

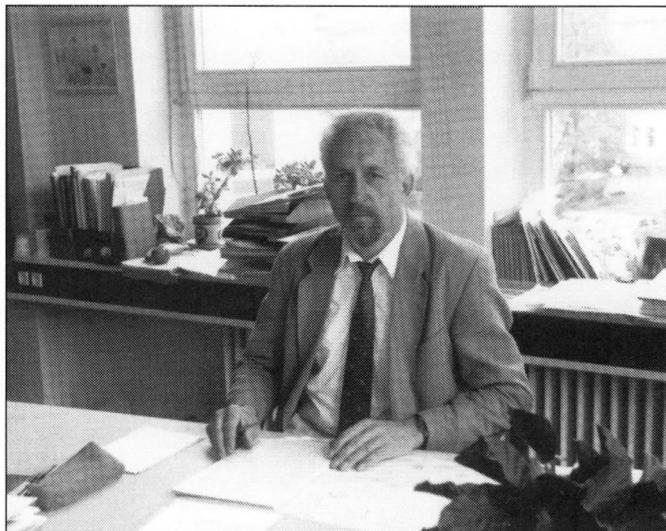
Luftqualitätsindex für Baden-Württemberg

Die Belastung der Luft in Baden-Württemberg wird im Luftmeßnetz, bestehend aus landesweit rund 70 Meßstationen, automatisch und kontinuierlich erfaßt und kontrolliert. Die Beschreibung der registrierten Luftqualität erfolgt anhand der Schadstoffkomponenten: Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und -dioxid, Schwefeldioxid, Staub sowie Ozon, deren Konzentrationen an nahezu allen Vielkomponenten-Meßstationen in halbstündigen Mittelwerten laufend aufgezeichnet werden. Aus diesen halbstündigen Mittelwerten errechnet die Gesellschaft für Umweltmessungen (UMEG) weitere auf Zeiträume von einer Stunde bis zu 24 Stunden bezogene Mittelwerte. Die Maximalwerte dieser Mittelwertreihen werden zusammen mit Monatsmittel-, Jahresmittel- und verschiedenen Perzentilwerten laufend der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Im vorliegenden Beitrag wird ein Index der Luftqualität definiert und berechnet, um die regelmäßig verfügbaren zahlreichen Einzelinformationen zur Beurteilung der Luftbelastung in geeigneter Form zusammenzufassen und so eine übersichtliche Gesamtaussage zur Situation und Entwicklung der Luftbelastung zu ermöglichen.

In Baden-Württemberg wird die Luftqualität durch das Vielkomponenten-Luftmeßnetz – derzeit bestehend aus rund 70 Meßstationen – laufend beobachtet. Der Aufbau des Luftmeßnetzes begann bereits Anfang der 70er Jahre und wurde bis Anfang der 90er Jahre auf den heutigen Stand ausgebaut. Ständig gemessen werden in den ortsfesten Meßstationen die klassischen Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Schwebstaub sowie seit einigen Jahren auch flüchtige organische Verbindungen und Ozon. Daneben finden ergänzende gebiets- bzw. anlaßbezogene Sondermessungen auch weiterer Schadstoffkomponenten, wie zum Beispiel Rußpartikel und Benzol, Schwermetalle etc., statt.

In den fest installierten Meßstationen werden laufend die Konzentrationen der oben genannten Schadstoffkomponenten in ½-Stunden-Mittelwerten registriert, die die Grundlage für die verschiedenen regelmäßigen Veröffentlichungen von Immissionsdaten bilden. Seit Mitte der 70er Jahre veröffentlicht das Statistische Landesamt – auf den jeweiligen Kalendermonat bezogen – bestimmte Kenngrößen zur Luftbelastung.¹ Als Indikator für die monatliche Langzeitbelastung dient der Monatsmittelwert, errechnet aus den einzelnen ½-Stunden-Mittelwerten. Für die Darstellung der registrierten höchsten Kurzzeitbelastung dient der maximale ½-Stunden-Mittelwert des jeweiligen Monats.

In entsprechender Weise werden auf den Zeitraum der jeweils zurückliegenden zwölf Monate bzw. eines Kalenderjahres bezogen, der Mittelwert als Maßstab für die Langzeitbelastung und der 98%-Wert als Kennwert für die Kurzzeitbelastung sowie eine Reihe weiterer Perzentilwerte regelmäßig berechnet und veröffentlicht. Der 98%-Wert entspricht dem ½-Stunden-Mittelwert, für den gilt, daß 98% der insgesamt in den zurückliegenden zwölf Monaten gemessenen ½-Stunden-Mittelwerte nicht größer sind als dieser ausgewiesene 98%-Wert. Ergänzend werden über das Landesinformationssystem auch tagesaktuelle Meßergebnisse aus dem Vielkomponenten-Meßnetz der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.



Der Autor: Dr. Helmut Büringer ist Leiter des Referats "Umweltbeobachtung, Ökologie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen" im Statistischen Landesamt Baden-Württemberg.

Zusammenfassung von CO-, SO₂-, NO₂- und Staubbelastung

Im folgenden wird ein „Luftqualitätsindex“ definiert und berechnet. Damit erreicht man zweierlei: einmal eine Zusammenfassung von Meßwerten für die verschiedenen Schadstoffkomponenten zur Beurteilung der Luftbelastung und zum anderen eine Verknüpfung der Meßergebnisse mit den in der TA Luft formulierten Belastungsgrenzwerten. Ziel einer solchen Indexbildung ist es, einen raschen Überblick über die aktuelle Immissions-Situation sowie die zeitliche Entwicklung der Luftbelastung zu gewinnen. Die zunächst auf einzelne Meßstationen bezogenen Indexwerte können über die Bildung arithmetischer Mittel weiter zusammengefaßt und damit auch für Aussagen über die Luftbelastung in größeren Gebieten herangezogen werden.

Die zur Indexbildung angewandte Berechnungsmethode orientiert sich am Luftbelastungsindex, wie er von der Gesellschaft für geowissenschaftliche Risikoforschung mbH (Georisk) berech-

¹ Statistische Berichte, Immissions-Konzentrationsmessungen in Baden-Württemberg – monatliche Ergebnisse der Luftmeßstellen – Q IV 1-m, Artikel-Nr. 3611, Hrsg.: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.

Schadstoffkomponente	Entstehung	Wirkung	TA-Luft-Immissions-(Grenz)werte ¹⁾
Schwefeldioxid (SO ₂)	Überwiegend bei Verbrennungsvorgängen durch Oxidation des Schwefels, der in den Brennstoffen Kohle, Öl und Gas enthalten ist. Produktionsbedingt bei der Verarbeitung von Erdöl, in der Metallherstellung und der Herstellung chemischer Produkte.	Wirkt insbesondere in Verbindung mit Staub auf die Atemwege; Reizung der Schleimhäute; verantwortlich zusammen mit NO _x für sauren Regen.	IW1: 0,14 mg/m ³ IW2: 0,40 mg/m ³
Staub, komplexes Gemisch vielfältiger Substanzen, sehr unterschiedliche Korngrößen	Verbrennungsprozesse, Produktionsprozesse, Verkehr, Schüttgutumschlag, Erosion etc.	Von besonderer Relevanz sind die lungengängigen Feinstäube (Partikel < 10 µm Ø). Wirkung auch abhängig von chemischer Zusammensetzung der Partikel.	IW1: 0,150 mg/m ³ IW2: 0,300 mg/m ³
Kohlenmonoxid (CO)	Unvollständige Verbrennung in Motoren und Feuerungsanlagen. Produktionsbedingt in der Eisen- und Stahl-, der Steine- und Erden- sowie Aluminium-Industrie.	Verringert die Fähigkeit des Blutes, Sauerstoff aufzunehmen. Vorläufersubstanz für die Entstehung von Ozon (Sommersmog).	IW1: 10 mg/m ³ IW2: 30 mg/m ³
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Fast ausschließlich bei Verbrennungsvorgängen in Anlagen und Motoren durch Oxidation des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs. Geringer Teil aus der Salpetersäureherstellung.	Reizung der Schleimhäute des Atemtraktes. Nitratreintrag in Böden und Grundwasser. Vorläufersubstanz für die Entstehung von Ozon (Sommersmog).	IW1: 0,08 mg/m ³ IW2: 0,20 mg/m ³

1) Bezugszeitraum zwölf Monate.

net und in den VDI-Nachrichten² wöchentlich veröffentlicht wird. Bisher wurden in Baden-Württemberg Immissionsdaten nach Kalendermonaten oder bezogen auf die jeweils letzten zwölf Monate bzw. ein Kalenderjahr betrachtet. Der gleiche zeitliche Bezug wird für die Indexdarstellung gewählt.

In die Indexberechnung werden die vier klassischen Luftschadstoffe CO, SO₂, NO₂ und Staub einbezogen, die regelmäßig an allen Meßstationen gemessen werden und für die in der TA Luft mit den sogenannten IW1- und IW2-Werten auch Grenzwerte bezogen auf den Jahresmittelwert und den 98%-Wert angegeben sind.

Weitere Schadstoffkomponenten, die landesweit oder zumindest bei einem Großteil der Meßstationen aufgezeichnet werden, sind Ozon und flüchtige organische Verbindungen (VOC) bzw. Kohlenwasserstoffe (methanfrei). Für diese Stoffe sind allerdings in der TA Luft keine Grenzwerte vorgegeben, so daß eine Vergleichsrechnung und Einbeziehung in den Index methodisch nicht ohne weiteres möglich ist. Hinzu kommt, daß Ozon kein primärer Luftschadstoff ist, sondern durch komplexe Reaktionen unter Sonneneinstrahlung aus den Vorläufersubstanzen CO, NO_x und Kohlenwasserstoffen entsteht. Für eine denkbare spätere Erweiterung der Betrachtung bietet sich möglicherweise der Bezug der Ozonwerte auf den MIK-Wert nach VDI 2310

an. Dieser MIK-Wert für Ozon wurde von der VDI-Kommission so festgelegt, daß die Konzentration noch unterhalb von Werten liegt, die zu einer Belästigung im Sinne des Wohlbefindens des Menschen führen. Der MIK-Wert bezogen auf den ½-Stunden-Mittelwert ist bei 120 Milligramm pro Kubikmeter Luft unter der Nebenbedingung festgelegt, daß der Tagesmittelwert für Schwebstaub nicht über 200 Milligramm pro Kubikmeter liegt.

Monats- und Jahresindizes für Kurz- und Langzeitbelastung

Die vier Schadstoffkomponenten CO, NO₂, SO₂ und Staub, auf die sich der im folgenden betrachtete „Luftqualitätsindex“ bezieht, sind in der *Übersicht* beschrieben sowie die zugehörigen IW1- bzw. IW2-Werte aus der TA Luft angegeben. Diese TA-Luft-Immissions-(Grenz)werte haben als Bezugszeitraum zwölf Monate. Gleichwohl können diese Grenzwerte auch als Vergleichsbasis für andere Bezugszeiträume dienen. Entsprechend der in Baden-Württemberg seit Mitte der 70er Jahre praktizierten Veröffentlichung von Monatswerten wird auch ein Index für die Kurz- bzw. Langzeitbelastung der einzelnen Kalendermonate berechnet.

Die allgemeine Definition der „Luftqualitätsindizes“ ergibt sich folgendermaßen: Die verschiedenen Meßwerte für die einzelnen Schadstoffkomponenten, jeweils gewichtet mit dem zugehörigen IW1- bzw. IW2-Wert gemäß TA Luft, werden aufaddiert.

² Schriftliche Mitteilung der Gesellschaft für geowissenschaftliche Risikoforschung mbH, Georisk, Kerpen 1998.

Monat	Kurzzeit-LQI = $\sum_{\text{Schadstoff}} \frac{\text{Maximaler } \frac{1}{2}\text{-Stunden-Wert}}{\text{IW2}}$
	Langzeit-LQI = $\sum_{\text{Schadstoff}} \frac{\text{Monatsmittelwert}}{\text{IW1}}$
12 Monate (Jahr)	Kurzzeit-LQI = $\sum_{\text{Schadstoff}} \frac{\text{98\%-Wert für 12 Monate}}{\text{IW2}}$
	Langzeit-LQI = $\sum_{\text{Schadstoff}} \frac{\text{Jahresmittelwert}}{\text{IW1}}$

liche Risikoforschung, Georisk, hat für eine solche Einordnung der Luftbelastung mit Hilfe des Index die folgenden vier Interpretationsklassen gebildet:

- Indexwert < 1 bedeutet schwach belastet
- 1 ≤ Indexwert < 1,5 bedeutet mäßig belastet
- 1,5 ≤ Indexwert < 2 bedeutet deutlich belastet
- Indexwert ≥ 2 bedeutet erheblich belastet.

Diese (von Georisk) für die Betrachtung von Kurzzeitbelastungen bezogen auf einzelne Kalenderwochen definierten Interpretationsklassen bieten auch Anhaltspunkte für die Einordnung der Luftbelastung, ausgedrückt durch monatsbezogene Indizes (Tabelle).

Mit dieser Berechnungsmethode wird eine Beziehung zwischen dem Meßwert des jeweiligen Schadstoffes und dem zugehörigen Grenzwert hergestellt. Je näher ein Meßwert am zugehörigen Grenzwert liegt, um so schlechter ist die Qualität der Luft. Durch die Normierung der Meßwerte für die einzelnen Schadstoffkomponenten mit Hilfe der zugehörigen Grenzwerte entstehen Meßzahlen, die addierbar sind. Von dieser Gesamtbetrachtung ausgehend ist auch die Differenzierung nach den einzelnen Schadstoffkomponenten problemlos in die Darstellungen integrierbar. Auch der regionale Vergleich der Luftbelastungssituation wird durch den Luftqualitätsindex erleichtert.

Zur Beurteilung der aktuellen Luftbelastung, insbesondere bei isolierter Betrachtung von Indexwerten für einzelne Meßstellen oder auch für den regionalen Vergleich, ist eine Klassifizierung der Indexwerte hilfreich. Die Gesellschaft für geowissenschaft-

Für die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Immissionsbelastung bedarf es dagegen nicht der Bildung von Luftbelastungsklassen; hier bietet der Vergleich mit dem Vorjahres- bzw. Vormonatswert zugleich auch die relative Einordnung der aktuellen Luftbelastung.

Erhebliche regionale Unterschiede in der Luftbelastung

Der Index für die monatliche Kurzzeitbelastung weist sowohl regional als auch jahreszeitlich sehr starke Unterschiede auf. Abgesehen von den Basisstationen Schwarzwald-Süd, Welzheimer Wald und Schwäbische Alb, streut der Kurzzeit-Luftqualitätsindex (LQI-Wert) für den Monat Januar 1998 landesweit

Schaubild 1
Luftqualitätsindex für die monatsbezogene Kurzzeit- und Langzeitbelastung 1993 bis 1998
 Meßstelle: Karlsruhe-Mitte

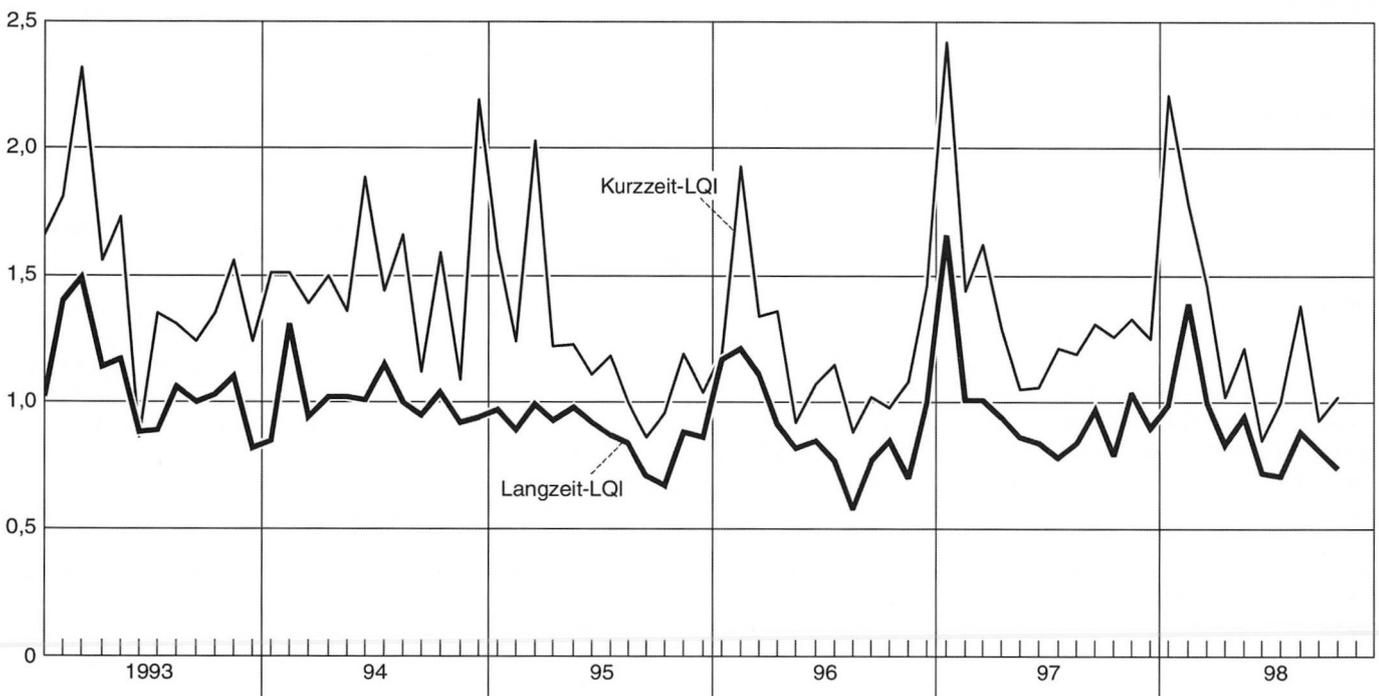


Tabelle
Luftqualitätsindex für die Kurzzeitbelastung im Januar und Oktober 1998 nach Naturräumen

Naturräume/Meßstelle	Luftqualitätsindex (Kurzzeitbelastung)		Naturräume/Meßstelle	Luftqualitätsindex (Kurzzeitbelastung)	
	Januar	Oktober		Januar	Oktober
Rheintal	1,61	0,85	Mittlerer Neckarraum/Großraum		
Bruchsal	1,35	0,86	Stuttgart/Obere Gäue	1,55	0,81
Brühl (zeitlich befristet)	1,47	–	Bernhausen	2,57	0,99
Eggenstein	1,09	0,70	Böblingen	1,41	0,71
Emmendingen	1,97	0,73	Esslingen	1,74	0,78
Freiburg-Mitte	1,29	0,52	Heilbronn	1,18	0,92
Freiburg-Nord	1,40	1,16	Herrenberg	1,48	–
Freiburg Str.	1,08	0,80	Ludwigsburg	1,73	0,71
Heidelberg	1,69	0,76	Neckarsulm	1,54	0,79
Karlsruhe-Mitte	2,21	1,02	Plochingen	1,74	0,70
Karlsruhe-Nordwest	3,02	1,05	Stuttgart-Bad Cannstatt	1,49	0,80
Karlsruhe Str.	1,55	1,17	Stuttgart-Hafen	1,35	0,85
Karlsruhe-West	4,39	0,73	Stuttgart-Mitte	1,76	0,86
Kehl-Hafen	2,23	1,22	Stuttgart-Mitte Str.	1,34	0,84
Kehl-Süd	1,31	1,00	Stuttgart-Vaihingen Str.	1,33	0,77
Mannheim-Mitte	1,36	0,83	Stuttgart-Zuffenhausen	1,20	0,89
Mannheim-Nord	2,04	1,66	Tübingen	1,65	0,71
Mannheim-Süd	1,42	0,85	Waiblingen	1,24	0,80
Mannheim Str.	1,05	0,63	Schwäbische Alb/Vorland		
Neuenburg	0,96	0,65	der Schwäbischen Alb/Baar	1,28	0,72
Rastatt	1,19	0,79	Aalen	1,44	0,81
Rheinfelden	0,91	0,66	Balingen	1,25	0,69
Waldshut	0,91	0,58	Ehingen	1,33	0,85
Weil am Rhein	0,85	0,66	Göppingen	1,90	0,78
Weinheim	2,61	0,77	Heidenheim	1,61	0,59
Wiesloch	0,94	0,65	Reutlingen	1,53	0,69
Bauland/Hohenlohe/Welzheimer Wald ...	0,99	0,62	Rottweil	0,99	0,56
Künzelsau	1,02	0,68	Schwäbische Alb	0,71	0,51
Mosbach	1,09	0,61	Sigmaringen	1,16	0,70
Schwäbsich Hall	1,38	0,54	Tuttlingen	1,33	0,83
Tauberbischofsheim	0,98	0,89	Villingen-Schwenningen	0,99	0,65
Welzheimer Wald	0,50	0,37	Ulm	1,49	1,07
Oberschwaben/Bodenseebecken	1,60	0,75	Ulm Str.	0,89	0,67
Bad-Waldsee (zeitlich befristet)	–	0,59	Schwarzwald	1,36	0,67
Biberach	0,97	0,60	Baden-Baden	1,05	0,53
Friedrichshafen	2,17	0,75	Calw	0,98	0,51
Isny	1,44	0,82	Freudenstadt	0,76	0,68
Konstanz	1,85	0,89	Pforzheim-Mitte	1,92	1,27
Ravensburg	1,59	0,85	Pforzheim-West	3,18	0,90
			Schwarzwald-Süd	0,28	0,14
			Landesdurchschnitt	1,40	0,74

zwischen Werten von deutlich unter 1,0 – wie zum Beispiel an der Station Freudenstadt – bis zu 4,39 an der Meßstation Karlsruhe-West. Die weitaus überwiegende Zahl der Indexwerte lag in diesem Monat im Bereich zwischen 1,0 und 2,0, das heißt bei einer mäßigen bis deutlichen Luftbelastung. Die nach Naturräumen aggregierten Indexwerte weisen ebenfalls erhebliche Unterschiede auf. In der Klasse *deutlich belastet* liegen die Indexwerte für das Rheintal (1,61), für Oberschwaben/Bodenseebecken (1,60) sowie für den Mittleren Neckarraum mit dem Großraum Stuttgart und dem Oberen Gäu (1,55). Für die Schwäbische Alb mit ihrem Vorland und die Baar errechnet sich ein Durchschnittsindexwert von 1,28, und für die Schwarzwaldregion liegt der durchschnittliche Indexwert bei 1,36. Der Landesdurchschnitt

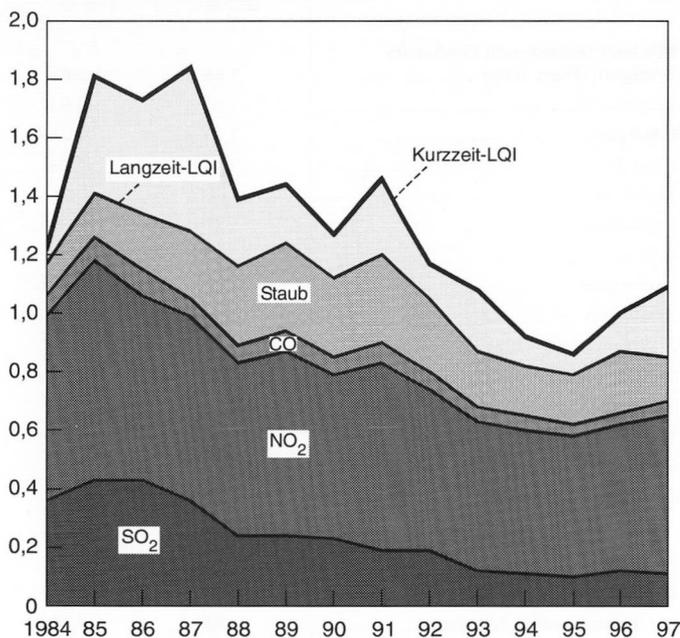
lag im Januar 1998 bei 1,40, der nur im Bauland, in Hohenlohe und im Welzheimer Wald bei einem Wert von 0,99 deutlich unterschritten wurde.

Vergleichbare regionale Unterschiede zeigt auch der Kurzzeit-LQI für den Monat Oktober 1998, allerdings auf deutlich niedrigerem Belastungsniveau. Der Landesdurchschnitt betrug im Oktober des vergangenen Jahres 0,74, das heißt nur gut die Hälfte des Januarwertes. Die annähernde Halbierung des Indexwertes zeigt sich auch für die einzelnen Naturräume. Lediglich für das schwach belastete Gebiet Bauland, Hohenlohe und Welzheimer Wald ist der Unterschied zum Januar wie auch zu den übrigen Gebieten deutlich geringer.

Schaubild 2

Luftqualitätsindex für die jährliche Kurzzeit- und Langzeitbelastung 1984 bis 1997 nach Schadstoffkomponenten

Meßstelle: Mannheim-Nord



Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

134 99

Der Monatsindex spiegelt auch die zum Teil erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen sowohl in der Kurz- als auch in der Langzeitbelastung deutlich wider (Schaubild 1). Durch die Indexbildung werden die Verlaufskurven für die Konzentrationen der einzelnen Schadstoffkomponenten teilweise geglättet, da jahreszeitliche Einflüsse bei den Einzelkomponenten unterschiedlich ausgeprägt sind. Außerdem ist festzustellen, daß sich insbesondere die Konzentrationen von NO₂ und Staub auf die Höhe des Indexwertes auswirken, während die – gemessen an den zugehörigen Grenzwerten – vergleichsweise geringen Konzentrationen von CO und SO₂ den Indexwert nur bei Meßwerten in extremen Belastungssituationen erkennbar erhöhen. Trotz der glättenden Wirkung der Indexberechnung bleiben auch bei der Indexbildung Belastungsspitzen im Jahresverlauf sichtbar. Der Luftqualitätsindex weist vor allem in den Wintermonaten Extrem-

³ Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen (UMEG), Schwebstaubbelastung in Baden-Württemberg, Karlsruhe, Mai 1998.

werte auf, wengleich sowohl bei der monatsbezogenen Kurz- wie auch Langzeitbelastung teilweise auch in den Sommermonaten erhöhte Indexwerte zu verzeichnen sind.

Längerfristige Entwicklung der Luftbelastung leicht rückläufig

Für die längerfristige Betrachtung der Immissionsbelastung in Baden-Württemberg stehen für die einzelnen Meßstellen unterschiedlich lange Zeitreihen von Jahreswerten zur Verfügung, die für einzelne Schadstoffkomponenten, insbesondere für SO₂, teilweise bis in die erste Hälfte der 70er Jahre zurückreichen. Für die vier im Luftqualitätsindex zusammengefaßten Schadstoffkomponenten liegen Meßwerte für ausgewählte Meßstationen ab Mitte der 80er Jahre vor, so daß dementsprechend weit zurückreichende Indexreihen für Jahreswerte berechnet werden können. Allerdings ist die durchgängige Vergleichbarkeit der Jahreswerte teilweise eingeschränkt, da die Messung der Staubkonzentrationen ab 1990 auf die gravimetrische Methode umgestellt wurde und diese Meßmethodik mit dem vorher praktizierten Streulichtverfahren bzw. der Beta-Strahlen-Absorption nicht vergleichbar ist.³ Der Einfluß dieser auf die Staubmessung bezogenen methodischen Einschränkungen auf die Indexberechnung sind nicht im einzelnen quantifizierbar. Eine uneingeschränkte Interpretation der Indexreihe ist deshalb erst ab dem Jahr 1990, dem Jahr der Umstellung auf die gravimetrische Messung der Staubkonzentrationen, möglich. Beispielhaft zeigen die Indexreihen für die Meßstelle Mannheim-Nord (Schaubild 2) die erkennbar fallende Tendenz der Luftbelastung insbesondere seit Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre. Diese rückläufige Tendenz gilt sehr deutlich für den Kurzzeitbelastungsindex, wonach die Belastungsspitzen in den zurückliegenden zehn Jahren deutlich reduziert wurden. Der auf die Jahresmittelwerte gestützte Index für die mittlere Langzeitbelastung weist hingegen eine relativ schwache Tendenz nach unten auf. Hauptursache für die insgesamt abnehmende Luftbelastung ist die deutliche Reduzierung der SO₂-Konzentrationen. Dies gilt sowohl für die Kurzzeit- wie auch die Langzeitbelastung. Beim NO₂ stagniert die Kurz- und auch die Langzeitbelastung seit 1990 bei relativ geringen Schwankungen auf etwa gleichbleibendem Niveau. Die Jahresmittelwerte für CO und Staub sind seit 1990 leicht rückläufig. Eine signifikante Reduzierung bei diesen beiden Schadstoffen ist nur in bezug auf die Kurzzeitbelastung festzustellen.

Der seit Ende der 80er Jahre zu verzeichnende Rückgang der Emissionen an SO₂, NO_x und CO schlägt sich demnach auch in den registrierten Immissionskonzentrationen nieder. Dieser Zusammenhang wird allerdings bislang nur bei den kurzzeitigen Spitzenbelastungen auf signifikante Weise erkennbar. Im Jahresmittel ist die rückläufige Tendenz noch relativ schwach ausgeprägt.

Dr. Helmut Büringer