische Flussdichte hängt u. a. von der Stromstärke ab. Die höchsten magnetischen Flussdichten in Bodennähe treten direkt unterhalb der Leiterseile auf. Sie nehmen mit zunehmender Entfernung von der Freileitung sehr rasch ab.

Im Rahmen der Veränderungen in der Stromerzeugung wird zukünftig ein Umbau und Ausbau des Transportnetzes in Deutschland notwendig werden. Neben dem Ausbau bestehender Trassen kann auch der Neubau von Versorgungsleitungen erforderlich sein. Um den neuen Herausforderungen durch die Integration erneuerbarer Energien gerecht zu werden, müssen laut Bundesregierung bis zum Jahr 2020 etwa 3 600 Kilometer Trassen neu gebaut werden. Durch unterschiedliche Maßnahmen, wie z. B. Phasenoptimierung, Leiteranordnung oder Erdkabel sowie durch einen ausreichenden Abstand zur Wohnbebauung, kann die Belastung der Bevölkerung durch zusätzliche elektromagnetische Felder reduziert werden.

11 Überwachung und Warndienste

11.1 Kernreaktor-Fernüberwachung

Die Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) ist ein komplexes System zur Online-Überwachung der kerntechnischen Anlagen im Land, das die LUBW im Auftrag der baden-württembergischen Atomaufsicht betreibt und kontinuierlich weiterentwickelt. Mit diesem System kann die Aufsichtsbehörde die gemessenen Werte auf Einhaltung von Grenzwerten und Schutzziele überprüfen. Das System alarmiert beim Überschreiten von Warnschwellen selbständig die Atomaufsicht. Auch die Umgebung von abgeschalteten Anlagen wird immissionsseitig weiterhin überwacht (Abb. 11.1-1).

Die Einrichtungen zur Online-Messung des Strahlenpegels (Gamma-Ortsdosisleistung) und zur nuklidspezifischen Messung der Radioaktivität in Schwebstoffen der Luft (Radioaerosole) bilden zusammen mit der KFÜ einen sensiblen Warndienst, der bei geringsten Veränderungen gegenüber der natürlich vorhandenen Strahlung die zuständige Atomaufsicht alarmiert.

11.1.1 KFÜ zur Immissionsüberwachung

In einem 10 km-Radius um die inländischen Kernkraftwerksstandorte Neckarwestheim, Philippsburg und Obrigheim sind jeweils rund 30 Messsonden angeordnet, die bis zu drei Jahre lang ohne externe Stromversorgung den Strahlenpegel (Gamma-Ortsdosisleistung) messen und per Datenfunk zur LUBW übertragen. Im Halbkreis auf baden-württembergischem Gebiet um die grenznahen ausländischen Kernkraftwerke Fessenheim im Elsass und im schweizerischen Leibstadt am Hochrhein befinden sich jeweils ein weiteres Dutzend solcher Sonden (Abb.11.1-1).

Um die zuständigen Behörden frühzeitig vor einem luftgetragenen Eintrag radioaktiver Stoffe zu warnen, werden zudem an zwölf Messorten Radioaerosolmessstationen betrieben. In diesen Stationen wird regelmäßig die Umgebungsluft über Filterpatronen gesammelt und kontinuierlich gammaspektrometrisch ausgewertet: Ein Halbleiterdetektor misst noch während der Filterbestäubung die nuklidspezifische Gammastrahlung und bestimmt daraus die Aktivitätskonzentration der detektierten Radionuklide. Diese Spektren werden im Stundentakt zur LUBW übermittelt und verarbeitet. Im Alarmfall werden die Daten sofort übertragen, von der LUBW ausgewertet und umgehend der Atomaufsicht zur Verfügung gestellt. Aktuelle Messdaten zum Strahlenpegel und zur luftgetragenen Radioaktivität finden sich im Internet (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Radioaktivität > Messdaten Online).

11.1.2 KFÜ im Notfallschutz

Ein wichtiges Instrument des vorbeugenden Bevölkerungsschutzes ist die Bestimmung von Gebieten, die potenziell von einem kerntechnischen Notfall betroffen sein könnten, sowie der dort durch Freisetzung radioaktiver Stoffe zu erwartenden radiologischen Belastung mithilfe einer Ausbreitungsrechnung (Abb. 11.1-2). Die dazu notwendigen meteorologischen Daten werden von Messstationen des Betreibers, der LUBW und des Deutschen Wetterdienstes (DWD) abgerufen und durch Prognose- und Radardaten des DWD ergänzt. Die zahlreichen Immissionsmessstellen in der Umgebung der Kernkraftwerke würden den tatsächlichen Verlauf einer möglichen Freisetzung registrieren und

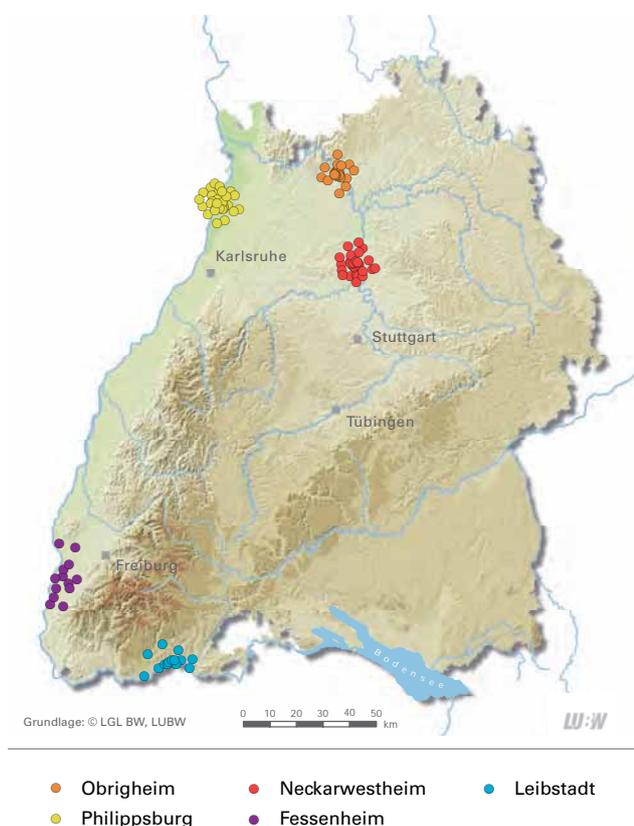


Abb. 11.1-1: Online-Überwachung der KFÜ in Baden-Württemberg. Stand: 2012

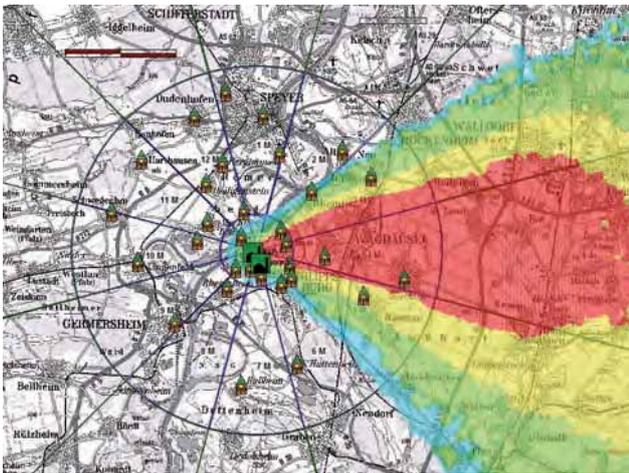


Abb. 11.1-2: Beispielhafte Ergebnisdarstellung einer Ausbreitungsrechnung zur Beurteilung der radiologischen Lage im Falle eines kerntechnischen Unfalls am Standort Philippsburg (ohne Skalierung). Quelle: KFÜ

eine sofortige Anpassung von Notfallschutzmaßnahmen erlauben. Nach einer solchen Freisetzung kämen Messtrupps der LUBW, der Betreiber, des Bundesamts für Strahlenschutz und der Feuerwehr zum Einsatz, um das betroffene Gebiet genauer einzugrenzen und die Datengrundlage für sachgerechte Entscheidungen zum Schutz der Bevölkerung zu schaffen. Diese Daten werden in der KFÜ verarbeitet und gemeinsam mit den stationären Online-Messungen ausgewertet, um rasch einen vollständigen Überblick über die radiologische Situation herzustellen. Die KFÜ ermöglicht zudem realitätsnahe Simulationen,

um regelmäßige Übungen zu unterstützen, bei denen das Zusammenspiel der beteiligten Stellen und Systeme geübt wird.

11.1.3 KFÜ als Aufsichtsinstrument

Die wichtigsten Betriebsparameter aus dem Inneren der baden-württembergischen Kernkraftwerke wie Neutronenfluss, Druck, Temperatur und Füllstand im Primärkreislauf, Dosisleistung in verschiedenen Bereichen sowie Radioaktivität in Abluft und Abwasser werden online überwacht und unabhängig vom Betreiber ausgewertet. Die wichtigsten Daten werden täglich durch das Umweltministerium als atomrechtliche Aufsichtsbehörde kontrolliert. Auffälligkeiten werden auch weit unterhalb von Grenz- oder Genehmigungswerten sofort untersucht. Zudem erfolgt bei Erreichen von im System eingestellten Schwellenwerten eine automatische Alarmierung der Aufsichtsbehörde.

Über das Internet (www.um.baden-wuerttemberg.de > Kernenergie und Radioaktivität > Aktuelle Informationen > Status der KKWs in BW) können jederzeit aktuelle Informationen zum Anlagenstatus (Abb. 11.1-3) der aktiven baden-württembergischen Kernkraftwerke abgerufen werden.

Im Internetangebot der LUBW finden sich außerdem weiterführende Informationen zum Thema Radioaktivität (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Radioaktivität).

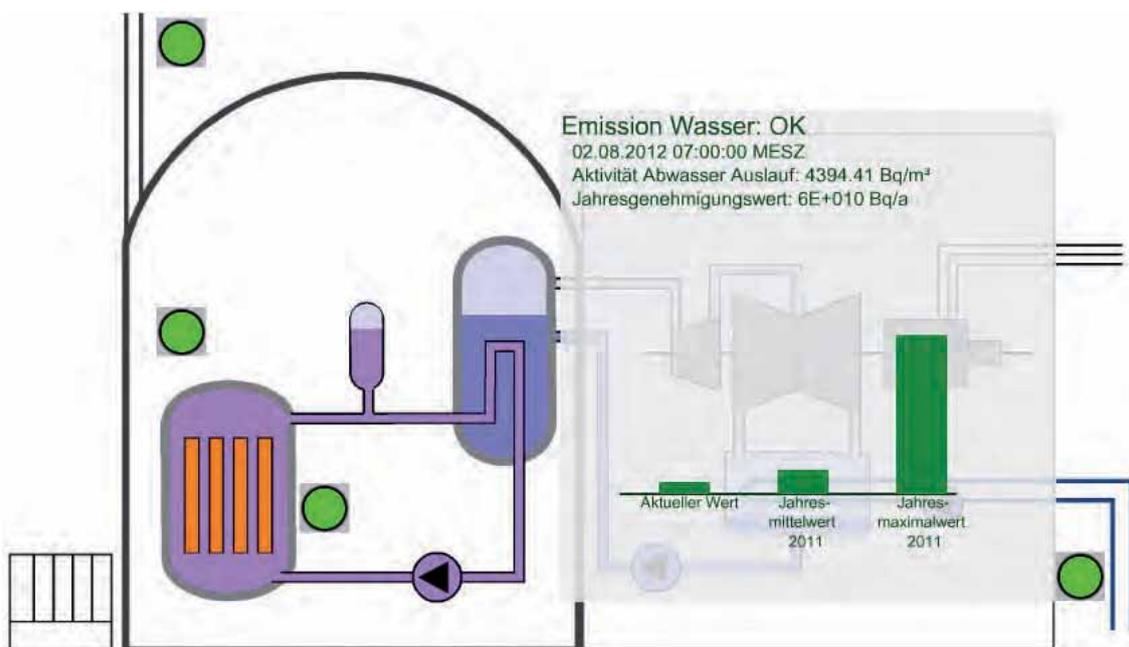


Abb. 11.1-3: Beispiel einer Darstellung des Anlagenstatus eines aktiven baden-württembergischen Kernkraftwerks im Internet (LUBW, 2012).

11.2 Anlagensicherheit

In Baden-Württemberg unterliegen 300 Betriebsbereiche den Regelungen der Störfall-Verordnung (StörfallV – 12. BImSchV). Die StörfallV gehört zum Rechtsbereich der technischen Sicherheit. In ihr werden die Anforderungen der sogenannten europäischen Seveso-II-Richtlinie über die Gefahrenvorsorge und die Gefahrenabwehr im industriellen Bereich festgelegt.

Die Anwendung der StörfallV hängt ausschließlich vom Vorhandensein bestimmter Mengen an gefährlichen Chemikalien ab. Die Verordnung enthält hierzu im Anhang I konkrete Mengenschwellen für namentlich aufgeführte Stoffe, wie Chlor oder Propylenoxid sowie für Kategorien von Stoffen mit bestimmten gefährlichen Eigenschaften z. B. brennbar oder giftig. Die sogenannten „Grundpflichten“ gelten für Betriebsbereiche, in denen die Mengenschwellen des Anhangs I Spalte 4 StörfallV erreicht oder überschritten werden.

Unter Grundpflichten versteht man die allgemeine Betriebspflicht, die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderliche Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern sowie Maßnahmen zu ergreifen, um die Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten. Die sogenannten „erweiterten Pflichten“ gelten bei Erreichen oder Überschreiten der Mengenschwellen des Anhangs I Spalte 5 StörfallV. Zu den erweiterten Pflichten gehören die Erstellung eines Sicherheitsberichts, das Aufstellen von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen sowie die Information der Öffentlichkeit über Sicherheitsmaßnahmen.

11.2.1 Anzahl und Standorte der Betriebsbereiche

Von den 300 Betriebsbereichen unterliegen 182 Bereiche den Grundpflichten und 118 den erweiterten Pflichten.

Die Übersichtskarte (Abb. 11.2-1) zeigt die Standorte der Betriebsbereiche in Baden-Württemberg, die unter die StörfallV fallen. Die Schwerpunkte liegen in den industriellen Ballungsräumen Baden-Württembergs: Mittlerer Neckar/Stuttgart, Rhein-Neckar/Mannheim, Mittlerer Oberrhein/Karlsruhe und südlicher Oberrhein.

Die Informationen über die Lage dienen u. a. dem Vollzug des UNECE-Abkommens über grenzüberschreitende Industrieunfälle [UNECE 1992], da hier die Entfernung der Betriebe von der Nationalgrenze bzw. vom Einzugsbereich eines grenzüberschreitenden Flusses maßgeblich

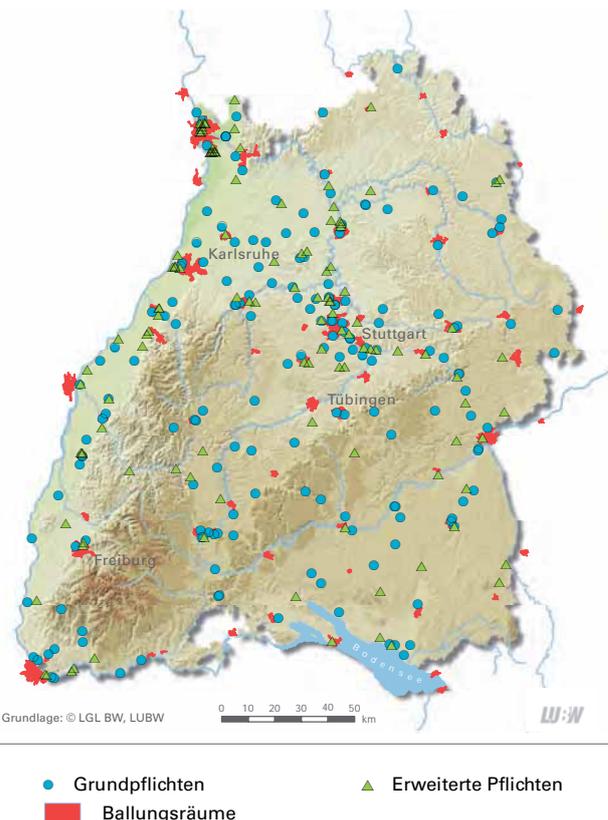


Abb. 11.2-1: Standorte der Betriebsbereiche in Baden-Württemberg, die unter die StörfallV fallen. Stand: 2011

für die Information der Nachbarschaft ist. Auch zur Beurteilung der geografischen Gegebenheiten bei der Bauleitplanung bieten hochaufgelöste Karten Möglichkeiten zur übersichtlichen Darstellung. Desweiteren können diese Daten für spezielle Fragestellungen, wie die Beurteilung der Hochwasser- oder Erdbebengefährdung verwendet werden.

11.2.2 Betriebsbereiche und zugeordnete Tätigkeiten

Die wirtschaftlichen Tätigkeiten der Betriebsbereiche lassen sich wirtschaftlichen Schwerpunkten zuordnen. Beispiele hierfür sind der Schwerpunkt „Großhandel“ mit den Flüssiggas-Versorgungsunternehmen und des Chemikalien- und Pflanzenschutzmittelhandels sowie „Chemikalienherstellung“, insbesondere die Herstellung von Spezialchemikalien. Bei der „Metallverarbeitung“ stellen die Galvaniken und die Oberflächenbehandlung den größten Anteil dar. Die Branche „Energieversorgung“ wird von den Kraftwerken dominiert, jedoch spielen zunehmend auch große Biogasanlagen eine Rolle. Eine Besonderheit als Einzelstandort ist die Raffinerie in Karlsruhe.

11.2.3 Meldepflichtige Ereignisse

In den Betriebsbereichen und ihren Anlagen können trotz der getroffenen sicherheitstechnischen und organisatorischen Vorkehrungen Störungen auftreten. Die Betreiber sind nach § 19 StörfallV verpflichtet, Ereignisse, die bestimmte Kriterien erfüllen, den zuständigen Regierungspräsidien zu melden. Die LUBW ist die zentrale Stelle des Landes, die diese Meldungen fachtechnisch auswertet und an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit weiterleitet.

Ereignisse mit schweren Personen-, Sach- oder Umweltschäden und Störungen, die mit der Freisetzung, Entzündung oder Explosion größerer Mengen gefährlicher Stoffe einhergehen sowie Ereignisse mit grenzüberschreitenden Schädigungen werden von dort an die EU-Kommission weitergeleitet, sofern die Meldekriterien eines Störfalls erfüllt sind.

Gleiches gilt für bestimmte, aus sicherheitstechnischer Sicht besonders bedeutsame Ereignisse, aus denen Lehren zur zukünftigen Verhinderung oder Begrenzung der Auswirkungen von Ereignissen gezogen werden können. Eine dritte Kategorie dient der Erfassung solcher Ereignisse, die nicht in die beiden ersten Kategorien fallen, bei denen jedoch ein Stoff freigesetzt wurde und eine Gefährdung für die Nachbarschaft oder Allgemeinheit nicht offensichtlich ausgeschlossen werden kann.

In den Jahren 2000 bis 2011 wurden 44 Ereignisse in Baden-Württemberg erfasst (Abb. 11.2-2); dies entspricht einer durchschnittlichen Häufigkeit von 3,7 Ereignissen pro Jahr. Eine eindeutig zunehmende oder abnehmende Tendenz ist im betrachteten Zeitraum nicht erkennbar. Den Jahren 2003 und 2011 ohne meldepflichtige Ereignisse stehen andere Jahre wie 2004 oder 2007 mit sieben bzw. elf Ereignissen gegenüber. Von den elf gemeldeten Ereignissen im Jahr 2007 traten fünf Ereignisse in Betrieben der Galvanikbranche auf.

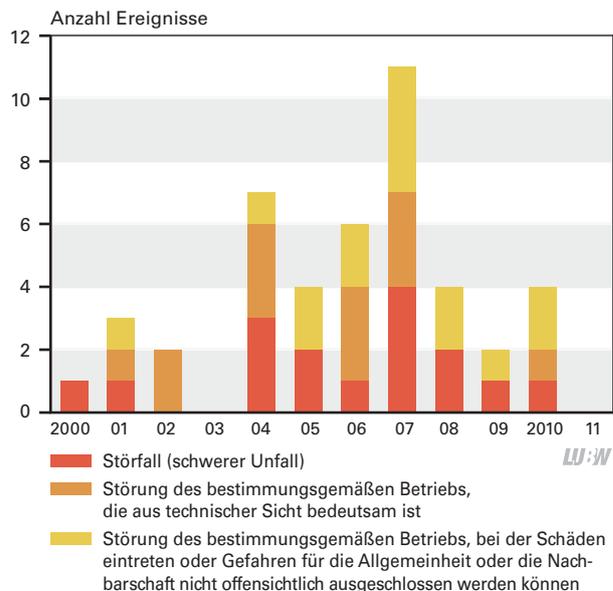


Abb. 11.2-2: Anzahl der gemeldeten Ereignisse von 2000 bis 2011 in Baden-Württemberg. Stand: 2011

Eine Analyse der Ursachen für die Jahre 2005 bis 2008 ergab Defizite im Bereich der Gefahrenermittlung. Dies deutet auf Mängel im Sicherheitsmanagementsystem bei der Festlegung von Abläufen durch die Betriebsleitung hin. Das Sicherheitsmanagementsystem ist ein wichtiges Werkzeug zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus. Nur vergleichsweise wenige Ereignisse waren primär auf technische Fehler, wie z. B. das Versagen von Bauteilen oder Komponenten, zurückzuführen. Weitere Informationen zu den einzelnen Ereignissen sind im Internet erhältlich (www.infosis.uba.de).

Eine Auswertung der Ereignisfolgen nach den Kriterien der StörfallV zeigt, dass es im Zeitraum 2000 bis 2011 unter den 44 Fällen zu jeweils fünf Ereignissen mit einem Todesfall bzw. mit Sachschäden über 2 Mio. Euro kam. Ereignisse mit Schäden an Umweltgütern traten nicht ein.

11.3 Marktüberwachung und Verbraucherschutz

Das „Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt“ (Produktsicherheitsgesetz, ProdSG) und die darauf basierenden Verordnungen regeln in Deutschland Sicherheitsanforderungen an Produkte, die im Rahmen einer Geschäftstätigkeit auf dem Markt bereit- oder ausgestellt werden. Im Rahmen ihrer Aufgaben als Marktüberwachungsbehörden überprüfen die vier Regierungspräsidien in Baden-Württemberg jährlich in der aktiven und reaktiven Marktüberwachung ca. 5 400 Produkte. Die Produktauswahl erfolgt in der aktiven Marktüberwachung durch europa- und bundesweit abgestimmte Schwerpunktaktionen oder aufgrund sonstiger Informationen, wie z. B. Verbraucherbeschwerden. Der Großteil dieser Prüfungen wird von Prüfern vor Ort durchgeführt und ist deshalb auf einfache technische Prüfungen, wie die orientierende Leistungsmessung z. B. eines Laser-Pointers, begrenzt. Einige dieser Produkte werden der LUBW zu vertieften, sicherheitstechnischen Untersuchungen in ihrer akkreditierten Geräteuntersuchungsstelle übergeben. Im Durchschnitt der letzten Jahre waren dies jährlich etwa 190 Verbraucherprodukte: Kinderspielzeugpistolen, Spielzeugfiguren, Kinderfahrzeuge, Mehrfachsteckdosen, Netzteile, Kettensägen, Winkelschleifer, Kompressoren und vieles mehr. Ein Drittel der Produkte zeigte keine Mängel bei der vertieften Untersuchung. Bei der Hälfte der Prüfungsobjekte wurden technische Mängel gefunden, die dann in den Prüfberichten beschrieben und bewertet werden. Neben den technischen Mängeln treten immer wieder formale Mängel, wie unvollständige Typenschilder, fehlende Sicherheitshinweise in Gebrauchsanleitungen oder gefälschte Zeichen für die geprüfte Sicherheit (GS-Zeichen) auf.

Auf der Grundlage der Prüfberichte der LUBW entscheiden die Regierungspräsidien über die erforderlichen Maßnahmen gegenüber dem Hersteller oder dem Verkäufer. Diese können je nach Schwere des Mangels bis zu einem Verkaufsverbot und einem Produktrückruf führen.

Über den öffentlich zugänglichen Bereich des Informations- und Kommunikationssystems der europäischen Marktüberwachung (ICSMS) können sich Verbraucher über untersuchte Produkte informieren oder ein vermeintlich gefährliches Produkt an die zuständige Behörde melden (www.icsms.org). Meldungen zu besonders gefährlichen

Produkten werden über das „rapid alert system for non-food consumer products“ (RAPEX) veröffentlicht. RAPEX-Meldungen können von Verbrauchern über die Internetseite der Europäischen Kommission recherchiert werden (europa.eu > European Commission > DG Health and Consumers > Consumer Affairs > Consumer Safety: Products and Services > Unsafe products).

Eine der Prüfkaktionen im Jahr 2011 war die **Prüfung von Kinderwagen**, größtenteils aus dem unteren Preissegment. Nur einer der 16 geprüften Kinderwagen war ohne nachweisbare Mängel.

Neben mangelhaften Aufschriften und Anweisungen traten folgende Mängel auf:

Zehn Kinderwagen hatten Scher- und Quetschstellen in Bereichen, die vom Kind erreicht werden und damit zu Verletzungen führen können (Abb. 11.3-1).

Neun Kinderwagen hatten Rohre mit offenen Enden, mit vorstehenden Teilen oder Spalten, in denen das Kind mit Fingern oder anderen Körperteilen hängen bleiben kann (Abb. 11.3-2).

Der Aufbau eines Kinderwagens muss so gestaltet sein, dass ein Kind auch in extremen Lagen des Kinderwagens nicht herausfallen kann. Deshalb sieht die Norm eine Prüfung vor, bei der der Kinderwagen um 45° in Längsrichtung gekippt und quer um 15° schräg gestellt wird. Eine Prüfkugel auf dem Sitz darf während dieser Prüfung nicht herausfallen. Neun Kinderwagen erfüllten diese Anforderung nicht.

An jedem Kinderwagen muss eine Feststellbremse vorhanden sein, die verhindert, dass sich der beschwerte Kinder-



Abb. 11.3-1: Scher- und Quetschstelle am Verschlusshaken eines Kinderwagens (LUBW, 2012).



Abb. 11.3-2: Möglichkeit des Hängenbleibens zwischen Rahmenrohr und Winkelstück eines Kinderwagens, der Stift dient als „Modell“ eines Kinderfingers (LUBW, 2012).

wagen auf einer um 9° geneigten Ebene abwärts bewegt. Bei zwei Kinderwagen war die Feststellbremse so schwach, dass sie weiter rollten.

Kinderwagen müssen über zwei Verriegelungen verfügen, die ein Zusammenfallen des Wagens verhindern, während sich Kinder im Wagen befinden. An einer der beiden Verriegelungen muss außerdem eine zweite Handlung, z. B. Drehen und Ziehen, notwendig sein, um den Wagen zusammenfallen zu können. Bei 14 Kinderwagen war diese Anforderung nicht erfüllt.

Insgesamt wurden an den zu beanstandeten 15 Kinderwagen 54 Mängel festgestellt (Abb. 11.3-3).

Umfangreiche Informationen zur Produktsicherheit stehen im Portal der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zur Verfügung (www.baua.de > Produktsicherheit). Eine Vorschriftensammlung zur Produktsicherheit wird von der Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg bereitgestellt (www.gaa.bwl.de > Vorschriften Arbeitshilfen > GPS).

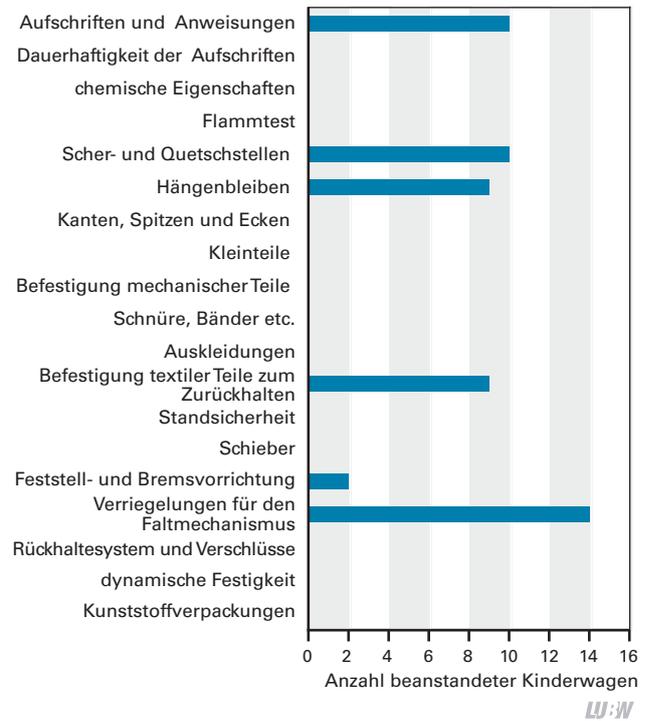


Abb. 11.3-3: Anzahl der Beanstandungen bei der Untersuchung von 15 Kinderwagen im Jahr 2011 durch die Geräteuntersuchungsstelle der LUBW. Stand: 2012

11.4 Informationsdienst zu Luftschadstoffen

Für die Luftverunreinigungen Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃) sind vom Gesetzgeber in der 39. BImSchV die EU-einheitlichen Alarm- und Informationsschwellen festgelegt (Tab. 11.4-1). Beim Überschreiten der Alarmschwellen besteht für die Gesamtbevölkerung ein Gesundheitsrisiko, sodass die Bevölkerung unverzüglich informiert werden muss.

Beim Überschreiten der Informationsschwelle für Ozon besteht ein Gesundheitsrisiko für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen. Ozonempfindlichen Personen und Kindern wird empfohlen, ungewohnte körperliche Anstrengungen und sportliche Ausdauerleistungen im Freien, insbesondere in den Nachmittags- und frühen Abendstunden zu vermeiden, da hier die höchsten Ozonwerte auftreten. Beim Überschreiten der Alarmschwelle gilt diese Verhaltensempfehlung für die Gesamtbevölkerung.

Zur Überwachung der Alarm- und Informationsschwellen wird im Luftmessnetz Baden-Württemberg an 34 Messstationen Stickstoffdioxid, an 26 Messstationen Ozon und an zehn Messstationen Schwefeldioxid rund um die Uhr gemessen, sodass beim Überschreiten der Schwellen die Bevölkerung zeitnah informiert werden kann.

Die Alarmschwellen für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid wurden seit ihrer Einführung im Jahr 2002 (22. BImSchV) nicht überschritten. Die Anzahl der Stunden mit Überschreitung der Alarm- und Informationsschwelle für Ozon nimmt seit 2003 stark ab (Abb. 11.4-1).

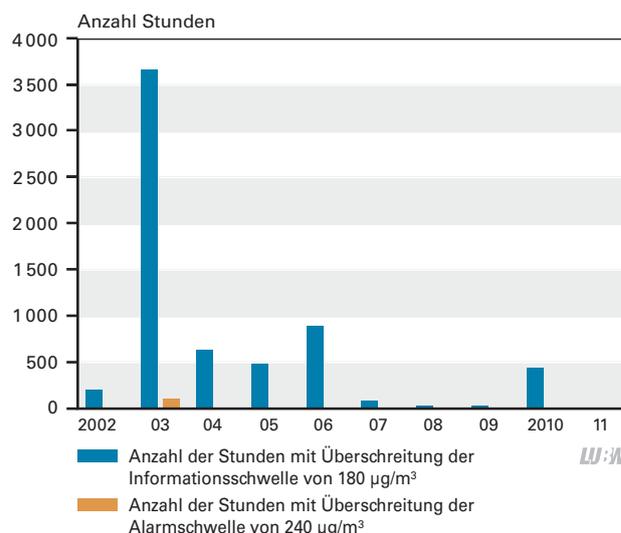


Abb. 11.4-1: Anzahl der Stunden mit Überschreitung der Alarm- und Informationsschwelle für Ozon im Luftmessnetz Baden-Württemberg seit 2002. Stand: 2012

Die im Rahmen des Luftmessnetzes ermittelten Messdaten werden auf den Internetseiten der LUBW veröffentlicht (www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Aktuelle Messwerte der LUBW). Außerdem informieren ein Ansigedienst (Telefonnummer 0721/75 10 76) und der Fernsehtext des SWR ab Tafel 174 über die aktuelle Luftqualität in Baden-Württemberg. Die Aktualisierung der Daten erfolgt im Winterhalbjahr (1. Oktober bis 30. April) zwischen 6:00 Uhr und 21:00 Uhr alle drei Stunden. Im Sommerhalbjahr (1. Mai bis 30. September) werden die Messdaten zusätzlich zwischen 12:00 Uhr und 21:00 Uhr stündlich aktualisiert, um bei Ozonperioden die Bevölkerung zeitnah informieren zu können.

Tab. 11.4-1: Alarm- und Informationsschwellen für Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Ozon nach 39. BImSchV.

Luftverunreinigung	Schwellenwert	Mittelungszeitraum	Wert
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Alarmschwelle	1 Stunde*	400 µg/m ³
Schwefeldioxid (SO ₂)	Alarmschwelle	1 Stunde*	500 µg/m ³
Ozon (O ₃)	Informationsschwelle	1 Stunde	180 µg/m ³
Ozon (O ₃)	Alarmschwelle	1 Stunde	240 µg/m ³

* gemessen an drei aufeinander folgenden Stunden an Messstellen, die für die Luftqualität in einem Bereich von mindestens 100 Quadratkilometer oder in einem festgelegten Gebiet (z. B. Ballungsraum) repräsentativ sind.

11.5 Hochwasservorhersagezentrale

Die Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg (HVZ) der LUBW bündelt im Hochwasserfall aktuelle Informationen und macht sie den zuständigen Verwaltungsstellen, der betroffenen Bevölkerung sowie den Medien zugänglich (Tab. 11.5-1). Die Daten der HVZ werden im Routinebetrieb einmal täglich und bei Hochwasser stündlich, die gemessenen Wasserstände bis zu halbstündlich, aktualisiert. Die Daten werden zum Teil grafisch aufbereitet und auf zahlreichen Informationswegen wie Internet, Videotext, Rundfunk und automatischer Telefonansage veröffentlicht (www.hvz.baden-wuerttemberg.de; www.hochwasserzentralen.info).

Der kontinuierliche, tägliche Betrieb der Hochwasservorhersagemodelle erfordert einen umfangreichen Datenfluss von Mess- und Vorhersagedaten, der derzeit rund 120 Millionen Mess- und Modellwerte pro Tag umfasst. Dieser operationelle Modellbetrieb ist die Grundlage für Hoch-, Mittel- und Niedrigwasservorhersagen für rund 100 Pegel in Baden-Württemberg an Oberrhein, Neckar, Donau und deren jeweils wichtigsten Zuflüssen sowie an Main und Tauber. Abbildung 11.5-1 zeigt ein Beispiel für eine Wasserstandsvorhersage am Oberrhein.

Die länderübergreifende Vorhersage für den Bodensee (www.bodensee-hochwasser.info) erfolgt in Kooperation mit dem schweizerischen Bundesamt für Umwelt und dem Amt der Vorarlberger Landesregierung.

Für den operationellen Modellbetrieb nutzt die HVZ neben den Pegelmessungen (Kap. 5.5) weitere Daten:

- Meteorologische Parameter aus dem LUBW-eigenen Messnetz (Globalstrahlung, Luftdruck, Lufttemperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit).
- Meteorologische Daten und Vorhersagen der Wetterdienste (zz. Deutscher Wetterdienst, MeteoSwiss und Meteomedia AG).
- Betriebsdaten für Rückhaltemaßnahmen (Segmentöffnungen, Betriebsart, Wasserstand, Einstauvolumen, Zufluss, Abfluss).

Tab. 11.5-1: Informationen der Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) Baden-Württemberg. Stand: 2012

	Videotext-Tafel SWR	Telefonansage
Lagebericht	809	0721/9804-0
Oberrhein und Zuflüsse	805	0721/9804-61
Neckar und Zuflüsse	806	unterer Neckar: -62 oberer Neckar: -63
Main und Tauber	807	0721/9804-65
Donau und Zuflüsse	808	0721/9804-64

LUBW

Im Falle außergewöhnlicher Hochwasserereignisse berechnet die HVZ im Bedarfsfall Varianten zum Einsatz der Rückhaltemaßnahmen am Oberrhein und erarbeitet Empfehlungen für einen günstigen Maßnahmen Einsatz.

Zusätzlich betreibt die HVZ ein Hochwasserfrühwarnsystem für kleine Einzugsgebiete unter 200 km² Flächengröße. Durch eine kombinierte Anwendung von meteorologischen und hydrologischen Modellen wird eine regionsbezogene Frühwarnkarte erarbeitet. Für die Warnregionen auf Ebene der Stadt- und Landkreise werden Warnungen in vier verschiedenen Stufen erstellt: Keine, mittlere, hohe und sehr hohe Hochwassergefährdung.

Die Frühwarnkarten werden alle drei Stunden aktualisiert und beziehen sich jeweils auf die Hochwassergefahr der nächsten 24 Stunden bzw. 25 bis 48 Stunden. Die Verlässlichkeit der Hochwasserfrühwarnung ist wesentlich von der Güte der Niederschlagsvorhersagen abhängig und nimmt mit zunehmendem Frühwarnzeitraum ab.

Auch Niedrigwassersituationen haben für die Gewässer erhebliche negative Auswirkungen. Daher wird bei Niedrigwasser von den Wasserbehörden geprüft, ob die Nutzungen am Gewässer (Einleitungen oder Entnahmen) eingeschränkt werden. Zur Information der Wasserbehörden stellt daher die Hochwasservorhersagezentrale auch bei Niedrigwasser aktuelle Abflusswerte und Vorhersagen zur weiteren Entwicklung zur Verfügung.

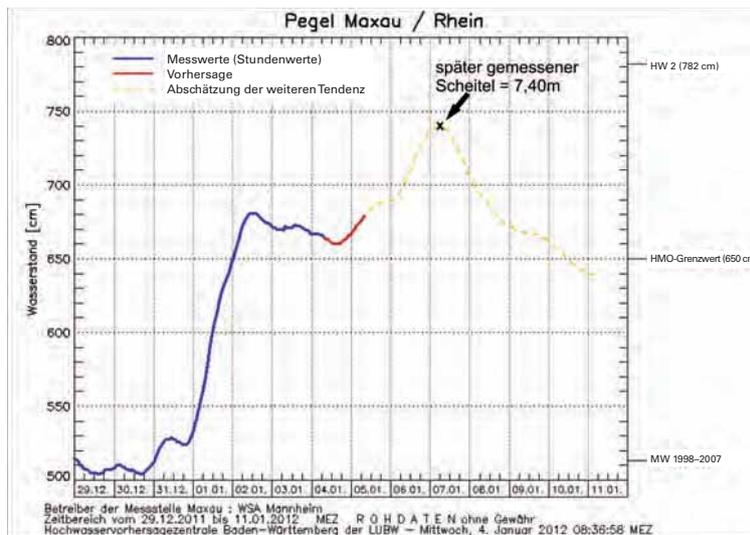


Abb. 11.5-1: Wasserstandsvorhersage vom 04.01.2011 für den weiteren Hochwasserverlauf am Pegel Maxau/ Oberrhein (rote Linie = Vorhersage, gelbe Linie = Tendenz) (LUBW, 2012).

11.6 Warn- und Alarmplan Rhein

Nach der Sandoz-Katastrophe 1986 haben die Anrainerstaaten die Überwachung des Rheins intensiviert und die Zusammenarbeit verstärkt. Dazu wurde mit dem internationalen Warn- und Alarmplan ein Frühwarnsystem entlang des Rheins eingerichtet, um unfallbedingte Schadstoffeinträge schnellstmöglich zu erfassen und mögliche Gefährdungen für die Lebewesen des Rheins, seiner schützenswerten Altarme und die Trinkwassergewinnung zu erkennen.

Über die Internationalen Hauptwarnzentralen werden die Anliegerländer und -staaten jeweils zeitnah und effektiv über vorhandene Gefährdungslagen informiert. Bei ernststen Gewässerverschmutzungen ergeht eine „Warnung“, andernfalls erfolgt eine „Information“. Aufgabe der LUBW ist zum einen, die bei der Landespolizeidirektion Karlsruhe angesiedelte „Internationale Hauptwarnzentrale Baden-Württemberg“ durch einen bei der LUBW eingerichteten Bereitschaftsdienst rund um die Uhr zu unterstützen und fachlich zu beraten.

Zum anderen betreibt die LUBW die Messstation in Karlsruhe, gemeinsam mit der Schweiz die Messstation in Weil am Rhein und gemeinsam mit den Ländern Rheinland-Pfalz und Hessen die Messstation in Worms, um Schadstoffeinträge in Hoch- und Oberrhein zeitnah zu erkennen. Abbildung 11.6-1 zeigt die Anzahl der in den Jahren 2003 bis 2011 erfolgten Meldungen durch die an Hoch- und Oberrhein tätigen Internationalen Hauptwarnzentralen

der Schweiz, Frankreichs und Baden-Württembergs, basierend auf den Berichten der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR). In 37 % der Fälle gingen die Meldungen auf Befunde durch die Messstationen zurück, in 26 % auf beobachtete Ölfilme. Bei den restlichen 37 % der Fälle haben die Verursacher die Verschmutzung direkt gemeldet. Bedeutendste Belastungsursachen sind Einträge aus der Schifffahrt, denen rund 46 % der Meldungen zugeordnet werden können. Hierbei handelt es sich in erster Linie um freigesetzte Kraft- und Schmierstoffe, die Ölfilme verursachen sowie um abgegebene Rückstände aus der Ladung (Kraftstoffadditive MTBE und ETBE).

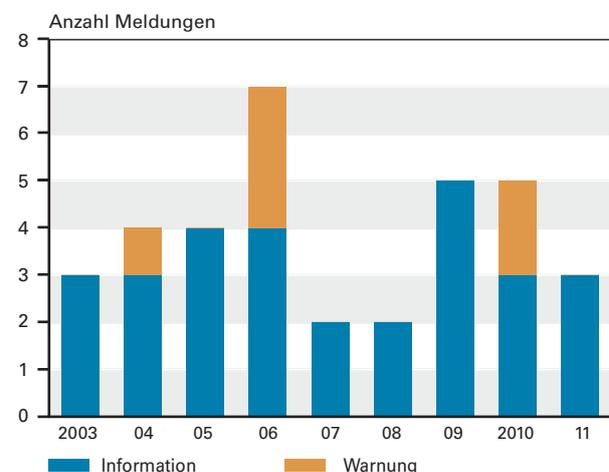


Abb. 11.6-1: Meldungen der Internationalen Hauptwarnzentralen an Hoch- und Oberrhein, welche den baden-württembergischen Rheinabschnitt betrafen. Quelle: IKSR. Stand: 2012

11.7 Sauerstoffreglement Neckar

Der Sauerstoffhaushalt des schiffbaren Neckars von Deizisau bis Mannheim ist in der warmen Jahreszeit durch die beschleunigt ablaufenden Abbauprozesse, den im Verhältnis zum Abfluss hohen Abwasseranteil und die vielen Stauhaltungen streckenweise labil. Besonders empfindlich reagiert der Neckar dann bei stoßartigem Eintrag sauerstoffzehrender Stoffe durch Starkregenereignisse oder wenn es nach ausgeprägten Schönwetterperioden zum Absterben großer Algenmassen kommt.

Mit dem zunehmenden Ausbau der Abwasserbehandlung hat sich die Situation deutlich verbessert. Trotzdem können die Sauerstoffgehalte in Extremsituationen soweit absinken, dass es lokal zu Fisch- oder Muschelsterben kommen kann.

Seit 1980 gibt es Vereinbarungen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes. Zuletzt hat das Land das „Sauerstoffreglement Neckar“ im Jahr 2003 geändert. Hierbei handelt es sich um eine Vereinbarung mit den Kraftwerksbetreibern und der Stadt Stuttgart als Betreiberin der größten Kläranlage am Neckar, in der sich diese verpflichten, bei den für die Gewässerökologie kritischen Sauerstoffgehalten unter 4 mg/l Belüftungsmaßnahmen zu ergreifen. Belüftet wird z. B. durch die Absenkung von Wehren, wodurch das Was-

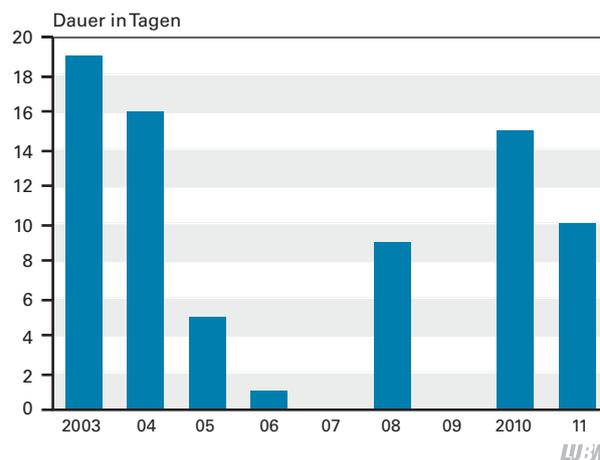


Abb. 11.7-1: Dauer der Belüftungsmaßnahmen in den Jahren 2003 bis 2011. Stand: 2012

ser über die Wehre fließt und dadurch Sauerstoff aufnimmt. Die LUBW hat die Aufgabe, die Sauerstoffverhältnisse an ihren 13 Messstationen entlang des Neckars zu beobachten und erforderlichenfalls geeignete Belüftungsmaßnahmen in die Wege zu leiten (Abb. 11.7-1), um Fisch- oder Muschelsterben zu verhindern. Sie unterhält in den Sommermonaten einen Bereitschaftsdienst, um diese Aufgabe rund um die Uhr erfüllen zu können und arbeitet eng mit der Wasserschutzpolizei und den Energieversorgungsunternehmen zusammen.

Informationsmöglichkeiten im Internet

Bund	
www.bmu.de	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
www.bmvbs.de	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
www.bmelv.de	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
www.umweltbundesamt.de	Umweltbundesamt
www.bfn.de	Bundesamt für Naturschutz
www.bvl.bund.de	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
www.bfs.de	Bundesamt für Strahlenschutz
www.bundesnetzagentur.de	Bundesnetzagentur

Land Baden-Württemberg	
www.um.baden-wuerttemberg.de	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
www.mlrbaden-wuerttemberg.de	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
www.mvi.baden-wuerttemberg.de	Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg
www.mfw.baden-wuerttemberg.de	Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg
www.lubw.baden-wuerttemberg.de	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
www.statistik.baden-wuerttemberg.de	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
www.lgrb.uni-freiburg.de	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau beim Regierungspräsidium Freiburg
www.gaa.baden-wuerttemberg.de	Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg
www.forstbw.de	Portal für Forst und Holz Baden-Württemberg
www.fva-bw.de	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
www.ua-bw.de	Chemische und Veterinäruntersuchungsämter

Arbeitskreise / Agenturen / Verbände	
www.blag-klina.de	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“
www.igkb.de	Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee
www.kea-bw.de	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
www.lak-energiebilanzen.de	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
www.lawa.de	Länderinitiative Kernindikatoren – LIKI
www.liki.nrw.de	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
www.labo-deutschland.de	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)
www.la-na.de	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)
www.lai-immissionsschutz.de	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)
www.laga-online.de	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)
www.ugrdl.de	Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder

Literatur

Kapitel 1

BUNDESREGIERUNG (PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG DEUTSCHLAND) (2012a): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012, Berlin, 26 S.

BUNDESREGIERUNG (PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG DEUTSCHLAND) (2012b): Gemeinsame Verantwortung für den Klimaschutz, 3. Petersberger Klimadialog: www.bundesregierung.de > Nachrichten > Artikel > 17.07.2012 [geprüft am 01.10.2012]

ForstBW (PORTAL FÜR FORST UND HOLZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (2010): Landesforstverwaltung: Jahresbilanzen 2001 bis 2009, Freiburg i. Br.

FORSTBW (2011a): Jahresbericht 2010, Landesforstverwaltung, Freiburg i. Br., 111 S.

FORSTBW (2011b): Geschäftsbericht 2010, Freiburg i. Br., 28 S.

FVA (FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG) (2011): Waldzustandsbericht 2011 für Baden-Württemberg, Freiburg i. Br., 59 S.

KOALITIONSVERTRAG (2011): Koalitionsvertrag zwischen BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und der SPD Baden-Württemberg 2011 – 2016, Stuttgart, 9. Mai 2011

KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H. (2001): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 1. Aufl., Berlin, 1032 S.

LGRB (LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG) (2006): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006 – Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen, in Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Hrsg.): LGRB-Information, Nr. 18, Freiburg i. Br., 202 S.

LGRB (in Vorbereitung): Landesrohstoffbericht Baden-Württemberg 2012 – Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen. Dritter Landesrohstoffbericht, Freiburg i. Br.

LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG), STA La (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG) (2011): Daten zur Umwelt – Umweltindikatoren Baden-Württemberg 2011, Karlsruhe

MVI (MINISTERIUM FÜR VERKEHR UND INFRASTRUKTUR BADEN-WÜRTTEMBERG) (2012): www.mvi.baden-wuerttemberg.de > MVI > Themen > Verkehrspolitik > ÖPNV [geprüft am 13.09.2012]

REGIERUNGSERKLÄRUNG (REGIERUNGSERKLÄRUNG VON MINISTERPRÄSIDENT BADEN-WÜRTTEMBERGS WINFRIED KRETSCHMANN) (2011): – am 25. Mai 2011 im Landtag von Baden-Württemberg. Stuttgart. 41 S.: www.stm.baden-wuerttemberg.de > Ministerpräsident > Regierungserklärungen [geprüft am 23.08.2012]

SIGMUND, V.; FROMMHERZ, J. (1999/2000): Herleitung des verfügbaren Waldenergieholzpotenzials in Baden-Württemberg auf der Basis der Forsteinrichtungsplanung, Forstdirektion Freiburg. In: Wirtschaftsministerium BW (2002): Holz-Energie-Fibel. 1. Aufl., Stuttgart, S. 39-48.

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2011): EG-Umwelt-Audit-System: www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de > Daten zur Umwelt – Umweltzustand in Deutschland > Umweltwirtschaft > EG-Umwelt-Audit-System [geprüft am 01.09.2012]

UM (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG) (2007): Umweltplan 2007 – 2012, Stuttgart, 198 S.

UVM (MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG) (2011): Klimaschutzkonzept 2020 PLUS Baden-Württemberg, Stuttgart, 237 S.

UM (MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG) (2011): Klimaschutz fängt im Haushalt an. Pressemitteilung vom 17.11.2011 [geprüft am 01.10.12]

UM (MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG) (2012): Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung gestiegen. Pressemitteilung vom 20.04.2012 [geprüft am 01.10.2012]

WM (WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG) (2010): Biomasse-Aktionsplan Baden-Württemberg, Erste Fortschreibung, Stuttgart, 32 S.

ZSW (ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFFFORSCHUNG BADEN-WÜRTTEMBERG) (2011): Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kapitel 2

EDLER, C.; BREUNIG, T.; KNEBEL, J.; VOGEL P. (2010): Erfassung und Bewertung der Bestandssituation der Ambrosia-Arten in Baden-Württemberg im Jahr 2010 sowie Erfolgskontrolle von Bekämpfungsmaßnahmen. – Werkvertrag im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 41 S.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL FOR CLIMATE CHANGE) (2007): IPCC Fourth Assessment Report, Climate Change, 2007: www.ipcc.ch > publications and data [geprüft am 23.08.2012]

KLIWA (KOOPERATIONSVORHABEN „KLIMAVERÄNDERUNG UND KONSEQUENZEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT“) (2011): Klimamonitoringbericht 2011 – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA „Klimawandel in Süddeutschland Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen“. Korrigierte Version vom 13.04.2012: www.kliwa.de > Ergebnisse Veröffentlichungen [geprüft am 22.08.2012]

Kapitel 3

FAL (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT: LANDBAUFORSCHUNG VÖLKENRODE) (2007): Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Natio-

ner Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005, Einführung, Methoden und Daten, Hrsg.: Ulrich Dämmgen, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Sonderheft 304 und 304A

INFRAS AG (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1., Bern/Zürich

LAI (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR IMMISSIONSCHUTZ) (2012): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen

LUBW (2008): Ammoniak in der Umwelt – Messprogramme und Messergebnisse 2003-2007, Karlsruhe

LUBW (2010): Bericht zur Versauerung der Umwelt – Medienübergreifende Bewertung der Versauerung der letzten drei Dekaden in Baden-Württemberg, Karlsruhe

LUBW (2011a): Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2008. Dokumentations-Nr. 31-01/2011: www.lubw.baden-wuerttemberg.de >Themen > Luft > Emissionen > Emissionskataster [geprüft am 22.08.2012]

LUBW (2011b): Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg – Grundlagenband 2010. Dokumentations-Nr. 31-03/2011: www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/213450/ [geprüft am 01.09.2012]

StaLA (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG) (2009): Rinderhalter und Rinderbestand in Baden-Württemberg seit 1973: www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Landwirtschaft/Landesdaten/rindvieh01.asp [geprüft am 22.08.2012]

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2011): Critical Loads für Versauerung. Mai 2011: www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de > Daten zur Umwelt – Umweltzustand in Deutschland > Belastung der Lebensräume und ihre Wirkungen > Critical Loads für Versauerung [geprüft am 22.08.2012]

Kapitel 4

GIESE, E. (2011): Bodenwerte für Dioxine und dl-PCB im Pfad Boden-Pflanze: Fachgespräch „Belastung der terrestrischen Umwelt mit Dioxinen und PCB“ am 13. und 14. Oktober 2011 im Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin

LABO (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ) (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden mit Datenanhang: www.labo-deutschland.de > Veröffentlichungen [geprüft am 22.09.2012]

LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1994): Schwermetallgehalte in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen Baden-Württemberg – Materialien zum Bodenschutz Heft 3, Karlsruhe

LfU (1995): Mögliche Gefährdung des Grundwassers durch PCB sowie Dioxine und Furane im Boden, Karlsruhe

LGRB (2012): Bodenkarte von Baden-Württemberg 1:50 000, Freiburg, i. Br.

LUBW (2008): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg, in LUBW (Hrsg.): Schriftenreihe Bodenschutz 21, Karlsruhe

LUBW (2010a): dl-PCB in den Böden von Baden-Württemberg – Eine orientierende Stichprobenuntersuchung, Karlsruhe

LUBW (2010b): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. 2. völlig überarbeitete Auflage, Karlsruhe

LUBW (2012): Altlastenstatistik 2011. Zahlen und Fakten zum Stand der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg, Karlsruhe, Mai 2012

VAN DEN BERG, M.; BIRNBAUM, L. S.; DENISON, M.; DE VITO, M.; FARLAND, W.; FEELEY, M.; FIEDLER, H.; HAKANSSON, H.; HANBERG, A.; HAWS, L.; ROSE, M.; SAFE, S.; SCHRENK, D.; TOHYAMA, C.; TRITSCHER, A.; TUOMISTO, J.; TYSKLIND, M.; WALKER, N.; PETERSON, R.E. (2006): The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds, in: Toxicological Sciences, Vol. 93, No.2, S. 223

VTI (JOHANN HEINRICH VON THÜNEN INSTITUT FÜR AGRARRELEVANTE KLIMAFORSCHUNG) (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis: www.vti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/AK/PDFs/Klimaschutz_Moorschutz_Praxis_BMBF_vTI-Bericht_20110408.pdf [geprüft am 21.08.2012]

Kapitel 5

BLAG KLINA (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT „KLIMA, ENERGIE, MOBILITÄT – NACHHALTIGKEIT“) (2012): 4. Erfahrungsbericht 2012 zu umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren: www.blag-klina.de > Themenfelder > Nachhaltigkeit [geprüft am 22.08.2012]

BVL (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT) (2011): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse der Meldungen gemäß §19 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2010: www.bvl.bund.de [geprüft am 08.10.2012]

IGKB INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE) (2005): Bodenseerichtlinien 2005

IKSR (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS) (2009): International koordinierter Bewirtschaftungsplan für die internationale Flussgebietseinheit Rhein

IKSR (2010): Mikroverunreinigungen – Strategie für die Siedlungs- und Industrieabwässer. IKSR-Bericht Nr. 181d

IKSR (2011): Stoffliste Rhein 2011. IKSR-Bericht Nr. 189d

KLIWA (KOOPERATIONSVORHABEN „KLIMAVERÄNDERUNG UND KONSEQUENZEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT) (2007): KLIWA Heft 11. Zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee

LAWA (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2007): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring – Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibung. Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten

LUBW (2008): Bergdolt, U.; Lehmann, M.; Heimler, J.; Matthias, U.; Kolahsa, M.: Bewirtschaftungsziele für Fließgewässer – Arbeitshilfe zur Erstellung der Maßnahmenprogramme im Rahmen des ersten Bewirtschaftungsplans zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Karlsruhe

LUBW (2011a, b): Berichte zum Grundwasserüberwachungsprogramm www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/9162/. Jahresdatenkatalog Grundwasser (Gütedaten): www.lubw.baden-wuerttemberg.de > Themen > Wasser > Grund-

wasser > Jahresdaten-katalog Grundwasser [geprüft am 22.08.2012]

LUBW (2011c): Grundwasserstände und Quellschüttungen. Aktueller Entwicklungsstand der Grundwasservorräte: www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt4/guq/ [geprüft am 22.08.2012]

LTZ (LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGISCHES ZENTRUM AUGUSTENBERG) (2012): Bericht zur Aufklärung der Funde des Pflanzenschutzmittelwirkstoffes Isoproturon in den Oberflächengewässern Kocher und Jagst

ROKA (REINHALTEVERORDNUNG KOMMUNALES ABWASSER) (1993): Verordnung des Umweltministeriums zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Dezember 2012 (GBl. S. 746), zuletzt geändert durch Art. 134 Siebte AnpassungsVO vom 25. April 2007 (GBl. S. 252)

STALA (2010): Öffentliche Sammelkanalisation und Regenentlastungsanlagen in Baden-Württemberg seit 1975: www.statistik.baden-wuerttemberg.de > Umwelt, Verkehr, Energie > Landesdaten > Öffentliche Sammelkanalisation [geprüft am 22.08.2012]

UM (2011): Kommunales Abwasser – Lagebericht 2011, Stuttgart

Kapitel 6

DE BRUYN, U.; LINDERS, H.-W.; MOHR, K. (2009): Epiphytische Flechten im Wandel von Immissionen und Klima – Ergebnisse einer Vergleichskartierung 1989/2007 in Nordwestdeutschland. – Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung: Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Nr. 21, S. 63

ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEND, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, in: Lehrstuhl für Geobotanik der Universität Göttingen (Hrsg.): Scripta Geobotanica 18., Göttingen,

FREDERICK, P.; JAYASENA, N. (2010): Altered Pairing Behaviour and Reproductive Success in white Ibises Exposed to Environmentally Relevant Concentrations of Methylmer-

cury. Proceedings of the Royal Society B. doi: 10.1098/rspb.2010.2189

LAMMEL, G. (2011): Zwischenbilanz der POP-Konvention. – GDCh-Nachrichten, 59. Jg. Nr. 10, S. 999

LUBW (2010): Die epiphytische Flechtenvegetation an 30 Wald-Dauerbeobachtungsflächen 1986 bis 2009. Karlsruhe. 50 S.: www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servelet/is/102190/U51-M312-J11.pdf?command=downloadContent&filename=U51-M312-J11.pdf [geprüft am 24.09.2012]

LUBW (2011): Vegetationskundliche Untersuchungen auf Grünlanddauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg, Karlsruhe

LUBW (2012a): Signale aus der Natur – Von der Biologischen zur Medienübergreifenden Umweltbeobachtung in Baden-Württemberg, Karlsruhe, 47 S.

LUBW (2012b): Trendbiomonitoring – Biozönotisches Langzeit-Monitoring in Fließgewässern Baden-Württembergs, Karlsruhe, 104 S.: www.lubw.baden-wuerttemberg.de > FADO > Umweltbeobachtung > Berichte > U6 Beschaffenheit der Hydrosphäre > Trendbiomonitoring [geprüft am 23.08.2012]

SCHWARZ, S. (2010): Studien zur Schalendicke bei Eiern des Wanderfalken *Falco peregrinus* in Baden-Württemberg mit Bezug zur Belastung durch Organohalogenverbindungen und Quecksilber. Bachelorarbeit der Fakultät für Biologie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Tübingen

SCS STOCKHOLM CONVENTION SECRETARIAT (2012): What are POPs?: chm.pops.int > Stockholm Convention > Convention > The POPs [geprüft am 23.08.2012]

STOFER, S.; CATALAYUD, V.; FERRETTI, M.; FISCHER, R.; GIORDANI, P.; KELLER, C.; STAPPER, N.; SCHEIDEGGER, C. (2003): Epiphytic Lichen Monitoring within the EU/ICP Forests Biodiversity Test-Phase on Level II plots. – Methodenentwurf und Flechtenmonitoring auf Level II-Waldökosystemdaueruntersuchungsflächen

VDTRENCK, K.T.; SCHILLING, F.; SCHMIDT, D. (2007): Bioindikation mit Wanderfalken – Neue Ergebnisse aus Baden-

Württemberg. – Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung: Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie. Jg.19, Nr. 2, S. 75

VDTRENCK, K.T.; SCHILLING, F.; SCHMIDT, D.; BEHNISCH, P. A.; BROUWER, A.; KOTZ, A.; MALISCH, R.; WAHL, K. (2008): Organohalogen Compounds in the Eggs of Peregrine Falcons and other wild Bird Species in Baden-Württemberg – Present State and Time Trend, in Short Paper and oral Contribution presented at the Dioxin 2008 – 28th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs). Birmingham, S. 17

Kapitel 7

BMVBW (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENWICKLUNG) (2010): Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2010

FLEISCHER, G. (2000): Gut Hören – Heute und Morgen. Median Verlag, Heidelberg

GREISER, E.; JAHNSEN, K.; GREISER, C. (2006): Beeinträchtigung durch Fluglärm – Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen. Förderkennzeichen 205 51 100, Umweltbundesamt, Dessau

GREISER, E. (2010): Risikofaktor nächtlicher Fluglärm – Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn, in: Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2010, Umweltbundesamt 2010

HUSS, A.; SPOERRI, A.; EGGER, M.; RÖSLI, M. (2010): Aircraft Noise, Air Pollution and Mortality from Myocardial Infarction. – Epidemiology, Vol. 21, No. 6, S. 829

ISF (INSTITUT FÜR INTERDISZIPLINÄRE SCHULFORSCHUNG UNIVERSITÄT BREMEN) (2002): Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern – Ergebnisse der empirischen Untersuchung von Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern in fünf Schulen Bremens und erste Schlussfolgerungen: www.isf.uni-bremen.de/Publik_Belastung.htm [geprüft am 23.08.2012]

IFA (INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG) (2004): Lärm in Bildungs-

stätten (Fb 1030), in Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

LFU (2004): Lärmbelastigung in Baden-Württemberg – Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Untersuchungen, Karlsruhe, 50 S.

LUBW (2009): Jahresaktion „Bearbeitung von Nachbarschaftsbeschwerden“ – Interner Bericht der LUBW im Auftrag des Umweltministerium Baden-Württemberg, Karlsruhe

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2011): Umweltbewusstsein in Deutschland 2010 – Lärmbelastigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin: www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de > Daten zur Umwelt > Umweltzustand in Deutschland > Lärm > Lärmbelastigung der Bevölkerung durch verschiedene Geräuschquellen [geprüft am 08.10.2012]

Kapitel 9

BFS (BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ) (2010): Jahresbericht 2009, Berlin 117 S.: www.doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201005041873 [geprüft am 01.10.2012]

BFS (2011): Bericht des Strahlenschutzregisters 2009, Berlin: www.doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201105105835 [geprüft am 01.10.2012]

KOELZER, W.; (2008): Die Strahlenexposition des Menschen. Hrsg.: Informationskreis Kernenergie, Berlin, 21 S.

Kapitel 10

BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWELT DER SCHWEIZ) (2009): Niederfrequente Magnetfelder und Krebs – Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosisbereich, in: BAFU (Hrsg.): Umwelt-Wissen 34/09, Bern

BFS (2009): Tagungsband zum internationalen Workshop zu „Risikofaktoren für Leukämien im Kindesalter“, 5. bis 7. Mai 2008 in Berlin: www.bfs.de > Elektromagnetische Felder > BfS-Texte zum Thema > Risikofaktoren kindlicher Leukämie [geprüft am 23.08.2012]

BFS (2005): Strahlenthemen, Elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung 8 S.: www.bfs.de/en/bfs/publikati-

onen/broschueren/elektromagnetische_felder/stromversorgung_haushalt/STTH_Elma_Strom.pdf [geprüft am 23.08.2012]

IARC/WHO (International AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER/ WORLD HEALTH ORGANIZATION) (2011): IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as possibly Carcinogenic to Humans. Press Release 31.Mai 2011 IARC/WHO [geprüft am 01.10.2012]

SCHÜTZ, J.; MICHAELIS, J. (2000): Abschlussbericht der EM-FII-Studie – „Epidemiologische Studie zur Assoziation von Leukämieerkrankungen bei Kindern und häuslicher Magnetfeldexposition“. www.doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201004211560 [geprüft am 08.10.2012]

Kapitel 11

UNECE (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE) (1992): UNECE-Übereinkommen über die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Industrieunfällen (Industrieunfall-Konvention). Helsinki am 17. Mai 1992 (ABl. L 326/5)

