

Heft 2/95

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt
für Forsten

Wald und Klima



Freistaat  Sachsen

Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten

Impressum

Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)
Bereich Forstplanung
Abteilung Forstliche Rahmenplanung und Standortserkundung

Bonnewitzer Straße 34
01827 Graupa
Telefon (03501) 5 42-0
Telefax (03501)-542-213

Redaktion und Gestaltung

Sächsische Landesanstalt für Forsten

Repro/Druck

Druckerei Veters Radeburg GmbH

Fotos

Archiv der Landesanstalt

Redaktionsschluß

03/95

Auflage

2 000 Stück

Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff

Verteilerhinweis: Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist besonders die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	2
II. Grundlagen der landesweiten Klima- und Immissionsschutzfunktion von Wäldern	3
1. Human-bioklimatologische Wirkungen des Waldes	3
1.1 Photoaktinischer Wirkungskomplex	3
1.2 Thermischer Wirkungskomplex	4
1.3 Lufthygienischer Wirkungskomplex	5
2. Human-bioklimatologische Bewertung des Stadtklimas	7
2.1 Strahlungs- und Temperaturverhältnisse	7
2.2 Windverhältnisse	8
2.3 Luftfeuchte und Wasserhaushalt	9
2.4 Luftqualität	9
2.5 Bewertung des Stadtklimas	10
3. Auswirkungen stadtnaher Wälder auf das Stadtklima	12
3.1 Thermischer Wirkungskomplex	14
3.2 Lufthygienischer Wirkungskomplex	15
4. Ausscheidungskriterien für Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion	16
III. Beschreibung und Begründung der ausgewiesenen Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion	20
1. Raum Dresden und oberes Elbtal	20
2. Ostsachsen	21
3. Erzgebirgsvorland	22
4. Westerzgebirge und Vogtland	22
5. Raum Leipzig und Nordsachsen	23
IV. Zusammenfassung	24
V. Literatur	25
Anhang	

I. Einleitung

Die Nutzungsansprüche an die Landschaft im Freistaat Sachsen sind in jüngerer Vergangenheit in vielerlei Hinsicht gestiegen. Um auch in Zukunft eine umweltverträgliche Landnutzung zu gewährleisten und die nachhaltige Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes zu erhalten, wurde der Landesentwicklungsplan Sachsen als landesplanerisches Gesamtkonzept erstellt. Darin sind die Grundsätze und Ziele der Raumordnung und Landesplanung im Freistaat enthalten.

Der Erhaltung des Waldes kommt dabei in vielerlei Hinsicht eine besondere Bedeutung zu. Er schützt das Wasser vor Verunreinigungen, filtert die Luft, festigt den Boden in Steillagen und prägt im Wechsel mit anderen Landnutzungsformen den Charakter unserer Kulturlandschaft. Darüberhinaus ist er Rückzugsgebiet für seltene Tiere und Pflanzen und Ort der Erholung für den Menschen. Seine Fläche ist deshalb zu erhalten und gegebenenfalls zu vermehren. Ziel dieser Broschüre ist es, Kriterien für die Ausweisung von Wald mit landesweiter Bedeutung für den Klima- und Immissionsschutz im Freistaat Sachsen festzulegen und Wälder mit einer besonderen Bedeutung für diese Waldfunktion auszuscheiden.

Sachsen ist mit 27 % Waldflächenanteil an der Landesfläche ein durchschnittlich bewaldetes Bundesland. Die Waldfläche ist jedoch keineswegs homogen verteilt, sondern konzentriert sich auf die südlichen Mittelgebirgslagen vom Vogtland über das Erzgebirge bis zum Zittauer Gebirge sowie auf die Lausitzer Teichlandschaften im Nordosten (Abb. 1). Folglich sind weite Landesteile waldarm bzw. nahezu waldlos.

Waldverteilung im Freistaat Sachsen

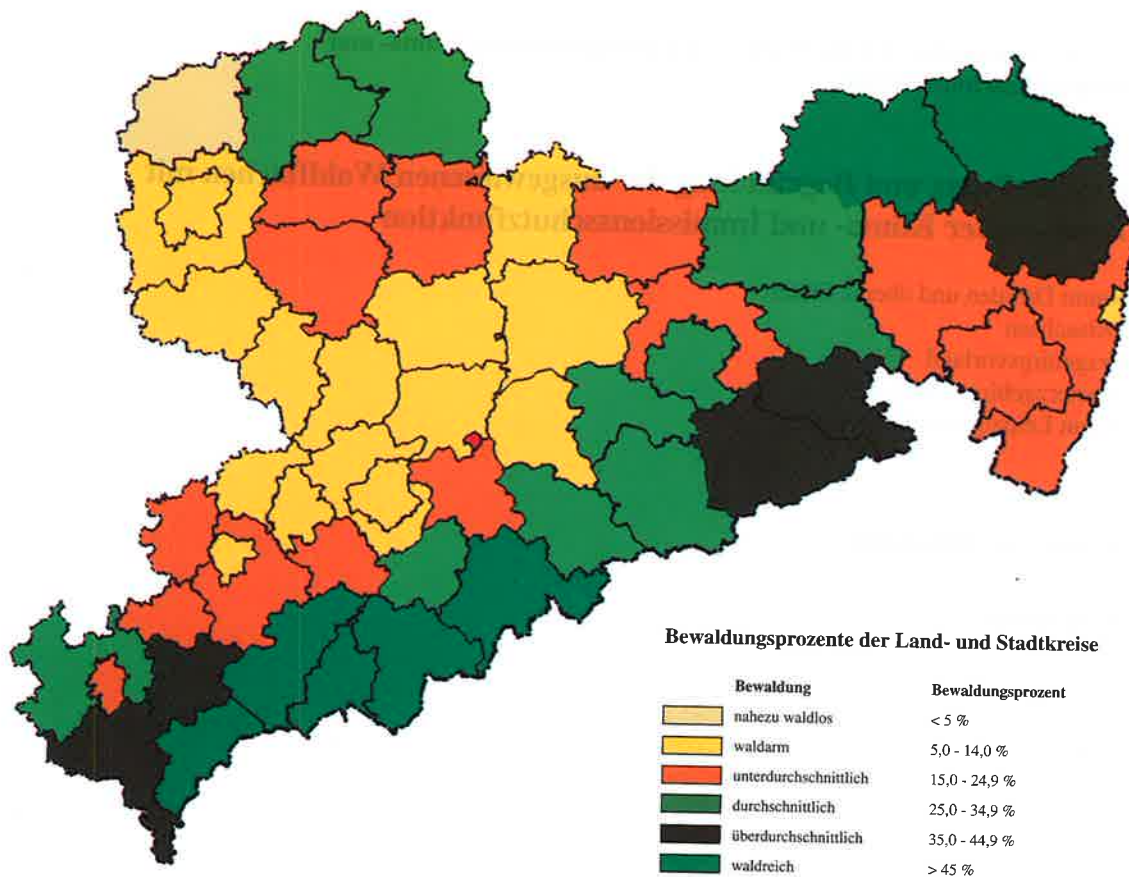


Abb. 1: Die Bewaldungsprozente in Sachsen nach Land- und Stadtkreisen (Stand 31.03.1994)
(Genehmigungsnummer des LVA Sachsen: DN 07/95/1. Erg.)

II. Grundlagen der landesweiten Klima- und Immissionsschutzfunktion von Wäldern

1. Human-bioklimatologische Wirkungen des Waldes

Das Klima des Waldes läßt sich in vier Mikroklimata gliedern (HEYER 1993): Das Klima des Waldbodens, des Stammraumes, des Kronenraumes und der Waldoberfläche. Man bezeichnet dies als "Stockwerkbau des Klimas" im Wald. Daraus resultiert das walddtypische Mesoklima.

Der Begriff "Bioklimatologie" wird wie folgt erläutert (BAUMGARTNER 1982):

"Bioklimatologie ist die Wissenschaft von den direkten und indirekten Einflüssen der physikalischen, chemischen und physiochemischen Mikro- und Makroumgebung auf physiko-chemische Systeme im allgemeinen und auf lebende Organismen, wie Pflanzen, Tiere und Menschen, im einzelnen."

Die Einflüsse des Klimas auf den Menschen werden nach dieser Definition als human-bioklimatologische Effekte beschrieben. Die Wirkungen des Waldklimas auf den Menschen werden drei Bereichen zugeordnet (FLEMMING 1982):

- Photoaktinischer Wirkungskomplex
- Thermischer Wirkungskomplex
- Lufthygienischer Wirkungskomplex

1.1 Photoaktinischer Wirkungskomplex

Strahlung in Form der direkten Sonneneinstrahlung und als diffuse Himmelsstrahlung sind die Faktoren dieses Einflußkomplexes.

Von der direkten Sonneneinstrahlung gelangt nur ein geringer Anteil auf den Waldboden. Deutlich effizienter dringt die diffuse Himmelsstrahlung ins Waldinnere.

Von großer Bedeutung ist neben der Strahlungsdosierung die qualitative Veränderung der Strahlungszusammensetzung. Sie wird durch die Filterwirkung des Kronendaches verursacht.

Das Waldinnere zeichnet sich durch starke Helligkeits-, Farb- und Formkontraste aus (FLEMMING 1982). Für den Erholungssuchenden entstehen dadurch reizvolle Lichteffekte. Sie sind durch erhöhte Grün- und Infrarotanteile des Lichtes im Wald gekennzeichnet. Nach Erkenntnissen von Farbpsychologen wirkt sich dies sehr günstig auf die menschliche Psyche aus, da dieses Licht für das menschliche Auge besonders angenehm ist (HÖPPE u. MAYER 1984).

Wälder verändern den Strahlungshaushalt der Erdoberfläche erheblich. Sie mildern das Lichtklima der Landschaft, verringern die Blendlichter und üben dadurch eine beruhigende physiologische Wirkung auf den Menschen aus.

1.2 Thermischer Wirkungskomplex

Die thermischen Wirkungen des Waldes sind vielseitig:

1. Wälder gleichen die **Schwankungen der Lufttemperatur** aus, indem sie Extremwerte dämpfen. Dies gilt sowohl für den tageszeitlichen, den saisonalen als auch für den jährlichen Temperaturverlauf. Ursache ist die durch die abschirmende Wirkung des Kronendaches bedingte verringerte Intensität der kurzwelligen Einstrahlung.

Das mittlere Temperaturmaximum des Waldes ist im Sommer um 1,5 °C niedriger als im ländlichen Umland. Das mittlere Temperaturminimum hingegen ist im Winter im Wald um 1 °C höher als außerhalb des Waldes (DIMITRI 1976). An heißen Sommertagen können die Temperaturunterschiede zwischen Wald und seiner Umgebung kurzzeitig bis zu 10 °C betragen. Durchschnittlich liegen sie bei rd. 4 °C, wie Untersuchungen von MAYER und HÖPPE belegen (Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich des thermischen Bioklimas in einer Wald- (Ebersberger Forst bei München) und einer Stadtatmosphäre (besonnte Seite der Schellingstraße im Zentrum von München) an einem schönen Sommertag (10.08.1983) um 15 Uhr MEZ; Kleidung: leichte Sommerkleidung; Aktivität: langsam gehend; Meßhöhe: 1,2 m über Grund (aus: MAYER und HÖPPE 1984).

Parameter	Wald	Stadt
Lufttemperatur	21,2 °C	26,8 °C
Dampfdruck	14,3 mbar	13,9 mbar
Windgeschwindigkeit	0,5 m/s	0,6 m/s
mittlere Strahlungstemperatur	18,9 °C	52,9 °C
PMV ¹ (= thermische Empfindung)	+ 0,4 (behaglich)	+ 3,8 (heiß)

2. Wälder reduzieren die **Windgeschwindigkeit** durch ihre Schichtung und Struktur deutlich. Dadurch wird der menschliche Körper im Wald weitaus geringer abgekühlt als in der freien Flur.
3. Wälder weisen gegenüber dem nahegelegenen Umland auf Grund der niedrigeren Lufttemperatur eine höhere **relative Luftfeuchte** auf. Diese wiederum verringert den Verdunstungswärmestrom des menschlichen Körpers zu seiner Umgebung.

Alle drei Faktoren zusammen wirken synergistisch. Sie bewirken eine geringe thermische Belastung für den erholungssuchenden Waldbesucher. Das Klima des Waldes wird deshalb den milden **Schonklimaten** zugeordnet, die sich besonders durch die Dosierung der thermischen Reize und durch eine Reizabschwächung auszeichnen. Diese stehen im deutlichen Gegensatz zu den Belastungsklimaten der Städte und den Reizklimaten der Küsten- und Gebirgsregionen.

¹ Predicted Mean Vote (PMV) = mittlere Einschätzung des thermischen Empfindens des Menschen, auf Grundlage der FANGER'schen Komfortgleichung (entspricht Energiebilanzgleichung des Menschen; vgl. u. a. MAYER 1977; FANGER 1972).

1.3 Lufthygienischer Wirkungskomplex

Der Wald übt durch seine große Oberfläche und seine hohe Rauigkeit eine starke **Filterwirkung** auf anthropogene Immissionen aus. Man unterscheidet zwischen dem Einfluß auf feste Luftpartikel (Schwebstoffe bzw. Aerosole) und auf Gase.

Im Hinblick auf die Aerosole besitzt der Wald ein sehr effizientes Filtervermögen. Dies belegen Untersuchungen von HÖFKEN und GRAVENHORST (1982). So wurden im Vergleich zum Kronendach unterhalb der Baumkronen um rd. 10 - 40 % verminderte Aerosol-Konzentrationen gemessen. Wesentlich wird dies durch die Windgeschwindigkeit und die Größe der Partikel beeinflusst. Je stärker der Wald die Windgeschwindigkeit verringert und je größer die Schwebstoffe in der Atmosphäre sind, desto höher ist deren Ablagerungsrate (Sedimentation). Im Hinblick auf die Austauschfähigkeit von Luftmassen ist der Wald das aktivste Landschaftselement. Er wird deshalb auch als "Aerosolsenke" bezeichnet, dessen Zerstreuungs- und Verdünnungseffekt schadstoffhaltiger Luftmassen über weite Entfernungen hin wirksam ist.

Geringer sind die Filterwirkungen des Waldes im Hinblick auf gasförmige Immissionen, wie Laboruntersuchungen zeigen (KELLER 1978). Dies ist insbesondere bei **Fremdgasen** wie Schwefeldioxid, Stickoxiden und Kohlendioxid von Bedeutung.

Ein Teil dieser Stoffe wird durch die sogenannte Naßdeposition als Folge der Auswaschung von Niederschlägen in den Baumkronen festgehalten (Absorption durch das Interzeptionswasser). Die große Bedeutung des Waldes liegt deshalb um so mehr in seinem "Platzhaltereffekt": Dort wo Wälder sind, können keine Emittenten von Schadgasen und Schwebstoffen sein (Emittentenfreiheit und größere Emittentenentfernung).

Der Wald ist ein wichtiger **Lärmfilter**:

- Wald dämpft die Lärmbelästigung aktiv durch seine Blätter, Nadeln, Zweige und Äste.
- Wald übt auch gegenüber Lärmquellen den obengenannten "Platzhaltereffekt" aus. Er vergrößert die Emittentenentfernung und ist gleichzeitig emittentenfrem.

Ausschlaggebend für die Filterwirkung des Waldes sind die schallabsorbierenden Eigenschaften der Blätter und Nadeln, da die Schwingungsenergie in Bewegungsenergie der Assimilationsorgane umgewandelt wird. Zur Intensitätsabschwächung kommt die Transformation bestimmter Frequenzbereiche. Hohe Frequenzen werden gedämpft, wodurch die subjektive Lärmempfindung der Waldbesucher deutlich verringert wird. Untersuchungen von MITSCHERLICH und SCHÖLZKE (1977) belegen, daß insbesondere junge Bäume mit tiefen Ästen gut vor Lärm schützen, da mit der Dichte des Blattwerkes die Schallfilterwirkung zunimmt.

Der Wald gibt aber auch in erheblichem Umfang gasförmige Stoffe an die Atmosphäre ab. Es handelt sich in erster Linie um ätherische Öle und Terpene, Bestandteile des Harzes der Nadelbäume. Diese Duftstoffe, die auch als "Luftvitamine" bezeichnet werden, zeichnen verantwortlich für die würzige Waldluft, die den Spaziergänger erquickt. Die Terpene haben weitere bemerkenswerte Eigenschaften: Sie wirken fungizid, verringern dadurch die Wahrscheinlichkeit von Pilzkrankheiten an Bäumen und haben, wenn sie weit über den Wald hinaus geweht werden, ökologische Fernwirkungen, die im einzelnen noch gar nicht erforscht wurden (GIETL 1979).

Festzuhalten ist, daß Wälder eine Vielzahl lufthygienischer Wirkungen haben:

- Wirksame Luftreinigung durch Ablagerung an den Vegetationselementen sowie infolge Auswaschung durch Niederschläge
- Senken für anthropogen bedingte Luftverunreinigungen ("Platzhaltereffekt")
- Lärmruhe und Dämpfung hoher Frequenzen
- Senken für CO₂ durch Kohlenstoffbindung
- Quellen für Wasserdampf, Sauerstoff, Terpene und turbulente Bewegungsenergie

2. Human-bioklimatologische Bewertung des Stadtklimas

Das Stadtklima ist das durch die Wechselwirkungen der Bebauung und deren Auswirkungen bestimmte Klima. Es schließt den Einfluß von Emissionen luftverunreinigender Stoffe und von Abwärme mit ein.

Das komplexe Wirkungsgefüge des Stadtklimas kann auch anhand folgender mathematischer Formel beschrieben werden (LOWRY 1977):

$$M_{i,t,x} = C_{i,t,x} + L_{i,t,x} + U_{i,t,x}$$

mit: $M_{i,t,x}$: in der Stadt gemessener Wert einer meteorologischen Größe M (z.B. Lufttemperatur) bei der Wetterlage i zum Zeitpunkt t am Ort x

$C_{i,t,x}$: Anteil des Regionalklimas (Beeinflussung durch das synoptische Wettergeschehen)

$L_{i,t,x}$: Anteil des Lokalklimas (Beeinflussung durch die Topographie und die natürliche, nicht urbane Bodenbedeckung)

$U_{i,t,x}$: Anteil des Stadtklimas (Beeinflussung durch die Urbanisierung und ihre Folgen)

2.1 Strahlungs- und Temperaturverhältnisse

Durch die starke Anreicherung der Stadtluft mit Luftverunreinigungen kommt es zur Ausbildung einer Dunstglocke über Städten. Diese bewirkt eine Verringerung der Globalstrahlung gegenüber dem Umland um rd. 15 bis 20 % (LANDSBERG 1981). Die Sonnenscheindauer ist aber auch aufgrund größerer Häufigkeit von Wolkenbildung über Städten um rd. 5 bis 15 % reduziert (RATH 1988).

Darüberhinaus weisen Städte infolge der zahlreichen senkrechten Oberflächen durch die hierdurch bedingte höhere Strahlungsabsorption eine relativ geringe Rückstrahlung auf (FLEMMING 1990).

Die genannten Strahlungsverhältnisse einerseits, der geringe Wärmeverlust durch Verdunstungsenergie infolge fehlender Pflanzendecke und Versiegelung der Oberfläche andererseits sowie die anthropogen bedingten Wärmequellen der Stadt bewirken eine Temperaturerhöhung gegenüber dem ländlichen Umland um durchschnittlich 1 °C (MALBERG 1985). Zusätzlich wirken einige Baustoffe wie beispielsweise Asphalt und Beton durch ihre gute Wärmeleitfähigkeit temperatursteigernd.

Während der winterlichen Heizperiode ist die Abwärme der anthropogenen Heizquellen durch Hausbrand, Kraftwerke und Verkehr besonders bedeutsam. Im Winter nähert sich die durchschnittliche Temperaturdifferenz 2 °C (RATH 1988).

Festzuhalten ist:

- Städte und ihre unmittelbare Umgebung sind "Wärmeinseln" (MAYER 1990). Ihre energetischen Auswirkungen können vier Stadtkennzeichen zugeordnet werden (Tab. 2).

Diese ist nach § 3 Smog-Verordnung (SmogVO; SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG 1993) durch die Temperaturumkehr in der bodennahen Atmosphäre (bis 700 m über Grund) bei gleichzeitiger Schwachwindlage (< 3 m/s) gekennzeichnet. Generell werden zwei Smog-Arten, nämlich der Typ "London" und der Typ "Los Angeles" unterschieden (Tab. 4).

Tab. 4: Vergleich verschiedener typischer Smog-Arten (nach BECKRÖGE 1988).

Smog	Typ "London" (Wintersmog)	Typ "Los Angeles" (photochemischer Smog)
Hauptsächliche chemische Komponenten	SO ₂ , CO, Staub, Sulfat, H ₂ SO ₄	NO, NO ₂ , O ₃ , CmHn, CO
Verbrennungsstoffe	Kohle, Öl	Benzin
Hauptemittenten	Industrie, Hausbrand	Kraftfahrzeuge
Jahreszeit	Winter (Januar, Februar)	Sommer (August, September)
Tageszeit	früh morgens	mittag
Lufttemperatur	< 0 °C	> 20 °C
Inversionstyp	Strahlungsinversion	Absinkinversion
Relative Feuchte	> 85 %	< 70 %
Windgeschwindigkeit	Windstille	bis zu 3 m/s
Sichtweite	gering	bis zu 1,5 km

2.5 Bewertung des Stadtklimas

Festzuhalten ist, daß die stadtklimatologischen Eigenschaften nicht zwangsläufig negative Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Menschen haben. Es können auch positive Effekte auftreten wie beispielsweise seltenere Schneelagen im Winter, zeitigere Frühjahrsknospung und die Möglichkeit sich im Sommer länger im Freien aufhalten zu können. Dennoch ist das Stadtklima letztendlich ein **Belastungsklima** (SCHMALZ 1987), das aus human-bioklimatologischer Sicht überwiegend kritisch zu bewerten ist. MAYER (1990) faßt die meteorologisch relevanten Eigenschaften einer Stadt wie folgt zusammen:

- Eine Stadt ist aufgrund ihrer Oberflächenstrukturen ein **Strömungshindernis**.
- Aufgrund der variablen Oberflächendeckungstypen ist sie ein räumlich begrenztes Gebiet mit einer meist unregelmäßig erhöhten aerodynamischen **Oberflächenrauigkeit**.
- Sie ist im Gegensatz zum ländlichen Umland aufgrund der physikalischen Eigenschaften ihrer Baustoffe eine Wärmeinsel. Bei räumlich differenzierter Analyse löst sich diese Wärmeinsel in mehrere kleine Wärmezentren auf, so daß man eine Stadt auch als **Wärmearchipel** bezeichnen kann.
- Eine Stadt stellt aufgrund der verschiedenartigen Nutzungen eine erhebliche **Emissionsquelle** dar, wobei neben Schadgasen wie Kohlenmonoxid und Stickstoffmonoxid auch Aerosole und anthropogen erzeugter Wasserdampf freigesetzt werden.

Für die human-bioklimatologische Bewertung des urbanen Mesoklimas sind zwei Komponenten von besonderer Bedeutung (MAYER 1994):

a) **Thermischer Wirkungskomplex**

Darunter versteht man die Auswirkungen auf den Menschen, die von der gesamten meteorologisch relevanten Energetik (Strahlung, Strom fühlbarer Wärme, Strom latenter Wärme u.a.) der Stadtatmosphäre ausgehen. Hierzu zählen in erster Linie Wirkungen wie Hitzestreß oder Kältereiz.

b) **Lufthygienischer Wirkungskomplex**

Darunter versteht man die Auswirkungen durch die gesamten physikalisch und chemisch bedingten Qualitäten der Stadtluft auf den Menschen. Zu den Emissionen, Immissionen und Depositionen von Luftschadstoffen kommt der Einfluß der die Transmission steuernden Kenngrößen Windrichtung, Windgeschwindigkeit, atmosphärische Schichtung und Niederschlag hinzu. Dieser Wirkungskomplex ist u.a. für Atemwegserkrankungen bei Menschen verantwortlich.

Für beide Wirkungskomplexe gibt es bewährte Methoden zur objektivierten human-bioklimatologischen Bewertung (JENDRITZKY 1988; MAYER u. HÖPPE 1984).

Auf diese Wirkungskomplexe soll wegen ihrer übergeordneten Bedeutung bei der Beurteilung des klimatischen Einflusses stadtnaher Wälder auf das Stadtklima besonders eingegangen werden.

3. Auswirkungen stadtnaher Wälder auf das Stadtklima

Tab. 5 zeigt die vorgenannten human-bioklimatologischen Eigenschaften des Waldes und der Stadt in der Übersicht:

Tab. 5: Gegenüberstellung der bioklimatischen Eigenschaften des Waldes und der Stadt

W a l d	S t a d t
Photoaktinischer Wirkungskomplex	
<ul style="list-style-type: none"> • geringere Sonneneinstrahlung • höhere diffuse Strahlung • Kontrastreichtum (Formen/Farben) <p>⇒ beruhigendes Lichtklima</p>	<ul style="list-style-type: none"> • geringere Globalstrahlung aufgrund stadttypischer Dunstglocke • hohe Anzahl von Blendlichtern • Kontrastreichtum (Licht/Schatten) <p>⇒ belastendes Lichtklima</p>
Thermischer Wirkungskomplex	
<ul style="list-style-type: none"> • Pufferung der Temperaturschwankungen (Ausgleichswirkung) • höhere relative Luftfeuchte <p>⇒ geringe thermische Belastung (Kaltluftproduzent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturerhöhung durch: <ul style="list-style-type: none"> - höhere Strahlungsabsorption infolge Baustoffe - geringerer Wärmeverlust infolge fehlender Evapotranspiration der Pflanzendecke - anthropogene Wärmequellen (Haushalte/Verkehr/Industrie) • geringere relative Luftfeuchte <p>⇒ hohe thermische Belastung</p>
Lufthygienischer Wirkungskomplex	
<ul style="list-style-type: none"> • Filterung von Aerosolen • Auswaschung von Fremdgasen • "Platzhaltereffekt" (wo Wald ist, sind keine Emittenten) • Anreicherung der Luft mit Duftstoffen • Sauerstoffproduzent • Lärmfilter <p>⇒ keine lufthygienische Belastung (Frischluffproduzent)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Emittentenkonzentration <ul style="list-style-type: none"> - Verkehr - Haushalte/Kleingewerbe - Industrie/Kraftwerke • Bildung einer stadttypischen Dunstglocke • Smog-Bildung bei austauscharmen Wetterlagen • Lärmquellen <p>⇒ extrem hohe lufthygienische Belastung (Luftverunreinigung/Smog)</p>
S c h o n k l i m a	B e l a s t u n g s k l i m a
<ul style="list-style-type: none"> • beruhigend • ausgleichend 	<ul style="list-style-type: none"> • belastend • extrem

Es zeigt sich, daß Wälder aus human-bioklimatologischer Sicht eine insgesamt positive Wirkung auf den Menschen ausüben. Ihre Wirkungen lassen sich in Anlehnung an BAUMGARTNER (1977) wie folgt einteilen (Abb. 2):

- **Stammraumklima:**
Klimatische Wirkung der Kronenschicht nach unten in den Bestandesinnenraum. In den Genuß kommen Erholungssuchende.
- **Waldrandklima:**
Spezifische Ausbildung eines Mikroklimas in einem lokal eng begrenzten Bereich des Waldinnen- und Waldaußenrandes. Eng begrenzter Genuß durch Erholungssuchende.
- **Nahwirkungen:**
Wirkungen die direkt vom Bestand, seiner Lage, vom bestandestypischen Stammraumklima und dem Waldrandklima ausgehen. In den Genuß kommen angrenzend bebaute Siedlungen (bis 1 km).
- **Fernwirkungen:**
Wirkungen des Waldes auf das Landesklima (Stadtklima), deren Ursachen in der Wirksamkeit der Kronenschicht nach oben liegt; advektiver und konvektiver Transport der waldspezifischen Eigenschaften (Luftmassenaustausch). In den Genuß kommen insbesondere stadtklimatische Belastungszonen.

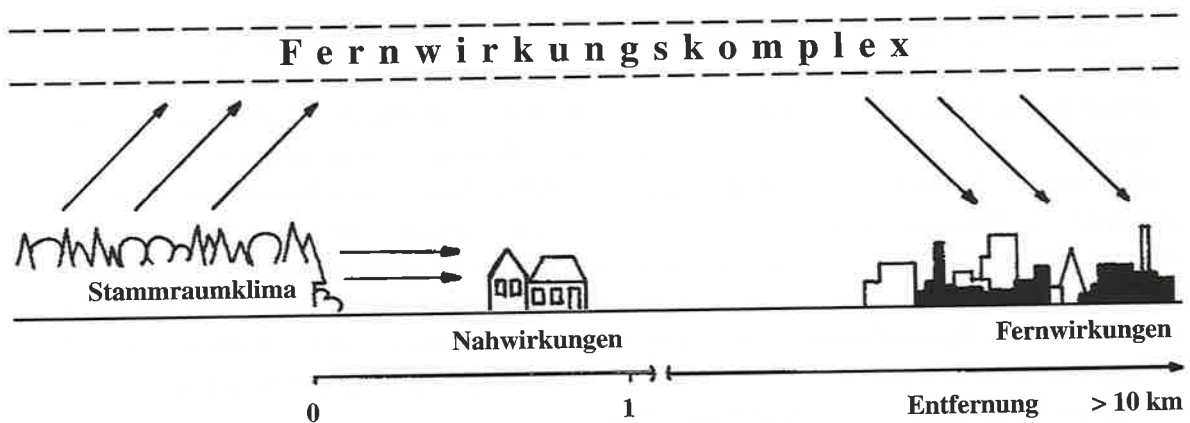


Abb. 2: Schematische Darstellung der klimatischen Wirkungen des Waldes (nach BAUMGARTNER 1977).

Für die Ausscheidung von Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion sollen ausschließlich die überregional bedeutenden Fernwirkungen stadtnaher Wälder in Betracht kommen. Dabei wird zwischen drei Wirkungswegen unterschieden:

1. Luftmassenaustausch bei Schwachwindlage
2. Luftmassenaustausch infolge thermisch bedingter Flurwindssysteme (Abb. 3)
3. Luftmassenaustausch infolge reliefbedingter Hangabwinde (Abb. 3)

Grundsätzlich ist die human-bioklimatologische Wirkung die gleiche. Bei letzteren beiden ist jedoch das Vorhandensein ausreichender und vor allem geeigneter Kalt-/bzw. Frischluftbahnen wesentliche Voraussetzung für die Effizienz der Wirkung. Diese Ventilationsbahnen zeichnen sich nach BECKRÖGE (1988) durch geringe Bodenrauigkeit und ausreichende Breite (ca. 20 bis 100 m) aus.

Eine ideale Anordnung zur Belüftung bis ins Stadtzentrum ist die radiale Achsenverteilung.

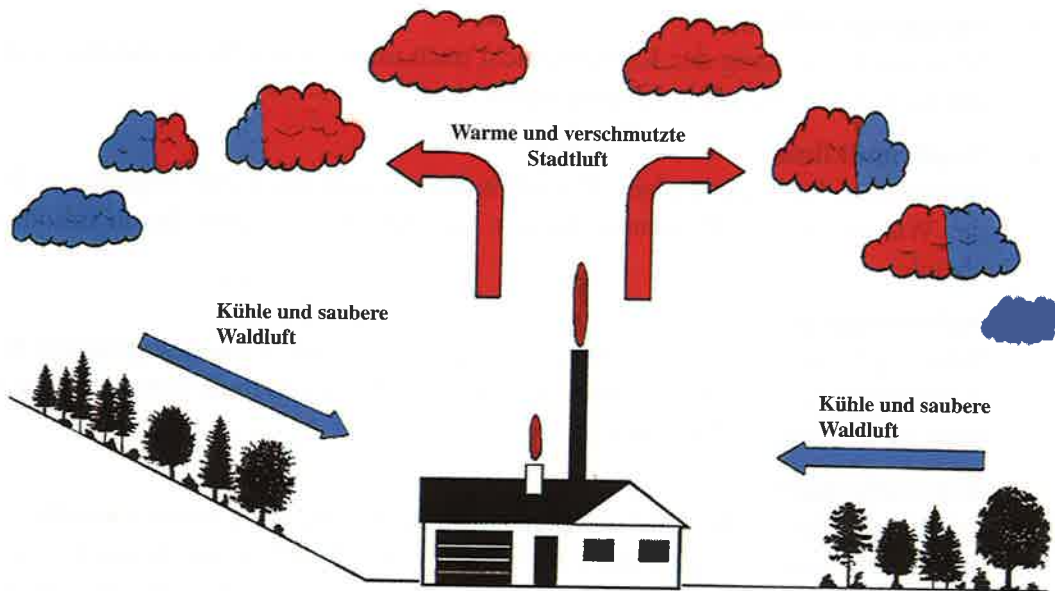


Abb. 3: Reliefbedingte Hangabwinde und thermisch bedingte Flurwinde.

Die Frage nach der notwendigen Mindestgröße eines Waldes für eine "ausreichende" Fernwirkung wurde von der Wissenschaft bisher noch nicht beantwortet. Funktionelle Angaben in Zahl und Maß hierzu fehlen. Die Fernwirkung eines Waldes hängt mit dem turbulenten Luftmassenaustausch zusammen. Ist er infolge von hohen Windgeschwindigkeiten groß, wird die waldspezifische Fernwirkung reduziert, weil die oberflächeneigenen Klimawirkungen von verschiedenen Landnutzungsformen zu stark vermischt werden. Die lokalklimatischen Abweichungen können sich am stärksten bei windschwachen und wolkenarmen Wetterlagen ausbilden. Dann ist der dynamische Austausch durch horizontale Luftbewegung sehr gering und die physikalischen Eigenschaften des Untergrundes können sich Geltung verschaffen (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 1992). Die Fernwirkung von Wäldern ist somit nur bei windschwachen Wetterlagen ausgeprägt feststellbar.

Die Auswirkungen stadtnaher Wälder sollen im folgenden nach den in Kap. 2.5 genannten Wirkungskomplexen differenziert betrachtet werden.

3.1 Thermischer Wirkungskomplex

Wie in Kap. 2.2 gezeigt wurde, sind Waldgebiete gute Kaltluftbildner gegenüber ihrem Umland. Einer weit verbreiteten Fehleinschätzung unterliegt man, betrachtet man ausschließlich die Intensität der Kaltluftproduktion. Hierbei schneiden Freiflächen aufgrund der höheren Ausstrahlung deutlich besser ab. Die Kaltluftproduktionsrate ist höher als auf gleicher Waldfläche. Jedoch ist die vertikale Kaltluftschicht über Freiland verhältnismäßig dünn (ca. 10 - 20 m Mächtigkeit). Die von Wald produzierte Kaltluft erstreckt sich über eine deutlich mächtigere vertikale Schicht (MAYER 1994). Daraus folgt, daß der entscheidende, im Fernwirkungskomplex relevante Faktor (Abb. 2), der Kaltluftmassenstrom, über dem Wald wesentlich größer ist als über der Freifläche. Andererseits wird der thermische Wirkungskomplex des Stadtklimas bei ausgesprochener Strahlungswetterlage als belastend eingestuft.

Stadtnahe Waldgebiete stellen somit Entstehungsgebiete für Kaltluftmassenströme in belastete Stadtgebiete dar!

Dabei gelangt die Kaltluft auf folgenden Wegen in die Stadt:

1. In Städten mit Tal- oder Beckenlage existiert ein insbesondere nächtlicher Hangabwind, der für deutliche Abkühlung thermisch belasteter Stadtgebiete sorgt (KATZSCHNER und REINHOLD 1991). Ein Kaltluftmassenstrom kann ab einer Hangneigung von $> 5^\circ$ angenommen werden (MAYER 1994). Die Strömungsgeschwindigkeit kann relativ hohe Werte annehmen (REITER et al. 1984) und bis in 20 bis 30 km Entfernung zu einer ca. 500 m hohen Bergkette nachweisbar sein (PLATE 1982).
Zusammenhängende Waldflächen an solchen Bergflanken bzw. an Hangkanten angrenzende Wälder sind für die Kaltluftzufuhr deshalb von besonders großer Bedeutung.
2. Bei Städten in ebener Lage spielt die thermisch bedingte Ausbildung von Flurwinden sowie der Luftmassenaustausch bei Schwachwindlagen eine bedeutende Rolle. Hier sind zusammenhängende Waldflächen am unmittelbaren Stadtrand von besonderer thermischer Relevanz. Insbesondere im Luv der Schwachwindlage³ erlangen vorgelagerte Wälder als Kaltluftquelle ihre Wirksamkeit.
Die waldspezifischen Eigenschaften, hier die Lufttemperatur, werden beim "Durchstreichen" der Wälder von den Luftmassen aufgenommen und infolge thermischer Flurwinde oder durch den Schwachwindtransport in die belasteten Gebiete verfrachtet. Hier werden diese Eigenschaften durch den Impulsaustausch in die bodennahen Schichten (UCL) übertragen.

3.2 Lufthygienischer Wirkungskomplex

Wie in Kap. 1.3 ausgeführt, trägt der Wald zu einer deutlichen lufthygienischen Verbesserung bei, indem er einerseits Immissionen herauszufiltern vermag und andererseits die Luftmassen durch Ausscheidung von Inhaltsstoffen aktiv verbessert. Dem steht die lufthygienisch besonders angespannte Situation der Ballungsgebiete gegenüber.

Stadtnahe Waldgebiete stellen somit Einzugsgebiete für Frischluftmassenströme in belastete Stadtgebiete dar!

Die Frischluftzufuhr erfolgt in derselben Art und Weise, wie bei der Kaltluft beschrieben: Im Regelfall über den Impulsaustausch durch Luftmassenströme oder über relief- oder thermisch bedingte Frischluftströme durch die Ventilationsbahnen einer Stadt.

Während der Frischlufttransport bei Hangabwinden zumeist ein "Nebeneffekt" ist, kommt dem Luftmassenaustausch bei Schwachwindlagen ein besonderer Stellenwert zu. Hier ist für die Fernwirkung von entscheidender Bedeutung, daß die lufthygienisch wirksamen Waldflächen in zusammenhängender Form und großflächiger Ausdehnung dem Ballungszentrum möglichst im Schwachwindlufv vorgelagert sind (MAYER 1994).

Bedeutungsvoller als bei der thermischen Wirkungskomponente ist der Stellenwert eines lufthygienischen Wirkungskomplexes für die Naherholung einzuschätzen. Hier stellen die Waldflächen unverzichtbare Regenerationszonen aus human-bioklimatischer Sicht dar. Zur Bedeutung der klimatischen Wohlfahrtswirkungen des Waldes im Zusammenhang mit der Naherholung vgl. auch MAYER und HÖPPE 1984.

³ Eine Schwachwindlage ist nach dem Deutschen Wetterdienst mit einer Windstärke von bis 2 Bft (Beaufort) definiert (das entspricht einer Windgeschwindigkeit von bis 3,3 m/s).

4. Ausscheidungskriterien für Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion

Aus den bisher dargelegten Grundsätzen und Wirkungsgefügen werden nachfolgend Ausscheidungskriterien für landesweit bedeutsame Waldflächen für den Klima- und Immissionschutz aufgezeigt.

Zunächst stellt sich die Frage nach dem Adressaten dieser Schutzfunktionen. Aus oben genannten Zusammenhängen wird deutlich, daß ein dringlicher Wirkungsbedarf in belasteten Stadtklimaten vorhanden ist. Wesentlich für die Ausbildung dieser Belastungsklimate ist die Emittentenkonzentration und somit auch die Einwohnerzahl. Beim vorliegenden Vorschlag für die Ausweisung klimarelevanter Waldflächen wird davon ausgegangen, daß in **Städten mit mehr als 40.000 Einwohnern** generell belastungsintensive Stadtklimate entstehen (s. KRATZER 1956 und Kap. 2.4).

Zusätzlich zu der absoluten Einwohnerzahl und -dichte sind spezifische topographische, d.h. reliefbedingte Besonderheiten zu berücksichtigen. So können sich austauscharme Wetterlagen (Smogsituationen) besonders gut in Städten mit Tal- oder Beckenlage ausbilden. Die Einwohnerzahl kann dabei eine untergeordnete Rolle spielen und weit unter 40.000 Einwohner herabsinken. Deshalb sollen **Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern** ebenfalls bei der Ausscheidung der Vorranggebiete berücksichtigt werden, soweit sie laut Smog-Verordnung (SmogVO) vom 26.01.1993 innerhalb eines **Smog-Gebietes** liegen (Anhang, Karte 1). Eine Aufstellung aller zu berücksichtigenden Städte im Freistaat Sachsen ist in Tab. 6 wiedergegeben.

Tab. 6: Übersicht der für die Ausscheidung klimarelevanter Waldflächen mit landesweiter Bedeutung zugrunde gelegten Städte des Freistaates Sachsen.

Stadt	Einwohnerzahl (E) ⁴	Zuordnung zu Smog-Gebiet nach SmogVO
Auerbach	20.030	Göltzschtal (3)
Meerane	20.034	Zwickau/Hohenstein-Ernstthal (4)
Eilenburg	20.208	Delitzsch (13)
Limbach-Oberfrohna	21.205	Chemnitz (7)
Crimmitschau	21.891	Zwickau/Hohenstein-Ernstthal (4)
Borna	22.377	Borna (12)
Aue	23.027	Westerzgebirge (5)
Annaberg-Buchholz	24.019	Annaberg (6)
Reichenbach	24.048	Göltzschtal (3)
Glauchau	24.816	Zwickau/Hohenstein-Ernstthal (4)
Coswig	25.023	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Delitzsch	26.249	Delitzsch (13)
Radebeul	30.465	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Zittau	31.891	Zittau (9)
Meißen	33.520	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Freital	38.777	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Pirna	45.363	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Riesa	43.400	-
Bautzen	46.247	-
Freiberg	46.983	-
Hoyerswerda	61.120	-
Görlitz	68.851	Görlitz (10)
Plauen	70.284	Elstertal (2)
Zwickau	110.583	Zwickau/Hohenstein-Ernstthal (4)
Chemnitz	283.590	Chemnitz (7)
Dresden	481.676	Dresden/Oberes Elbtal (8)
Leipzig	496.647	Leipzig (11)

⁴ Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN [Hrsg.]: Statistisches Jahrbuch 1993.

Nach Festlegung der zu berücksichtigenden Städte werden diese hinsichtlich ihrer Lage bezüglich Topographie und Reliefenergie der Kategorie "ebene Lage" oder "Tal- bzw. Beckenlage" zugeordnet (Tab. 7).

Tab. 7: Einteilung der Städte hinsichtlich ihrer reliefbedingten Lage

Städte in Tal- bzw. Beckenlage	Städte in ebener Lage
Auerbach (Tal)	Eilenburg
Meerane (Tal)	Borna
Limbach-Oberfrohna (Becken)	Delitzsch
Crimmitschau (Tal)	Riesa
Aue (Tal)	Bautzen
Annaberg-Buchholz (Tal)	Freiberg
Reichenbach (Tal)	Hoyerswerda
Glauchau (Tal)	Leipzig
Coswig (Becken)	
Radebeul (Becken)	
Meißen (Becken)	
Freital (Tal)	
Pirna (Tal)	
Görlitz (Becken)	
Zittau (Becken)	
Plauen (Tal)	
Zwickau (Becken)	
Chemnitz (Becken)	
Dresden (Becken)	

Alle o.g. Stadtflächen werden als **Belastungszonen des Stadtklimas** zunächst auf einer Übersichtskarte von Sachsen (Anhang, Karte 2) in ihren Grenzen erfaßt. Alle Wälder innerhalb dieser Stadtgebiete sind Wälder mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion.

Bei Städten in Tal- oder Beckenlage werden sämtliche bewaldeten Bergflanken sowie an Hangkanten unmittelbar angrenzende zusammenhängende Waldgebiete bis zur Horizontalausdehnung der jeweiligen Stadt herausgestellt und auf der Übersichtskarte dargestellt (Anhang, Karte 2).

Bei Städten in ebener Lage spielt die Schwachwindverteilung wie oben erläutert für den Luftmassenaustausch und damit für die klimatische Fernwirkung angrenzender Wälder eine entscheidende Rolle. Soweit Klimadaten vom Deutschen Wetterdienst für eine der o.g. Städte zur Verfügung stehen, wird die Schwachwindrose der entsprechenden Klimastation als Kriterium zur Ausscheidung herangezogen. In Anlehnung an MAYER (1994) kann für die Ausscheidung dieser Waldflächen von folgenden Verhältnissen ausgegangen werden:

Annahme: Die Windgeschwindigkeit beträgt während eines achtstündigen Zeitraumes im Mittel 1,5 m/s (= 5,4 km/h); die Erstreckung der zusammenhängenden Waldfläche in Windrichtung beträgt 5 km. Dann verbleibt ein Luftteilchen ca. 0,93 Stunden, d.h. rd. 1 Stunde, über dem Wald und kann die klimatischen Waldeigenschaften aufnehmen. Dieses Luftteilchen verläßt die Waldoberfläche und drifet über die Stadt, wobei es dann rd. 1 Stunde die Waldeigenschaften beibehält. Während dieser Zeit legt es eine Strecke von ca. 5 km zurück. Das bedeutet, daß bei der gewählten Schwachwindgeschwindigkeit die horizontale Reichweite von Waldflächen etwa so groß wie ihre zusammenhängende Horizontalerstreckung ist. Voraussetzung bei dieser Annäherung ist die gerechtfertigte Annahme eines in etwa gleich großen Luftmassenaustausches über Wald und über der Stadt.

Mit dieser Annahme wird die Horizontalerstreckung im Luv der Schwachwindrichtung (rd. 1,5 m/s) einer Stadt als Maßstab für die Fernwirkung des Waldes genommen. Innerhalb des so ermittelten Radius sind alle Waldflächen für die Stadt von besonderer humanbioklimatologischer Bedeutung und deshalb auf der Karte darzustellen (Anhang, Karte 2). Abb. 4 versucht diesen Schritt zu schematisieren.

Bei Städten, für die keine Klimadaten zur Windverteilung vorliegen, wird von einer gleichmäßigen Schwachwindverteilung auf alle Himmelsrichtungen ausgegangen. Der Radius von klimatischen Fernwirkungen wird somit konzentrisch in Abhängigkeit der Stadtausdehnung um die gesamte Stadt gelegt und damit eine klimarelevante Zone ausgeschieden. Alle innerhalb dieser Zone liegenden Waldflächen werden als Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion ausgewiesen und auf o.g. Karte (Anhang, Karte 2) dargestellt. In Abb. 5 werden die Ausscheidungskriterien für diesen Fall aufgezeigt.

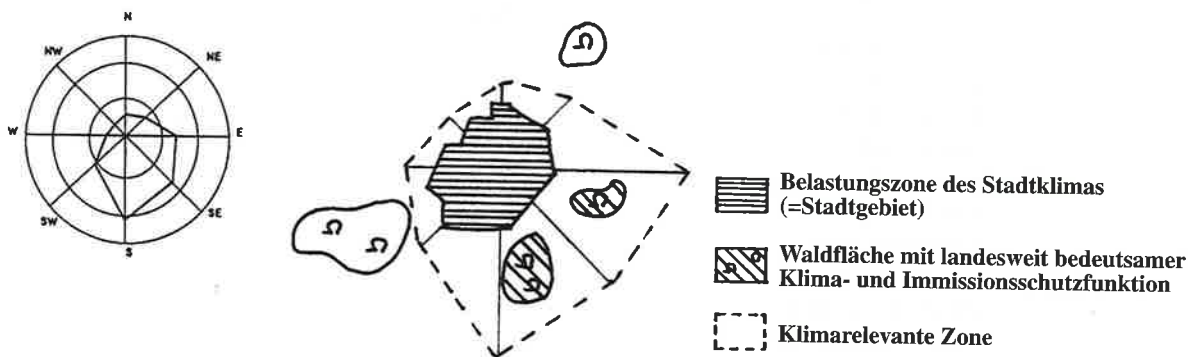


Abb. 4: Schematische Darstellung der Ausscheidungskriterien für Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion um Städte in ebener Lage bei Vorlage von Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes.

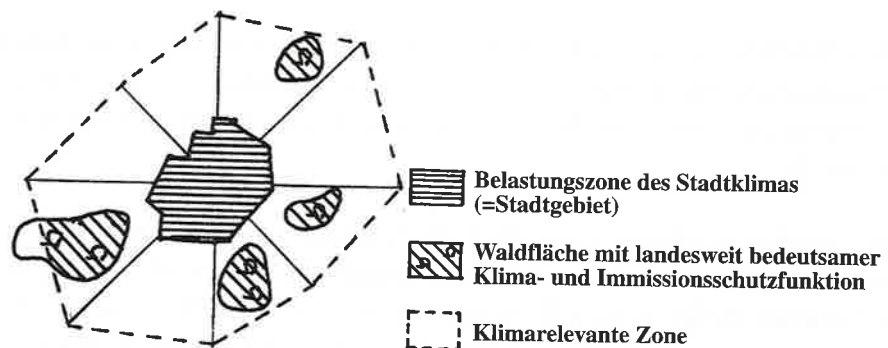


Abb. 5: Schematische Darstellung der Ausscheidungskriterien für Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion um Städte in ebener Lage ohne Vorlage von Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes.

Die genannten Ausscheidungskriterien können grundsätzlich nur Annäherungen sein. Richtwerte für die Reichweite klimatischer Fernwirkungen des Waldes gibt es, wie oben erläutert, bisher noch nicht. Soll eine verlässliche Einschätzung der Klimawirkungen für ein bestimmtes Ballungsgebiet erstellt werden, sind Klimagutachten und Klimafunktionskartierungen, wie sie beispielsweise für den Raum Untermain (REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMAIN 1974) oder Kassel (KATZSCHNER und REINHOLD 1991) erstellt wurden, unerlässlich.

Da vergleichbare Gutachten im Raum Sachsen bisher nur für Dresden vorliegen, wird das oben beschriebene Verfahren als Annäherung für die Einschätzung der klimarelevanten Fernwirkungen gewählt. Tab. 8 zeigt die Kriterien in der Übersicht.

Tab. 8: Übersicht der Kriterien zur Ausscheidung von Wald mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion.

Arbeitsschritt	Kriterium
1. Erfassung relevanter Stadtgebiete in Sachsen	1. Städte mit mehr als 40.000 Einwohnern oder 2. Städte mit mehr als 20.000 Einwohnern, innerhalb eines der Smog-Gebiete nach der SmogVO
2. Einteilung dieser Städte nach ihrer Topographie	1. Städte in Tal- oder Beckenlage 2. Städte in ebener Lage
3. Ausscheidung von klimatischen Belastungszonen	1. Darstellung der o.g. Städte in ihren Stadtgrenzen
4. Ausscheidung von Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion im Stadtgebiet	1. Darstellung aller Waldflächen in den Belastungszonen des Stadtklimas
5. Ausscheidung von Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion um Städte in Tal- oder Beckenlage	1. Darstellung aller bewaldeten Bergflanken oder Hanglagen 2. Darstellung aller unmittelbar an die Hangkante angrenzenden zusammenhängenden Waldgebiete
6. Ausscheidung von Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion um Städte in ebener Lage bei Vorlage von Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes	1. Ermittlung der Schwachwindverteilung mit Hilfe der Schwachwindrose der nächsten Wetterstation 2. Ermittlung der Horizontalausdehnung der Stadt in Haupt-Schwachwindrichtung 3. Bildung eines Radius (= Horizontalausdehnung) um die Stadtgrenze im Luv der Haupt-Schwachwindrichtung als klimarelevante Zone 4. Darstellung aller Waldflächen innerhalb dieser Zone
7. Ausscheidung von Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion um Städte in ebener Lage ohne Vorlage von Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes	1. Annahme der Gleichverteilung der Schwachwindrichtungen 2. Ermittlung der Horizontalausdehnung der Stadt in allen Himmelsrichtungen (N, NO, O, SO, S, SW, W, NW) 3. Bildung eines konzentrischen Ringes um die Stadtgrenze als klimarelevante Zone, dessen Tiefe von der entsprechenden Horizontalausdehnung abhängt 4. Darstellung aller Waldflächen innerhalb dieser Zone

III. Beschreibung und Begründung der ausgewiesenen Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionschutzfunktion

1. Raum Dresden und oberes Elbtal

Ausgeschieden wurden für den Raum Dresden die Dresdner Heide sowie die bewaldeten Elbhänge bei Pillnitz. Für die Städte Radebeul und Coswig relevant sind die Junge Heide bzw. der südliche Teil des Moritzburger Teich- und Seengebietes. Südlich von Meißen wurden die bewaldeten Hänge des Elbtales sowie des Triebischtales ausgeschieden. Für Freital haben die Hanglagen der Weißeritz besondere Bedeutung, in Pirna besteht eine Klimafunktion an den Waldhängen der Gottleuba.

Im oberen Elbtal lässt sich trotz relativ hoher Emissionen eine lufthygienisch vergleichsweise günstige Situation feststellen (LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1993). Hauptursache sind die geographisch-klimatologischen Verhältnisse. Hier spielt die Dresdner Heide als Kalt- und Frischluftbildner eine wesentliche Rolle. Der "Böhmische Wind" sorgt bei austauscharmen Wetterlagen für eine horizontale Ventilation und trägt damit zu einer deutlich verminderten Immissionsrate im Elbtal bei.

Die klimatischen Besonderheiten des Dresdener Raumes werden durch einen wesentlichen Faktor geprägt, der Lage im "Elbtalkessel", auch als "Elbtalweitung" bezeichnet. Die ohnehin durch das Stadtklima gegebenen Modifikationen (Abschnitt II) werden durch die Tallage verstärkt. Tab. 9 gibt ausgewählte Meßwerte der Stationen Dresden-Klotzsche (Hochfläche), Pillnitz (Stadtrand) sowie Stadtkern im Talboden wieder.

Tab. 9: Klimadaten Dresden aus dem Zeitraum 1961 - 1990. Hochfläche = Dresden-Klotzsche, Talboden = Dresden-Pillnitz und Stadtkern (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 1992).

Parameter	Hochfläche	Talboden	
		Stadtrand	Stadtkern
Jahresmittel Lufttemperatur	8,7 °C	9,2 °C	9,9 °C
mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{\max} > 25 \text{ °C}$)	37,2	44,3	48
mittlere Anzahl der Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$)	81,6	77,6	70
mittlere Jahresextreme in °C und Jahresschwankung	-15,3 / 32,8	-16,5 / 33,5	-14,0 / 35,0
mittlere Andauer der frostfreien Zeit	196 Tage	183 Tage	200 Tage
mittlere Jahresniederschlagssumme	668 mm	648 mm	585 mm

Die Windverhältnisse sind im Elbtal und den angrenzenden Hochflächen ebenfalls stark modifiziert. Neben den Hauptwindrichtungen Südwest/West tritt auch die Windrichtung Südost infolge einer gewissen Windführung am Elbhang häufiger in Erscheinung (Elbtal-Orientierung: SO - NW). Weiterhin verstärkt dies der "Böhmische Wind" als regionale Besonderheit im ostsächsischen Raum (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 1992).

Von besonderer Bedeutung für die klimatische Fernwirkung der Dresdner Heide sind aber die östlichen Windrichtungen, die besonders in sehr kalten winterlichen und sehr warmen sommerlichen Zeitabschnitten mehr in den Vordergrund treten.

Die Elbtalweitung stellt ein Kaltluftammelgebiet dar, wie Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt Dresden belegen (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 1992). Die Kaltluft wird im wesentlichen auf der Hochfläche und hier zu einem großen Anteil über der Dresdner Heide gebildet. Sie ist kaum mit Schadstoffen belastet und damit auch gleichzeitig Frischluft für die Belastungszonen des Stadtklimas. Somit kommt insbesondere dem Waldgebiet der Dresdner Heide und den bewaldeten Elbhängen hinsichtlich ihrer klimatischen Funktionen für das Ballungszentrum der Landeshauptstadt eine immense Bedeutung zu.

2. Ostsachsen

Im Raum Ostsachsen sind die Städte Bautzen und Hoyerswerda in ebener Lage sowie die Städte Görlitz im Neißbecken und Zittau am Fuße des Zittauer Gebirges mit jeweils klima-relevanten Waldgebieten ausgeschieden. Bautzen und Hoyerswerda sind nach den oben beschriebenen Kriterien klimarelevante Zonen zugewiesen (Anhang, Karte 2), in denen jede Waldfläche als bedeutsam für den Klima- und Immissionsschutz ausgewiesen wurde. Da Bautzen und Görlitz in einer stark landwirtschaftlich geprägten und damit waldarmen Region liegen, kamen lediglich drei kleinere Waldgebiete im Süden und Osten Bautzens bzw. eine Waldfläche im Stadtgebiet von Görlitz zur Ausscheidung. Hoyerswerda ist dagegen in der waldreichen Region der Niederlausitz gelegen. Hier wurden im Osten wie im Westen größere zusammenhängende Waldgebiete als für das Klima der Stadt bedeutsam ausgeschieden. Zittau liegt zwar auch unmittelbar in einem eher landwirtschaftlich geprägten Becken, jedoch am Fuße des bewaldeten Zittauer Gebirges. Hier entstehen starke Hangabwinde, die bis in das Stadtgebiet hineinreichen können. Aus diesem Grund wurden die nördlichen Bergflanken des Gebirges als klimarelevant für Zittau eingestuft.

Aus lufthygienischer Sicht sind lediglich die Städte Görlitz und Zittau aufgrund ihrer Beckenlage von austauscharmen Wetterlagen und damit hohen Immissionsraten bedroht. In Bautzen und Hoyerswerda können sich solche Wetterlagen aufgrund der geographisch-klimatologischen Verhältnisse kaum ausbilden.

Klimatisch wird im ostsächsischen Raum, wie oben bereits erwähnt, der "Böhmische Wind" wirksam. Das Phänomen tritt vor allem im Winterhalbjahr auf, wenn bei entsprechender groß-räumiger Druckverteilung das ringsum von Gebirgen umgebene Böhmische Becken mit kalter Luft erfüllt ist und von einer Inversion in Höhe der Gebirgskämme bedeckt wird. Die kalte Luft fließt entlang von Strömungspforten (Neiße-, Spree-, Elbtal) nach Norden bzw. Nordwesten ab (FLEMMING 1990). Hierdurch wird die Bedeutsamkeit der im "Böhmischen Luv" gelegenen bewaldeten Nordflanken für Zittau, insbesondere als Immissionsfilter, nochmals hervor-gehoben.

Die östlichen Waldgebiete um Hoyerswerda sind infolge der kontinentalen Ausprägung des Lausitzer Klimas von besonderer Bedeutung. Neben den häufigen östlichen Windrichtungen sind aber nach wie vor auch westliche und südwestliche vertreten, so daß auch die westlich vorgelagerten Waldgebiete ihre Klimarelevanz zur Geltung bringen können.

3. Erzgebirgsvorland

Das Erzgebirgsvorland ist neben den Ballungsgebieten Dresden und Leipzig das bevölkerungsreichste Gebiet Sachsens mit den Städten Chemnitz und Zwickau sowie Crimmitschau, Meerane, Glauchau, Limbach-Oberfrohna und Freiberg. Alle Städte sind aufgrund der Reliefenergie des Naturraumes in überwiegender Becken- bzw. Tallage. Durch diese Konstellation - hohe Bevölkerungszahl und damit hohe Emissionsraten sowie überwiegende Tallagen - können lufthygienisch besonders brisante Situationen eintreten.

Aus diesem Grund sind um die genannten Städte Waldflächen mit landesweiter Klima- und Immissionsschutzfunktion ausgeschieden worden. Im wesentlichen sind das Waldflächen im Stadtgebiet (Zwickau, Chemnitz, Meerane, Glauchau, Limbach-Oberfrohna), somit also in der klimatischen Belastungszone sowie südöstlich und westlich vorgelagerte Gebiete von Freiberg und Chemnitz.

Die **klimatischen Besonderheiten** des Erzgebirgsvorlandes zeichnen sich durch eine gewisse Stauwirkung und damit verbunden durch höhere Niederschläge aus. Weiterhin sind Kaltluftlagen in den Tal- und Beckenlagen relativ häufig. Die Hauptwindrichtung ist Südwest bis West. Östliche Windrichtungen spielen eine geringere Rolle als in Ostsachsen. Reliefbedingte Hangabwinde sind häufig auftretende Phänomene. Diesbezüglich, aber hauptsächlich durch die hohe Bedeutung für die "Frischluftproduktion", hat der Wald in dieser bevölkerungsreichsten Region Westsachsens einen großen Stellenwert für das dortige Klima und die Immissions-situation.

4. Raum Westerzgebirge und Vogtland

Im Westerzgebirge sind mit Annaberg-Buchholz und Aue vergleichsweise kleine Städte als klimatische Belastungsgebiete ausgewiesen. Das liegt ausschließlich an ihrer geographisch bedingten Tallage bei gleichzeitig vorhandener hoher Emittentenzahl. Hier können sich bei austauscharmer Wetterlage lufthygienisch ausgesprochen gefährliche Situationen einstellen (LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1993). Die Waldflächen, die hier an den Berghängen der Mulde (Aue) sowie am Pöhlberg und südlich von Annaberg-Buchholz ausgewiesen wurden, haben deshalb einen hohen landesweiten, klimatischen und immissionsschützerischen Stellenwert.

Im Vogtland weist die Stadt Plauen eine klimatische Belastungszone auf sowie die Städte Reichenbach und Auerbach. Während in Plauen und Reichenbach einige kleinflächige Restwaldflächen im und um das Stadtgebiet ausgewiesen wurden, kamen in Auerbach hauptsächlich die bewaldeten südlichen Bergflanken der Rodungsinsel zur Ausscheidung. Ihre Klimarelevanz ist im wesentlichen in den reliefbedingten Hangabwinden begründet.

5. Raum Leipzig und Nordsachsen

Im Leipziger Raum wurde im wesentlichen der Leipziger Auwald als besonders klimarelevant ausgewiesen. Seine besondere Bedeutung besteht in seiner unmittelbaren Stadtlage, womit er für den bevölkerungsreichsten Ballungsraum Sachsens besonders wertvoll ist. Zwar hat sich aus lufthygienischer Sicht eine signifikante Reduktion der Industrie-Emissionen abgezeichnet, doch ist die Immissionssituation in Leipzig, insbesondere durch den stark zunehmenden Kfz-Verkehr, nach wie vor brisant (LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1993). Gerade hierdurch und durch die klimatische Besonderheit der häufigen Schwachwinde aus Südwest/Süd wird die Bedeutung des Auwaldes nochmals unterstrichen, zumal Leipzig zu der waldärmsten Region Sachsens gehört.

Ähnliche Verhältnisse bezüglich der Waldarmut bestehen in den übrigen in Nordsachsen ausgewählten klimatischen Belastungszonen Borna, Delitzsch, Eilenburg und Riesa. Diese Städte, wie im übrigen auch Leipzig, sind in ebener Lage hauptsächlich den überregionalen Windverhältnissen ausgesetzt. Ihre Immissionssituation ist bedeutend günstiger als im Ballungsgebiet Leipzig, wenngleich nicht als gut zu bezeichnen. Aus diesem Grund und aufgrund der Waldarmut wurden, wie oben beschrieben, nahezu konzentrische klimarelevante Zonen um die Städte gelegt und alle Waldflächen darin für den landesweiten Klima- und Immissionsschutz ausgewiesen. Es sind durchweg kleinere Restwaldflächen. In diesen Gebieten ist es aus human-bioklimatischer Sicht dringend geboten, den Waldflächenanteil zu erhöhen.

- KATZSCHNER, L. u. REINHOLD, M.: Klimagutachten für das Gebiet des Zweckverbandes Raum Kassel. Kassel 1991.
- KELLER, T.: How effective are forests in improving air quality. In: 8th World Forestry Congress, Jakarta, FQL/25-10. 1978.
- KRATZER, A.: Das Stadtklima. Braunschweig 1956.
- LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE: Jahresbericht zur Immissionssituation 1992. Radebeul 1993.
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN [Hrsg.]: Jahresbericht 1992 des Dezernates Umwelt. Dresden 1992.
- LANDSBERG, H.E.: The urban climate. Academic Press. New York 1981.
- LOWRY, W.P.: Empirical estimation of urban effects on climat: a problem analysis. J. Appl. Meteorol. 16, 129-135. 1977.
- MALBERG, H.: Meteorologie und Klimatologie - Eine Einführung. Berlin 1985.
- MAYER, H.: Bannwald - Garant für ein besseres Stadtklima. Unveröffentlichtes Manuskript zu einem Vortrag vor der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Landesverband Bayern, am 18.02.1994. Freiburg 1994.
- MAYER, H.: Ökologische Stadterneuerung. Vortragsreihe Münchener Forum. Ber. 107. München 1990.
- MAYER, H.: Bioklimatische Kennziffern für die Waldatmosphäre im Hinblick auf die Erholungsfunktion. Forstw. Cbl. 96, 212-220. München 1977.
- MAYER, H. u. HÖPPE, P.: Die Bedeutung des Waldes für die Erholung aus der Sicht der Humanbioklimatologie. Forstwiss. Cbl. 103. Jg., H. 2, 125-131. München 1984.
- MITSCHERLICH, G. u. SCHÖLZKE, D.: Schalldämmung durch Wald. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 148, 125-143. 1977.
- OKE, T.R.: The energetic basis of the urban heat island. Quart. J. Roy. Met. Soc. 108, 1-24. 1982.
- PLATE, E.: Engineering meteorology. Studies in Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 1, Elsevier, Amsterdam 1982.
- RATH, J.: Strahlungshaushalt. In: VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT [Hrsg.]: Stadtklima und Luftreinhaltung. Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. Düsseldorf 1988.
- REGIONALE PLANUNGSGEMEINSCHAFT UNTERMALIN: Lufthygienischmeteorologische Modelluntersuchungen in der Region Untermain. 5. Arbeitsbericht-Luftverschmutzung. Offenbach 1974.

REITER, R. et al.: Aerologische Untersuchungen des tagesperiodischen Windsystems im Inntal. Meteorol. Rundschau 37, 176-190. 1984.

SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG: Verordnung der Sächsischen Staatsregierung und des Sächsischen Staatsmin. für Umwelt und Landesentwicklung zur Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen (Smog-Verordnung) vom 26.01.1993.

SCHMALZ, J.: Das Stadtklima. Ein Faktor der Bauwerks- und Städteplanung. Berlin 1987.

STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESENTWICKLUNG [Hrsg.]: Umweltbericht 1994 - Freistaat Sachsen. Ein Bericht zur Umweltsituation im Zeitraum von 1990 bis 1993. Dresden 1994.

STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN [Hrsg.]: Statistisches Jahrbuch 1993.

VAN EIMERN, J. u. HÄCKEL, H.: Wetter- und Klimakunde. Ein Lehrbuch der Agrarmeteorologie. Stuttgart 1984.

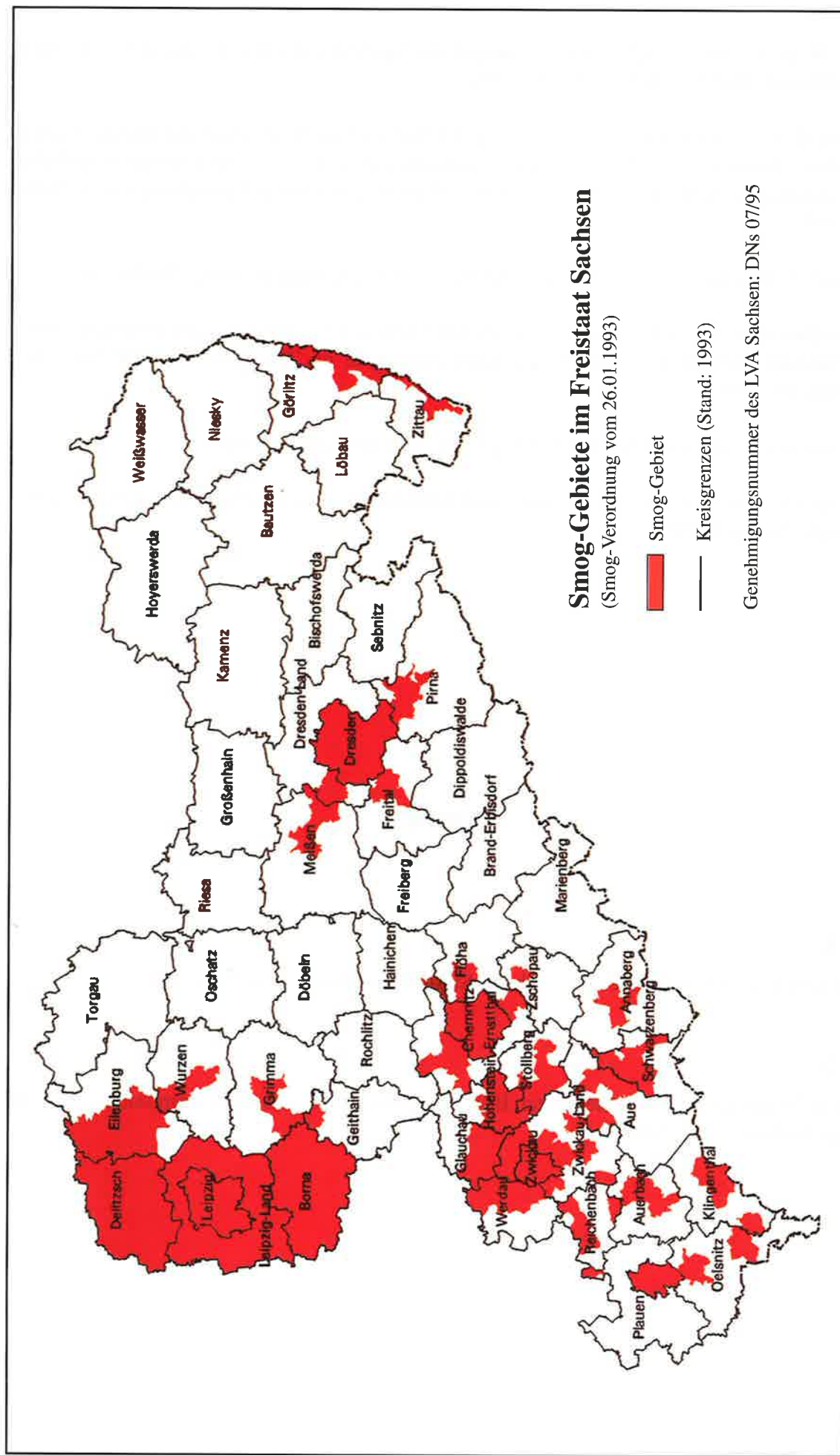
Anhang

Karte 1:

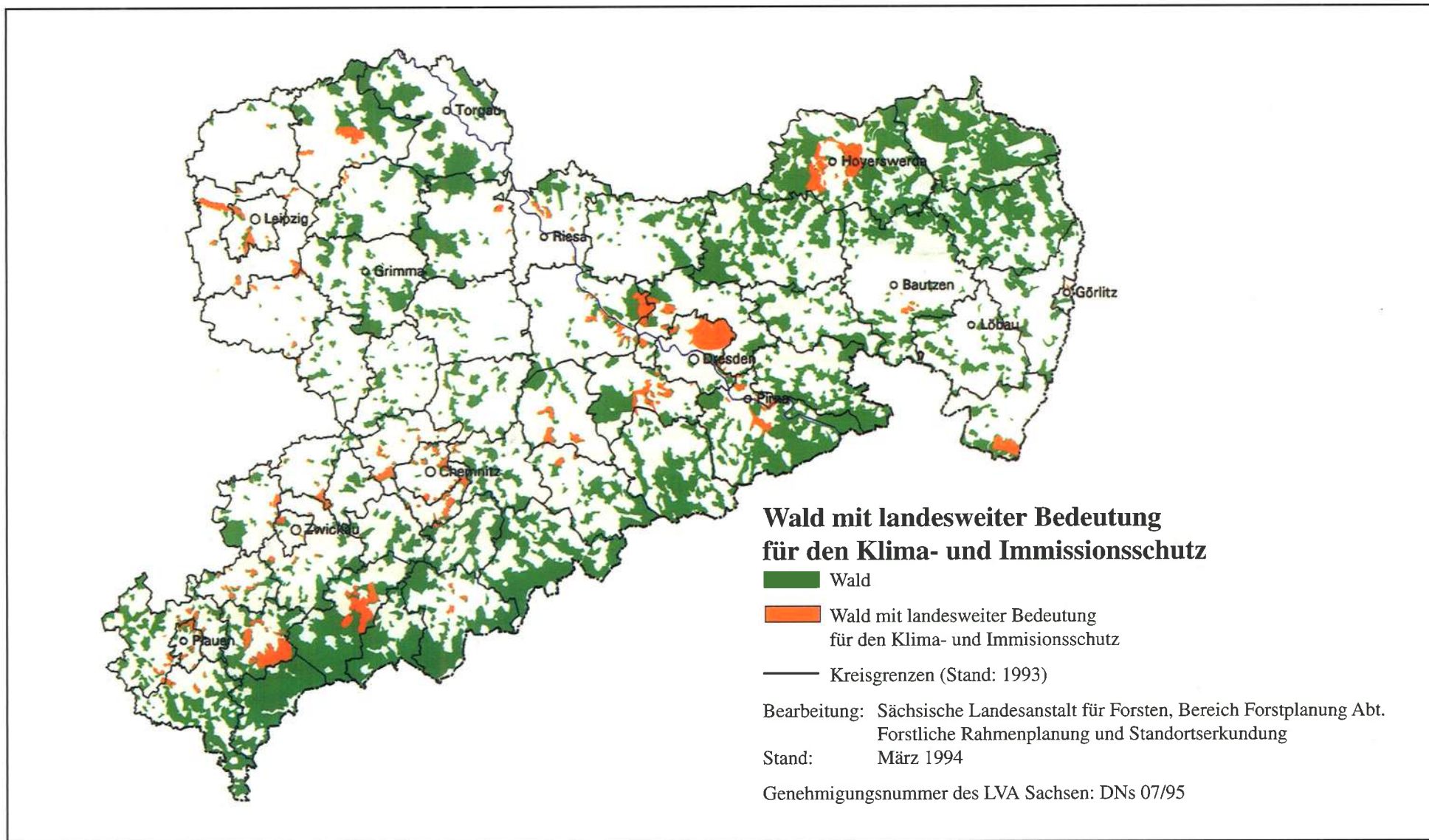
Smog-Gebiete im Freistaat Sachsen nach der Smog-Verordnung vom 26.01.1993

Karte 2:

Karte der Waldflächen mit landesweiter Bedeutung für den Klima- und Immissionsschutz im Freistaat Sachsen (1 : 700.000)



Karte 1: Smog-Gebiete im Freistaat Sachsen nach der Smog-Verordnung vom 26.01.1993



Karte 2: Karte der Waldflächen mit landesweiter Bedeutung für den Klima- und Immissionsschutz im Freistaat Sachsen (1 : 700.000)