7 EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND

Die Vielzahl der Umweltfaktoren, die auf die Wälder wirken und zu einer permanenten Veränderung des Waldzustandes führen, lassen sich im Wesentlichen zu drei Gruppen zusammenfassen:

Stoffeinträge, **Witterung** und **biotische Schädigungen**

Die Wirkungswege der einzelnen Einflussfaktoren sind sehr unterschiedlich. Sie können entweder direkt auf den einzelnen Baum und damit auf den Vitalitätszustand wirken oder indirekt z. B. über den Boden Einfluss auf den Waldzustand ausüben. Die einzelnen Faktoren stehen zudem in Wechselbeziehung zueinander und können sich in ihrer Wirkung verstärken oder aber auch abschwächen. So führt beispielsweise ein günstiger Witterungsverlauf mit viel Regen und ausreichend Wärme zu einer Stärkung der Wälder und gleichzeitig zu ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für rindenbrütende Insekten. Zudem wirken sich die Folgen von Waldschäden auch auf benachbarte Ökosphären aus. Hier sind insbesondere Schadstoffausträge (z. B. Nitrat) in die Hydrosphäre aus geschädigten Waldökosystemen sowie Rückkopplungen mit der globalen Klimaentwicklung zu nennen (Abb. 36).

Im Folgenden sollen die einzelnen Einflussfaktoren und ihre Wirkung auf den Waldzustand 2008 näher beschrieben werden.

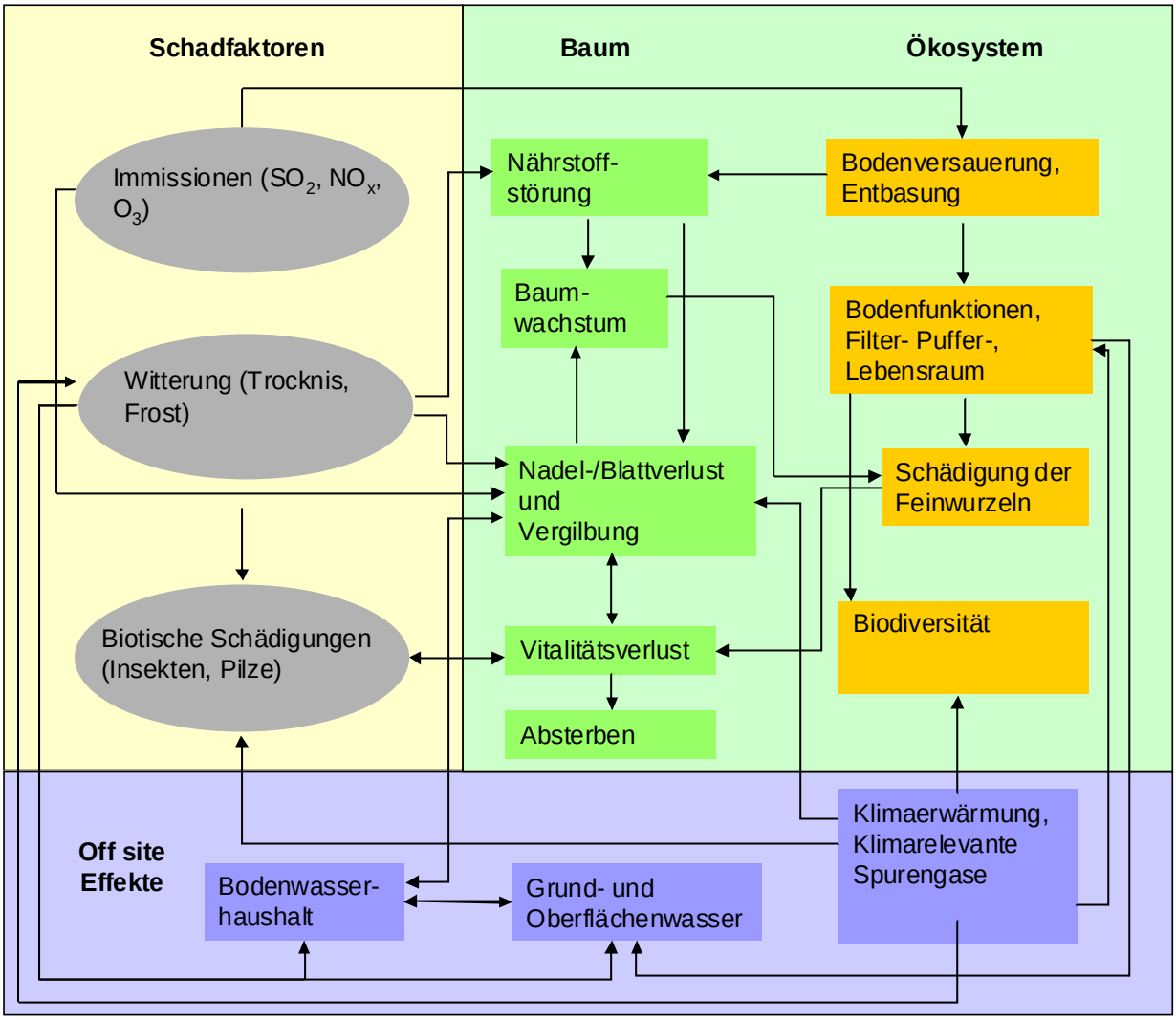

Abb. 36: Einflussfaktoren und deren Wirkungswege

7.1 Klima und Witterung

Nach dem der Sommer 2007 durch eine eher kühlfeuchte Witterung geprägt war, die zu einem guten Wachstum der Bäume beitrug, verliefen die restlichen Monate des Jahres ähnlich. Durchschnittlich lag die Temperatur etwas unterhalb des langjährigen Mittels und die Niederschlagssummen in Baden-Württemberg waren meist etwas höher als normal. Ausnahme hierbei bildete das ausgeprägte Niederschlagsdefizit im Oktober. Der Dezember war in der ersten Hälfte ungewöhnlich warm und trocken. Erst in der zweiten Dezemberhälfte gab es einen deutlichen Temperatursturz und stärkeren Schneefall in den höheren Lagen.

Das Jahr 2008 begann landesweit deutlich zu warm und zu trocken. In der zweiten Februarhälfte wurden vielerorts bereits frühlingshafte Temperaturen gemessen. Die höchsten Temperaturen in Baden-Württemberg mit 20,5°C wurden dabei in Stuttgart (Flughafen) festgestellt (DWD 2008). In den Monaten März und April konnten sich die Bodenwasserspeicher bei sehr nasser und kühler Witterung wieder ausreichend füllen, bis sich ab Ende April eine sehr stabile warm-trockene Witterung in Baden-Württemberg einstellte. Stärkerer Regenfall wurde erst wieder durch die zum Teil sehr heftigen Sommergewitter im Juli 2008 registriert, wobei die Niederschlagsmengen durch die räumlich eng begrenzte Reichweite der Gewitter regional sehr unterschiedlich waren. Zudem kam es durch die in sehr kurzer Zeit abgehenden starken Niederschläge zu einem hohen oberflächennahen Abfluss des Wassers. Der August war anfangs sehr heiß und gegenüber dem langjährigen Mittel etwas zu nass.

In Abbildung 37 ist die Niederschlags- und Temperaturabweichung der Wetterstation Freudenstadt beispielhaft dargestellt. Die monatlichen Abweichungen der Durchschnittswerte sind bezogen auf das langjährige Mittel, der internationalen klimatischen Referenzperiode, die aus den Werten der Jahre 1961 bis 1990 berechnet wird.

Klimawandel

Die sich abzeichnenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Zustand der Wälder Mitteleuropas wurden in den letzten Jahren im Kronenzustand sichtbar. Nach Angaben des Ausschusses für Klimaänderungen der Vereinten Nationen (UNO) ist die globale Temperatur in den letzten 100 Jahren um 0,74°C gestiegen. Zudem wurden seit Beginn der Messungen im Jahr 1850 bis zum Jahr 2006 elf der wärmsten Jahre seit 1995 registriert (IPCC 2007). Wie sich regional das Klima verändert, zeigt der „Monitoring Bericht“ des von der Landesregierung initiierten Forschungsprojektes KLIWA („Klimaände-

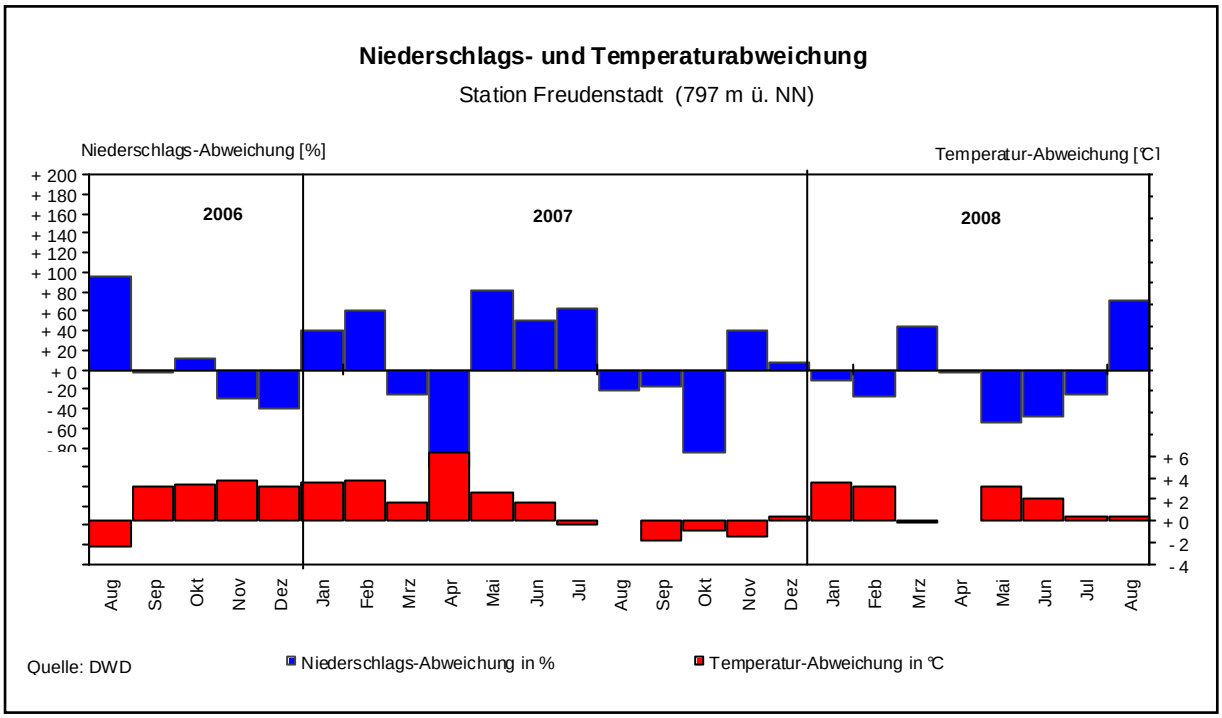

Abb. 37: Niederschlags- und Temperaturabweichung Station Freudenstadt

rung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“). Demnach ist auch aktuell in Baden-Württemberg eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur zu beobachten. Dabei ist im langfristigen Trend die Temperaturzunahme im Winterhalbjahr höher als die im Sommerhalbjahr. Ebenfalls für das Winterhalbjahr wird eine deutliche Zunahme der Niederschläge registriert. Zunahmen bis zu 30% sind in einzelnen Regionen dabei beobachtet worden. Dagegen sind die Niederschlagssummen in den Sommermonaten leicht rückläufig (KLIWA 2008).

Die Jahresmitteltemperaturen der Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Stuttgart, Freiburg, Münsingen und Villingen zeigen seit etwa Mitte der 1970er Jahre im Durchschnitt einen eindeutigen Anstieg. Der Trend der Temperaturentwicklung seit 1952 ist bei allen vier Stationen deutlich ansteigend. Dagegen lässt sich ein einheitlicher Trend der Niederschlagsmengen anhand der Jahresmittelwerte nicht erkennen. Die Werte pendeln mit erheblichen periodischen Schwankungsamplituden um das langjährige Mittel (Abb.39).

Deutliche Temperaturerhöhungen, lang anhaltende Trockenperioden und immer häufigere Extremwetterlagen beeinflussen den Zustand der Wälder im hohen Maße. Trotz großem Anpassungsvermögen der Flora und Fauna wird es auf Grund des rasanten Tempos der Klimaveränderung zwangsläufig zu einer Verschiebung der Vegetationszonen und zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung der derzeitigen Waldökosysteme kommen. Zudem wird sich das Zusammenspiel zwischen abiotischen und biotischen Einflussfaktoren auf das Ökosystem verändern, was zu einer zusätzlichen Destabilisierung der Bäume führen könnte.

Der Klimawandel wird wesentlich durch den Menschen verursacht. Der stark erhöhte Ausstoß von klimarelevanten Spurengasen seit Beginn der Industrialisierung führt zu einer Absorption der Wärmestrahlung innerhalb der Atmosphäre, so dass sie nicht mehr nach außen entweichen kann („Treibhauseffekt“). Treibhausgase entstehen v. a. bei der Nutzung von fossilen Energieträgern und bei industriellen Prozessen.

7.2 Waldschutzsituation 2007/2008

Die Waldschutzsituation in Baden-Württemberg hat sich 2007 gegenüber dem Vorjahr entspannt. Die zufällige Nutzung, d.h. die Holznutzung, die nicht auf einem geplanten Holzeinschlag beruht, sondern durch Naturereignisse wie Borkenkäferbefall oder Sturm verursacht wird, betrug 2007 mit 1,9 Mio. Festmetern (Fm) deutlich weniger als 2006 (2,5 Mio. Fm). Diese Menge entsprach einem Anteil von 23% am Gesamteinschlag in Baden-Württemberg. Insgesamt 42% der zufälligen Nutzung (ZN) waren im Jahr 2007 durch biotische und 58% durch abiotische Ursachen bedingt. Bis Ende August 2008 fielen mit 0,8 Mio. Fm nur die Hälfte der ZN-Menge an, die zum gleichen Zeitpunkt im Vorjahr registriert wurde (Abb. 38).

Abiotische Schadursachen

Im Winter 2008 (29.Februar / 01.März) traf der Sturm "Emma" die Wälder in Baden-Württemberg. Rund 500.000 Fm Sturmholz mussten nachfolgend aufgearbeitet werden. Im Sommer 2008 kam es zu einer großen Zahl von Unwettern in verschiedenen Regionen des Landes, die von Sturmböen, Starkregen und von Hagelschauern begleitet waren, die besonders

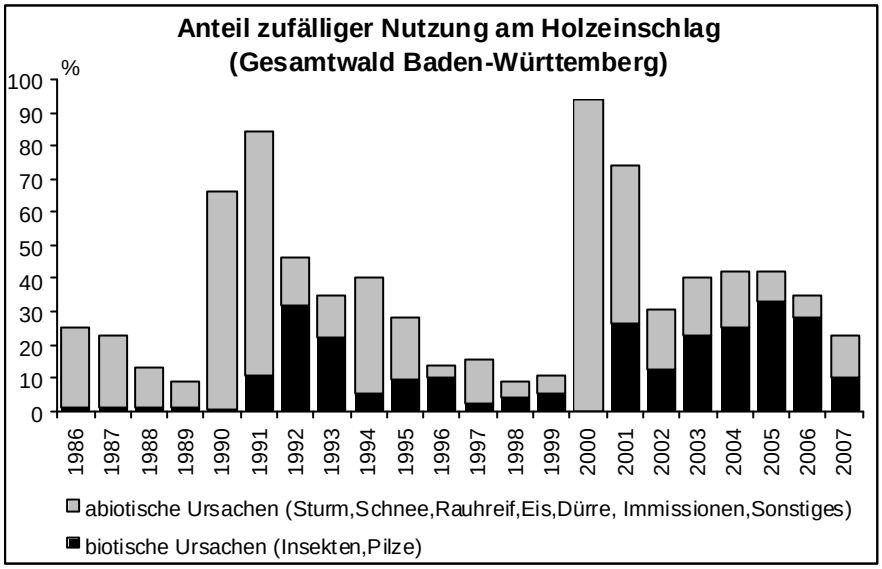

Abb. 38: Anteil der zufälligen Nutzung am Gesamtholzeinschlag

bei Kiefern zu Schäden führten.

Biotische Ursachen

Im Jahr 2007 fielen mit insgesamt ca. 0,8 Mio. Fm Käferholz rund 1 Mio. Fm weniger an als 2006. Dieser Rückgang ist zum einen auf die vergleichsweise feuchte und kühle Sommerwitterung 2007, zum anderen auf die effiziente Borkenkäferbekämpfung durch das Forstpersonal zurückzuführen. 2008 ging die Käferholzmenge weiter deutlich zurück. Bis Ende August wurden nur noch 165.000 Fm Käferholz verbucht. Zum gleichen Zeitpunkt betrug die Menge im Jahr 2007 noch 605.000 Fm. Der überwiegende Teil des Käferholzes war durch den Buchdrucker an Fichten verursacht (FVA 2008).

Ausfälle gab es 2007 noch bei Buche und Eiche durch Prachtkäferbefall, deren Larven in der Rinde der Bäume leben und diese zum Absterben bringen können. Diese Käfer sind wärmeliebend und wurden im Extremsommer 2003 begünstigt. Der Befall ist jedoch in den Jahren 2007 und 2008 wieder merklich zurückgegangen.

In Tannen-Jungwüchsen nahm 2008 wieder der Befall durch Tannentriebläuse zu, die durch den milden Winter begünstigt wurden.

Sowohl 2007 als auch 2008 wurde landesweit nur ein geringer Fraß durch blattfressende Raupen von Schadschmetterlingen an Eiche festgestellt.

In den Hochlagen des Südschwarzwaldes trat im Sommer 2008 örtlich starker Fraß des Buchenspringrüsslers an den Buchenblättern auf. Dieser ist jedoch nicht bedrohlich. Der Blattfraß durch Waldmaikäfer im Bereich der nördlichen Oberrheinebene war trotz örtlich hoher Käferdichten im Frühjahr 2008 relativ gering, weil größere Flächen mit einem Pflanzenschutzmittel behandelt wurden, um die Käfer beim Reifungsfraß vor der Eiablage abzutöten. So wurden nur wenige Laubholzbestände von den Käfern kahlgefressen. Die Maikäfer können durch den Wurzelfraß ihrer im Boden lebenden Larven, den Engerlingen, erhebliche Schäden an Jungwüchsen, insbesondere in Laubholz-Pflanzungen, verursachen. Von den pilzlichen Schaderregern trat 2007 und 2008 wieder vermehrt der Tannenkrebs in Erscheinung. An Douglasien wurde 2008 verstärkter Befall durch die Rußige Douglasienschütte festgestellt. Vielerorts waren die Lärchen im Spätsommer 2008 sehr schütter, was ebenfalls durch einen Schüttepilz verursacht wurde.

Eine Auswirkung auf den Kronenzustand bei Tanne und Kiefer kann der Mistelbefall haben. Betroffen vom Befall dieses Halbparasiten sind vor allem Kiefernwälder in der Oberrheinebene und Tannenbestände in den unteren und mittleren Höhenlagen der Mittelgebirge. Der Mistelbefall kann als zusätzlicher Stressfaktor den Absterbeprozess bei den befallenen Wirtsbäumen beschleunigen.

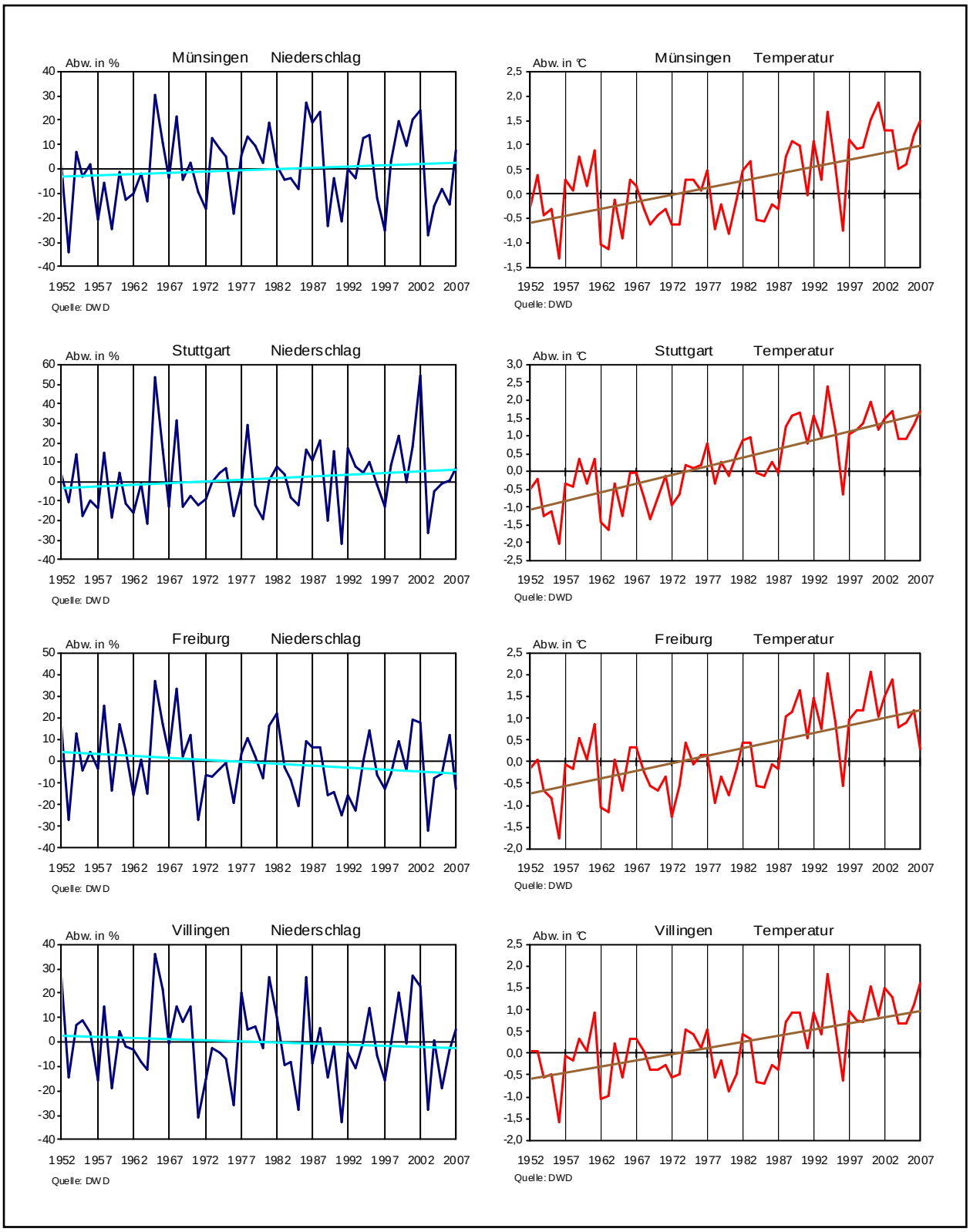

Abb. 39: Jahresmittelwerte für Niederschlag und Temperatur sei 1951

7.3 Stoffeinträge

Die Belastung der Wälder durch Luftschadstoffe ist weiterhin hoch. Durch Schadstoffeintrag (Deposition) mit dem Regen kommt es zu einer Versauerung von Waldböden und zu Störungen des Nährelementhaushalts. Dies führt zu einer langfristigen Destabilisierung der Waldökosysteme. Im Vergleich zum Freiland ist der Schadstoffeintrag in die Wälder im Mittel ca. zwei- bis dreimal so hoch, da Wälder mit ihrer großen Blatt- bzw. Nadeloberfläche Feinstäube und Aerosole aus der Luft herausfiltern. Wälder tragen so aktiv zur Luftreinhaltung bei.

7.3.1 Depositionen im Niederschlag

Depositionen im Niederschlag werden in Baden-Württemberg im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings an 24 Messstationen von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) erfasst. Dabei werden sowohl die Gesamtsäure- als auch die Stickstoffeinträge vergleichend unter einem Fichtenbestand und einer benachbarten Freifläche gemessen.

Gesamtsäureeintrag

Die Säureeinträge im Niederschlag setzen sich aus Sulfat (SO_4), Nitrat (NO_3), Chlorid (Cl) und Ammonium (NH_4) zusammen. Die Depositionen von Sulfat und Nitrat stammen überwiegend aus der Verbrennung fossiler Energiestoffe, die von Chlorid aus der Verbrennung von Kunststoffen. Dagegen werden die anthropogenen Ammoniumeinträge zu einem erheblichen Teil durch Tierhaltung (Rinder- und Schweinezucht), aber auch durch Emissionen aus Kläranlagen und der chemischen Industrie verursacht.

Die Gesamtsäureeinträge in die Wälder Baden-Württembergs lagen im Jahr 2007 mit Werten zwischen 0,3 und 1,7 $kmol_c$/ha/Jahr in etwa auf dem Niveau des Vorjahres. Sie überschreiten nahezu flächendeckend das natürliche Pufferungsvermögen der vorwiegend nichtkarbonatischen Standorte. Dabei lassen sich regional drei Bereiche unterschiedlicher Depositionsintensitäten identifizieren: Entlang des Schwarzwaldwestkammes und des westlichen Odenwaldes werden mit 1,3 bis 1,7 $kmol_c$/ha/Jahr die höchsten Einträge gemessen (Blauen, Schauinsland, Gegenbach, Heidelberg), während auf der windabgeneigten Seite des Schwarzwaldes die Einträge mit Werten zwischen 0,3 und 0,7 $kmol_c$/ha/Jahr deutlich geringer sind. Die übrige Landesfläche ist mit Säureeinträgen zwischen 0,4 und 1,2 $kmol_c$/ha/Jahr wenig differenziert.

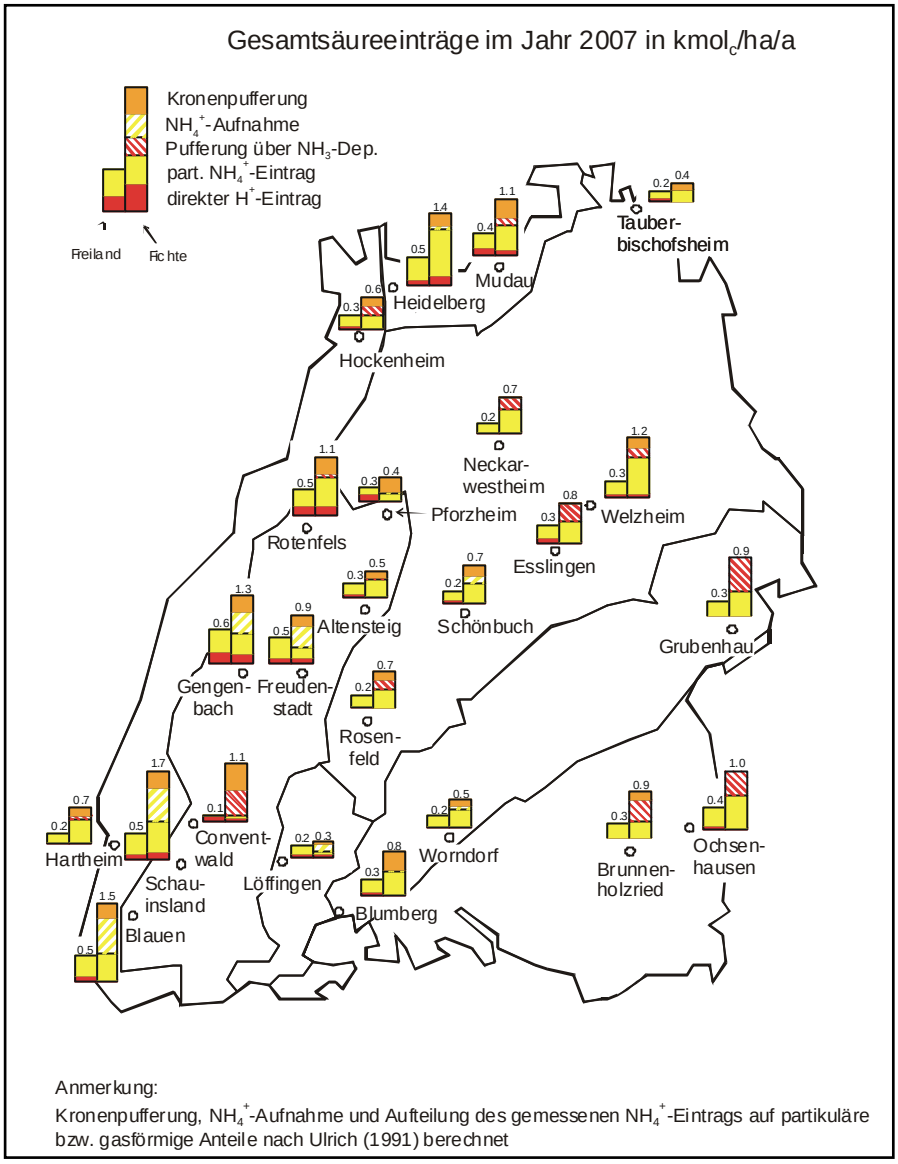

Abb. 40: Gesamtsäureeintrag 2007: Freiland und Fichtenbestand

Stickstoffeinträge

Für die Stickstoffeinträge, die sich im Wesentlichen aus Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) zusammensetzten, ist insgesamt ein leichter Rückgang im Vergleich zum Vorjahr zu beobachten. Die Stickstoffeinträge überschreiten mit Werten zwischen 4,7 bis 32,0 kg/ha/Jahr aber immer noch auf einem Großteil der Landesfläche die Stickstoffmengen, die Waldökosysteme in ihrer Biomasse fixieren können. Lediglich auf Standorten im Windschatten des Schwarzwaldes wurden Stickstoffeinträge gemessen, die mit 4,7 bis 18,9 kg/ha/Jahr im Bereich der biologischen Aufnahmekapazität von wüchsigen Wäldern liegen.

Regional lassen sich für Baden-Württemberg zwei Bereiche mit einer unterschiedlichen stofflichen Zusammensetzung der Stickstoffeinträge unterscheiden. Im Westen des Landes überwiegt der hauptsächlich dem Individualverkehr zurechenbare Nitatanteil, während im Ostteil der hauptsächlich durch Landwirtschaft bedingte Ammoniumanteil überwiegt (Abb. 41).

7.3.2 Gasförmige Immissionen

In Baden-Württemberg werden gasförmige Luftschadstoffe von der Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) gemessen. Die Messstationen befinden sich über das ganze Land verteilt, wobei drei als sogenannte Hintergrundstationen die Schadstoffbelastung im Wald aufzeichnen. Im Einzelnen sind dies die Stationen: Kälbelescheuer (Südschwarzwald), Edelmannshof (Schwäbischer Wald) und Wilhelmsfeld (Odenwald).

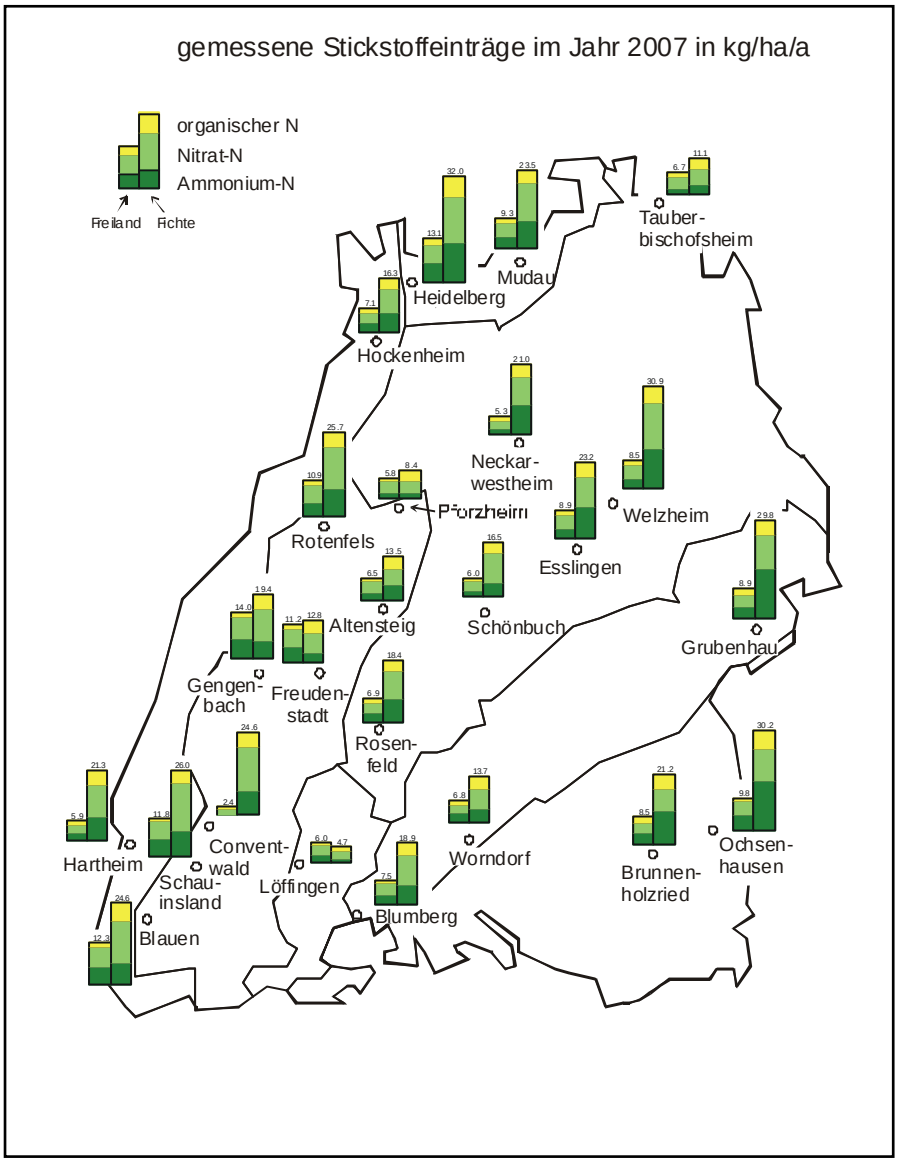

Abb. 41: Gesamtsäureeintrag 2007: Freiland und Fichtenbestand

Schwefeldioxid

Der deutliche Rückgang der Schwefeldioxidkonztentration in der Luft innerhalb der letzten 20 Jahre ist als Erfolg des Forstlichen Umweltmonitorings zu werten, da als Folge einer öffentlich geführten Umweltdiskussion auf Grund massiver Waldschäden technische Maßnahmen unternommen wurden, um eine Verringerung des schädigenden Gases in der Luft zu erreichen. Durch die Einführung von Rauchgasentschwefelungsanlagen und der Verwendung schwefelärmerer Brennstoffe konnte die Konzentration von Schwefeldioxid seit Ende der 1980er Jahre um den Faktor zehn gesenkt werden (Abb. 42). Die derzeit gemessenen Jahresmittelkonzentrationen von Schwefeldioxid in Baden-Württemberg führen nicht mehr zu einer sichtbaren Schädigung der Waldbäume.

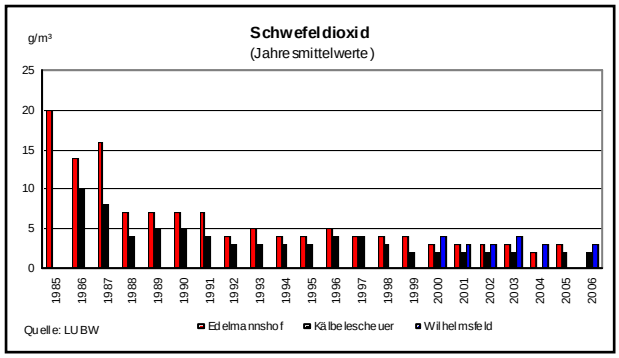

Abb. 42: Entwicklung der Schwefeldioxidkonzentration seit 1985

Wenn auch die aktuellen Schwefeleinträge keine nennenswerte Säurebelastung für die Waldböden mehr darstellen, belasten die in den Böden zwischengespeicherten Schwefelmengen den Stoffhaushalt der Wälder noch merklich. Die abgelagerten Schwefelvorräte im Boden gehen allmählich wieder in Lösung und waschen in Form von Sulfat weitere basische Elemente wie Calcium und Magnesium aus dem Boden aus.

Ozon

Die Bedeutung von bodennahem Ozon als Schadfaktor für Pflanzen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Ozon ist ein hochreaktives Molekül, welches durch die Spaltöffnungen der Nadeln bzw. Blätter in den Baum eindringt und dort Zellen des Palisadenparenchyms schädigt. Dadurch wird die Photosyntheseleistung der Bäume eingeschränkt und die Versorgung anderer Zellen unterbrochen. Abbildung 43 zeigt einen ungefärbten Blattquerschnitt mit den typischen Schädigungen durch

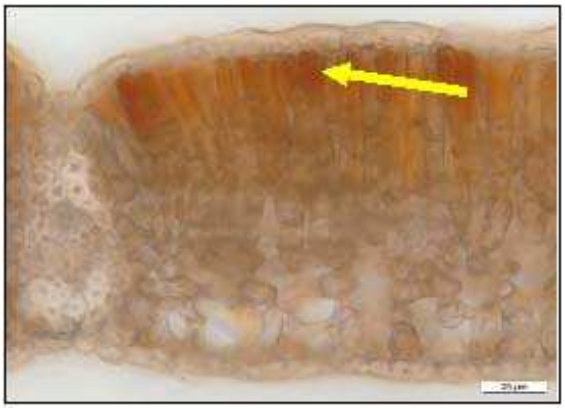

Abb. 43: Buchen-Blattquerschnitt mit ozonbedingten Zellschädigungen

Ozon. Im oberen lichtexponierten Teil der Vakuolen werden Tannine durch den oxidativen Stress durch Ozon stärker oxidiert (siehe Pfeil) und die Zellen somit in ihrer Funktion nachhaltig geschädigt (WSL 2008).

Die Ozonkonzentration in der Luft unterliegt stark jahreszeitlichen Schwankungen. Während in den Wintermonaten nur an wenigen Tagen der Ozonschwellenwert von 120 µg/m^3 überschritten wird, kommt es in den Sommermonaten durch starke Sonneneinstrahlung zu deutlich höheren Konzentrationen (Abb. 44). Von einer Zunahme der Ozonbelastung in den nächsten Jahren ist auf Grund des steigenden Ausstoßes der Vorläufersubstanzen wie Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen, die vornehmlich von Autoabgasen und Industrieemissionen stammen, sowie der zunehmenden Sommer-

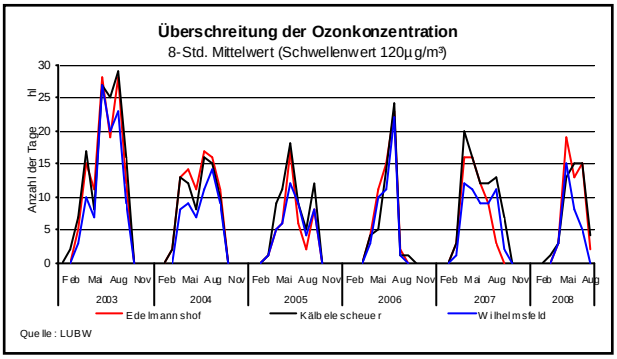

Abb. 44: Ozonüberschreitungen von 2003 bis 2008

temperaturen im Zuge des ablaufenden Klimawandels auszugehen.

Auf den Versuchsflächen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) in Heidelberg, Altensteig, Rotenfels und Kälbelescheuer konnten im Jahr 2007 akute Schädigungen durch Ozon an Buchenblättern festgestellt werden. Bestätigt wurde der Befund durch das europäische „Ozone validation centre“ an der Eidgenössischen Forschungsanstalt in Birmensdorf/Schweiz.