

1. Zusammenfassung

Im Sinne der Luftreinhalte-Verordnung (LRV vom 16. Dezember 1985, Stand 12.10.1999) hat die Abteilung Umweltschutz des kantonalen Baudepartementes 1999 den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigungen auf dem Kantonsgebiet überwacht, gemessen und aufgrund der Immissionsgrenzwerte der LRV beurteilt. Neben dem reinen Beobachtungsauftrag wird mit dem Bericht über die Immissionsmessungen die Informationsaufgabe der Umweltschutzfachstelle gemäss Umweltschutzgesetz erfüllt, wonach die Öffentlichkeit über den Umweltschutz und das Ausmass der Umweltbelastung informiert werden soll.

Die *Stickstoffdioxid* (NO_2)-Konzentrationen haben in den letzten 10 Jahren abgenommen. Die LRV-Grenzwerte wurden an allen Messstellen im Kanton, die nicht an typischen Strassenstandorten oder in verkehrsbelasteten Zentren lagen, eingehalten. In Stadtzentren und an verkehrsreichen Strassen werden die Grenzwerte in der Regel überschritten. Die Stickstoffdioxid-Belastung ist in den letzten drei Jahren stagnierend. Die Prognosen der Emissionsentwicklung lassen mit den bereits beschlossenen Massnahmen keine weitere Minderung der Stickoxid-Emissionen erkennen.

Die Belastung der Luft mit *Schwefeldioxid* (SO_2) ist eindeutig unter den LRV-Grenzwerten geblieben. Die Emissionen sind dank der Luftreinhalte-massnahmen weiterhin sehr tief.

Die *Ozonbelastung* ist weiterhin sehr hoch. Insbesondere die im Sommer gemessenen Konzentrationen lagen auch 1999 im gesamten Kantonsgebiet weit über den LRV-Grenzwerten. Eine Verminderung der Ozonbelastung aufgrund von Emissionsminderungen kann noch nicht festgestellt werden. Hier sind vor allem auch internationale Massnahmen erforderlich.

Die Schwebstaub-Konzentrationen mit *PM10* werden im Kanton Aargau erst seit März 1999 kontinuierlich bestimmt. Die ersten Messergebnisse ergaben einen Jahresmittelwert im Bereich des LRV-Grenzwertes.

Der Zusammenhang zwischen der *Luftbelastung und der Witterung* wird im Kapitel 5 dargelegt. Die winterlichen Inversionen begünstigen eine generell hohe Luftbelastung, insbesondere der Stickoxide, und im Sommer führen anhaltend sonnige und heisse Tage zu den hohen Ozonbelastungen.

Die Luftbelastung hat gesundheitliche und auch finanzielle Folgen. In Kapitel 6 werden die Auswirkungen der *PM10-Belastung* auf die menschliche Gesundheit dargelegt und in Kapitel 7 die *Gesundheitskosten* der Luftverschmutzung. Die gesamtschweizerische Luftbelastung verursacht externe Gesundheitskosten von etwa 6,7 Mrd. Franken pro Jahr, wobei der Strassenverkehr mit etwa 50 Prozent den grössten Anteil verursacht.

2. Die Luft

Wir sind heute und in Zukunft für unser Leben auf saubere Luft, sauberes Wasser, fruchtbare Böden, intakte natürliche Kreisläufe und ein Klima angewiesen, das innerhalb der natürlichen Schwankungen für das Leben auf der Erde geeignet ist. Der Schutz unserer Umwelt ist nicht nur eine ethische Verpflichtung, sondern er ist auch wirtschafts- und gesundheitspolitisch sinnvoll. Aus diesem Grund verfolgt die schweizerische Luftreinhalte-Strategie das Ziel, den Menschen und die Umwelt vor schädlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung zu schützen. Die Immissionsgrenzwerte der LRV und kritischen Belastungswerte («critical loads») zum Schutze von empfindlichen Ökosystemen (z. B. Wälder und Hochmoore) stehen im Einklang mit den Ergebnissen aus internationalen Fachgremien (WHO und Genfer Konvention). Werden die Immissionsgrenzwerte eingehalten, sind keine schädlichen Auswirkungen zu befürchten. Werden die Grenzwerte aber überschritten, so sind negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt zu erwarten. Es müssen Massnahmen getroffen werden, die die Luftbelastung auf zulässige Werte senken.

Das schweizerische Luftreinhalte-Konzept von 1986 hat bis heute bewirkt, dass der Ausstoss (Emissionen) von Schwefeldioxid (SO_2) gegenüber den 80er Jahren um mehr als 50 Prozent gesunken ist, und die SO_2 -Belastung in der Regel nur noch einen Drittel des Jahresmittel-Grenzwertes erreicht. Dies ist ein bemerkenswerter Erfolg. Für SO_2 wer-

den sogar die international festgelegten kritischen Belastungswerte bezüglich des Säureeintrags in die Natur eingehalten. Der zweite Luftschadstoff, der seit den 80er Jahren massiv reduziert werden konnte, ist das Kohlenmonoxid (CO). Die CO-Belastung der Luft liegt weit unter dem gültigen LRV-Grenzwert, dies dank der Einführung des geregelten Katalysators für Personenwagen und den erfolgten Optimierungen bei Heizungen. Heute ist die Überwachung dieses Grenzwertes nur noch an vereinzelt Messstellen nötig. Auch bei der Stickoxidbelastung ist in den 90er Jahren eine Reduktion der Emissionen um etwa 25 Prozent erfolgt. Dieser Erfolg, der vorwiegend auf technologische Verbesserungen zurückzuführen ist, reicht aber noch nicht aus, um auch in Städten und Agglomerationen die NO_2 -Immissionsgrenzwerte einhalten zu können. Die Belastung mit bodennahem Ozon (verursacht durch NO_x und VOC = flüchtige organische Verbindungen) erfährt über die Jahre hinweg keine merkliche Verringerung. Die bisherige Minderung der Vorläuferstoffe ist hierfür noch immer zu gering.

3. Das Luftschadstoff-Messnetz des Kantons Aargau

Das kantonale Luftschadstoff-Messnetz wird von der Abteilung Umweltschutz betrieben. Es besteht aus zwei kontinuierlich messenden Fixstationen in Suhr (Distelmatte) und Sisseln. Dazu kommt die luftelektrische Station auf dem Dach der Kantonsschule Aarau. Mit zwei Messwagen wurde an projektspezifischen Standorten die Luftqualität bestimmt, mit dem einen in Baden und mit dem anderen zu

Beginn des Jahres 1999 bei der Alten Kantonsschule Aarau und in der zweiten Hälfte 1999 in Suhr auf der Bärenmatte. Die mittlere NO_2 -Belastung wurde an 43 Standorten mit Hilfe von Passivsammlern bestimmt. Die Messstandorte und Ergebnisse der NO_2 -Messungen sind in Abbildung 4.1 als Schadstoffkarte zusammengefasst.

4. Die Luftschadstoff-Belastung 1999

4.1. Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffdioxid ist bezüglich der ökotoxischen Betrachtung die wichtigste Komponente der Stickoxid-Verbindungen. Aus diesem Grund wurde für NO₂ in der LRV ein Grenzwert festgelegt. Trotzdem ist auch die Betrachtung der gesamten Stickoxid-Belastung (NO_x) sehr wichtig, da NO_x ebenfalls ökotoxisch wirkt und entscheidend für die Ozonbildung ist. Die Stickoxide entstehen fast ausschliesslich bei Verbrennungsprozessen aus dem natürlich vorkommenden Stickstoff der Luft, insbesondere durch die Verbrennung von Treibstoffen und Erdgas. Die grosse Steigerung des Verkehrsaufkommens und der Heizkraft in den letzten Jahrzehnten führte zu einem der grössten lufthygienischen Probleme: Die Belastung der Aussenluft mit Stickoxiden und in der Folge auch die Belastung mit Ozon.

Gerade zur Reduktion dieser beiden Luftschadstoffe müssen die grössten Anstrengungen unternommen werden. Dies gelang für die Komponenten der Stickoxide in den 90er Jahren recht gut, und so werden heute in Regionen, die nicht in der Nähe von Hauptverkehrsachsen liegen, die LRV-Grenzwerte zum grösseren Teil eingehalten. Die Dauerbelastung mit NO₂ lag 1999 in den Agglomerationen im Bereich des LRV-Grenzwertes von 30 µg/m³ und wurde in ländlichen Gebieten zum Teil deutlich unterschritten. Erfreulicherweise traten in den letzten Jahren an den Messstationen auch keine extremen Belastungen mehr auf. Die LRV-Grenzwerte betreffend kurzzeitiger Spitzenbelastungen wurden eingehalten, dies sind der Tagesmittel-Grenzwert und der statistische Grenzwert für den 95-Prozent-Wert.

| Messstation | Jahresmittelwert | Höchster Tagesmittelwert | 95-Prozent-Wert ¹ |
|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| Immissionsgrenzwert | 30 µg/m ³ | 80 µg/m ³ | 100 µg/m ³ |
| Suhr (Distelmatte) | 22 µg/m ³ | 73 µg/m ³ | 51 µg/m ³ |
| Sisseln, Roche AG | 23 µg/m ³ | 59 µg/m ³ | 53 µg/m ³ |
| Baden, Schulhausplatz* | 37 µg/m ³ | 63 µg/m ³ | 67 µg/m ³ |

Tabelle 4.1: Stickstoffdioxid – Messresultate von den kontinuierlich messenden Stationen im Vergleich zu den LRV-Grenzwerten. Der Tagesmittel-Grenzwert von 80 µg/m³ darf nur einmal pro Jahr überschritten werden (* unvollständige Messdatenreihe: 1. März bis 31. Dezember 1999).

Die Messung der NO₂-Belastung mit hoher zeitlicher Auflösung erfolgt mit kontinuierlich messenden Geräten in den Immissions-Messstationen. Diese Messungen sind teuer und können nur an wenigen Standorten durchgeführt werden. Das wesentlich preisgünstigere Messverfahren mit NO₂-Passivsammlern wurde im Kanton Aargau an 43 charakteristischen Standorten eingesetzt, um die mittlere NO₂-Jahresbelastung im gesamten Kantonsgebiet zu bestimmen. In der Übersichtskarte (Abbildung 4.1) sind die Standorte markiert und die mittlere NO₂-Belastung auf dem Kantonsgebiet dargestellt. Auffallend sind die grossen

ländlichen Flächen, in denen der LRV-Jahresmittel-Grenzwert von 30 µg/m³ eingehalten wurde. Auch in den meisten Siedlungsgebieten wurde der LRV-Grenzwert eingehalten. Nur an typischen Strassenstandorten (z. B. in Windisch und Lenzburg) oder in verkehrsbelasteten Zentren (z. B. Aarau und Aargau) wird der Jahresmittel-Grenzwert deutlich überschritten. Entlang der Verkehrsachsen sind wenige NO₂-Messstellen eingerichtet. Aus diesem Grund sind auch in der Schadstoffkarte diese Strassenzüge nicht durch NO₂-Belastungen über dem LRV-Grenzwert erkennbar.

¹ **95%-Wert:** 95 % aller Messwerte (½-h-Mittelwerte) eines Jahres liegen unter der berechneten Konzentration. Der Immissionsgrenzwert von 100 µg/m³ darf nicht überschritten werden.

Anmerkung zu den NO_2 -Passivsammler-Messungen: An stark belasteten Standorten in Strassennähe – mit Jahresmittelwerten von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und darüber – liegen die Ergebnisse der verwendeten NO_2 -Passivsammlern um etwa 15 Prozent höher, als wenn diese mit physikalischen Messgeräten erhoben werden. Ein Vergleich mit den Messergebnissen am Schulhausplatz in Baden bestätigt diesen Be-

fund. Diese Diskrepanz liegt an den unterschiedlichen Messverfahren und ist Gegenstand von weiteren Untersuchungen. An den Messstellen Baden (Schulhausplatz), Windisch (HTL), Lenzburg (Gewerbeschule), Aarburg (Rathaus) und Aarau (Graben) wurden auch unter Berücksichtigung dieser Abweichung die LRV-Grenzwerte eindeutig überschritten.

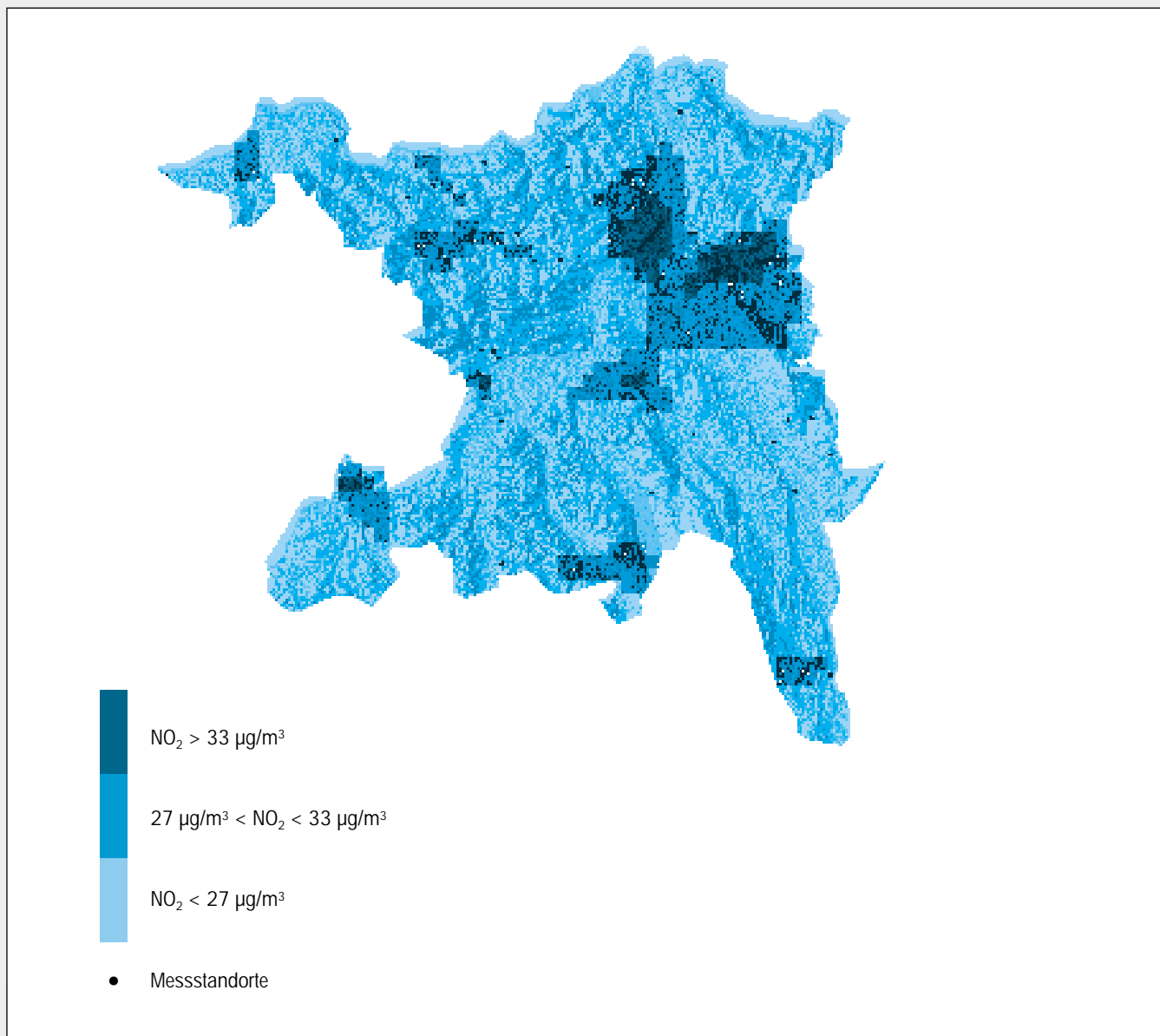


Abbildung 4.1: Das Aargauische Luftmessnetz 1999:

Die Ergebnisse aus den NO_2 -Messungen (als Jahresmittelwert Passivsammler) sind durch blaue Flächen dargestellt. Gebiete, in denen der LRV-Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ klar eingehalten wurde, sind hellblau. Mit Blau sind Standorte bezeichnet, an denen der Messwert im Bereich des Grenzwertes lag (zwischen 27 und $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$), und mit Dunkelblau die Umgebung von Standorten mit klaren Grenzwertüberschreitungen ($>33 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Lage der Messstandorte ist durch kleine schwarze Punkte markiert.

4.2. Ozon (O₃)

Ozon ist ein Reizgas für Menschen, Tiere und Pflanzen. Die Schädigungen sind vielfältig und reichen von Gesundheitsstörungen bis hin zu Ernteausfällen. Die Bildung des Sommersmogs erfolgt durch einen komplexen chemischen Vorgang. Bedeutende Voraussetzung für eine hohe Ozonproduktion sind die Stickoxid- und VOC-Emissionen sowie eine sommerliche Wetterlage mit viel Sonnenschein.

Bisher ist die Verminderung der Vorläuferstoffe zu gering ausgefallen. Deshalb kann kein Rückgang der Ozonbelastung festgestellt werden. Die Belastung mit bodennahem Ozon ist nach wie vor viel zu hoch, die LRV-Grenzwerte werden in den sechs Monaten von April bis September regelmässig überschritten.

| Messstation | Maximaler 1-h-Mittelwert | Anzahl Stunden 120 µg/m ³ | Maximaler 98%-Wert eines Monats ² | Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m ³ |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Immissionsgrenzwert | 120 µg/m³ | 1 | 100 µg/m³ | - |
| Suhr (Distelmatte) | 162 µg/m ³ | 171 | 143 µg/m ³ | 6 |
| Sisseln, Roche AG | 169 µg/m ³ | 184 | 143 µg/m ³ | 6 |
| Luftelektrische Station Aarau | 178 µg/m ³ | 243 | 152 µg/m ³ | 6 |
| Baden, Schulhausplatz* | 152 µg/m ³ | 30 | 122 µg/m ³ | 5 |

Tabelle 4.2: Ozon – Messresultate von den kontinuierlich messenden Stationen im Vergleich zu den LRV-Grenzwerten. Der 1-h-Mittel-Grenzwert von 120 µg/m³ darf nur einmal pro Jahr überschritten werden (* unvollständige Messdatenreihe: 1. März bis 31. Dezember 1999).

Die Wirkungsweise des Reizgases Ozon gegenüber Pflanzen unterscheidet sich von derjenigen gegenüber Menschen und Tieren. Die LRV-Grenzwerte berücksichtigen den Schutz der Vegetation schlecht, weshalb zusätzlich die kumulative Ozondosis auf die Pflanzen bewertet wird. Die tolerierbare Ozondosis ist für jede Pflanzenart unterschiedlich. Der Einfachheit halber werden die Ozondosen für

Waldbäume und Weizen beurteilt. Die maximal erlaubten Dosiswerte (sog. AOT40-Wert, Accumulation over Threshold 40 ppb) werden durch die Aktivität und Empfindlichkeit der Pflanzenart gegen Ozon bestimmt. Die Ozonmessungen ergaben auch im Jahr 1999 eine deutlich zu hohe Ozonbelastung für die wichtigsten Kulturpflanzen während ihrer Vegetationsperiode (Tabelle 4.3).

| Messstation | Ozondosis für Waldbäume | Ozondosis für Weizen |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Belastungsgrenze | 10'000 ppb*h | 5 300 ppb*h |
| Suhr (Distelmatte) | 13'453 ppb*h | 8 090 ppb*h |
| Sisseln, Roche AG | 12'891 ppb*h | 7 859 ppb*h |
| Luftelektrische Station Aarau | 17'989 ppb*h | 9 513 ppb*h |

Tabelle 4.3: Ozon – Ozondosis bei den kontinuierlich messenden Stationen im Vergleich zu den tolerierbaren Belastungswerten

² **98%-Wert:** 98 % aller Messwerte (½-h-Mittelwerte) eines Monats liegen unter der berechneten Konzentration. Der Immissionsgrenzwert von 100 µg/m³ darf nicht überschritten werden. Aufgeführt ist der 98%-Wert des Monats mit der höchsten Ozonbelastung im Messjahr 1999.

4.3. Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid ist ein Reizgas und trägt zu einem übermässigen Säureeintrag in die Natur bei. Dank der grossen Emissionseinschränkungen ist auch im Kanton Aargau die

SO₂-Belastung flächendeckend verschwunden. Die Immissionsmessungen ergaben durchwegs tiefe Werte, die deutlich unterhalb der LRV-Grenzwerte liegen.

| Messstation | Jahresmittelwert | Höchster Tagesmittelwert | 95 %-Wert ³ |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Immissionsgrenzwert | 30 µg/m³ | 100 µg/m³ | 100 µg/m³ |
| Suhr (Distelmatte) | 4 µg/m ³ | 20 µg/m ³ | 10 µg/m ³ |
| Sisseln, Roche AG | 6 µg/m ³ | 32 µg/m ³ | 19 µg/m ³ |
| Baden, Schulhausplatz* | 6 µg/m ³ | 21 µg/m ³ | 15 µg/m ³ |

Tabelle 4.4: Schwefeldioxid – Messresultate von den kontinuierlich messenden Stationen im Vergleich zu den LRV-Grenzwerten. Der Tagesmittel-Grenzwert von 100 µg/m³ darf nur einmal pro Jahr überschritten werden (* unvollständige Messdatenreihe: 1. März bis 31. Dezember 1999).

4.4. Schwebestaub PM10 und Staubbiederschlag

Die Luftbelastung mit feinem **Schwebestaub** ist in den letzten Jahren neu bewertet worden (Kapitel 6). Seit dem 1. März 1999 wird der PM10-Feinstaub auch an der Referenzstation in Suhr gemessen, es liegt noch keine vollständige Jahresmessreihe vor, aus der ein Jahresmittelwert berechnet werden kann. Im Vergleich zur durchschnittlichen schweizerischen PM10-Belastung ist der bei der Station Suhr gemessene PM10-Wert verhältnismässig tief. So wurden z. B. für das NABEL-Messnetz des Bundes (Messjahr

1999) nur auf dem Chaumont (NE), in Tänikon (TG) und der Rigi (Seebodenalp) Jahresmittelwerte unter 20 µg/m³ bestimmt, und der Tagesmittel-Grenzwert von 50 µg/m³ wurde an allen Messstellen ausser auf dem Chaumont mindestens dreimal überschritten. Der höchste gemessene Tagesmittelwert lag bei 66 µg/m³. Der Tagesmittel-Grenzwert von 50 µg/m³ wurde in der Messperiode nur einmal überschritten. Aus diesem Grund konnte gemäss LRV keine Überschreitung dieses Grenzwertes registriert werden.

| Messstation | Jahresmittelwert | Höchster Tagesmittelwert | Anzahl Tagesmittelwert > 50 µg/m ³ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Immissionsgrenzwert | 20 µg/m³ | 50 µg/m³ | 1 |
| Suhr (Distelmatte)* | 18 µg/m ³ | 66 µg/m ³ | 1 |

Tabelle 4.5: Schwebestaub PM10 (Methode TEOM) – Messresultate von der kontinuierlich messenden Station Suhr im Vergleich zu den LRV-Grenzwerten. Der Tagesmittel-Grenzwert von 50 µg/m³ darf nur einmal pro Jahr überschritten werden (* unvollständige Messdatenreihe: 1. März bis 31. Dezember 1999).

³ **95 %-Wert:** 95% aller Messwerte (½-h-Mittelwerte) eines Jahres liegen unter der berechneten Konzentration. Der Immissionsgrenzwert von 100 µg/m³ darf nicht überschritten werden.

Die Begrenzung des **Staubniederschlags** aus gröberen Partikeln hat auch für den Schutz der Ökosysteme Boden und Wasser Bedeutung. Da in den letzten Jahren in der Schweiz an kaum einem Standort eine Überschreitung der LRV-Grenzwerte für Staubniederschlag und seine Inhalts-

stoffe vorkam, wird der Staubniederschlag im Kanton Aargau nur an den Standorten Suhr und Sisseln bestimmt (Tabelle 4.6). Erwartungsgemäss lagen die Messwerte auch 1999 deutlich unter den LRV-Grenzwerten.

| Messstation | Staub | Blei (Pb) | Cadmium (Cd) | Zink (Zn) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Immissionsgrenzwert | 200 mg/m ² *Tag | 100 µg/m ² *Tag | 2 µg/m ² *Tag | 400 µg/m ² *Tag |
| Suhr (Distelmatte) | 86 mg/m ² *Tag | 7,7 µg/m ² *Tag | 0,1 µg/m ² *Tag | 127 µg/m ² *Tag |
| Sisseln | 80 mg/m ² *Tag | 7,5 µg/m ² *Tag | 0,1 µg/m ² *Tag | 40 µg/m ² *Tag |

Tabelle 4.6: Staubniederschlag und dessen Inhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink – die LRV-Grenzwerte und gemessenen Jahresmittelwerte.

4.5. Die Entwicklung der Luftbelastung in den letzten zehn Jahren im Kanton Aargau

Die Betrachtung der **Schadstoffentwicklung von NO₂** in den letzten 10 Jahren zeigt für den Standort Suhr, dass die durchschnittliche NO₂-Belastung zwischen 1990 und 1999 abgenommen hat (Abbildung 4.2). Diese Abnahme flachte in den letzten Jahren leicht ab, seit 1997 blieb die NO₂-Belastung in Suhr im Bereich von 23 µg/m³. In Aarau an der luftelektrischen Station wird die gleiche Abnahme festgestellt (Daten 1990–1998). Im Fricktal ist an der Station Sisseln die Abnahme etwas geringer. Die Stabilisierung der NO₂-Belastung in den letzten Jahren wird auch an anderen schweizerischen Messstationen gefunden und entspricht den Berechnungen aufgrund der Emissionen. Die Stickoxid-Emissionen in der ganzen Schweiz sind seit dem Höchststand Mitte der 80er Jahre um etwa 25 Prozent gesunken, liegen aber mit etwa 100'000 t/Jahr noch klar über dem Minimalziel des Luftreinhalte-Konzepts des Bundes, den Schadstoffausstoss auf den Wert des Jahres 1960 von 65'000 t/Jahr zurückzuführen. Die Prognosen der Emissionsentwicklung lassen mit den bereits beschlossenen Massnahmen keine weitere Minderung für Stickoxide erkennen. Aus diesem Grund sind weitere Emissionsbeschränkungen begrüssenswert, wie sie z.B. für den Strassenverkehr geplant sind (Einführung der Abgasnormen Euro 3 und Euro 4).

Eine **SO₂-Belastung** der Luft besteht im Kanton Aargau nicht mehr. In den letzten 10 Jahren ist die SO₂-Immissionskonzentration bei der Station Suhr (Abbildung 4.3) um den Faktor drei auf einen Jahresmittelwert von 4 µg/m³ gesunken. Auch im Fricktal sank die SO₂-Konzentration auf 6 µg/m³, dies entspricht einer Verringerung der Immissionskonzentration von 1990 um ein Drittel.

Eine Aussage über die Entwicklung der **Ozonbelastung** in den letzten 10 Jahren ist aufgrund der Ozon-Messungen alleine nicht möglich. Zu gross sind die jährlichen Schwankungen jener Witterungsbedingungen, die eine optimale Ozonproduktion begünstigen (vgl. Kapitel 5.3). Aus diesem Grund kann die Verminderung der maximalen Ozonbelastungen im Vergleich zum Jahr 1998 nicht mit einer markanten Verbesserung der generellen Luftqualität begründet werden. Allerdings ist bemerkenswert, dass in den letzten Jahren im Kanton Aargau keine Spitzenbelastung für Ozon von über 200 µg/m³ (1-h-Mittelwert) gemessen wurde.

Auch wenn die LRV-Grenzwerte für Ozon bis heute bei weitem nicht eingehalten werden, darf nicht vergessen werden, dass bereits in der vorindustriellen Zeit die maximalen Ozonwerte im Bereich von 60 bis 80 µg/m³ lagen. Es bedarf einer drastischen Verminderung der Emissionen von den Vorläufersubstanzen Stickoxide und VOC, um die LRV-Grenzwerte einzuhalten. Auch die Belastungswerte für die Vegetation sind zu hoch. In Abbildung 4.4 sind die jährlichen Schwankungen der Dosis sichtbar, eine Trendaussage kann aufgrund einer Auswertungsreihe von fünf Jahren noch nicht gemacht werden.

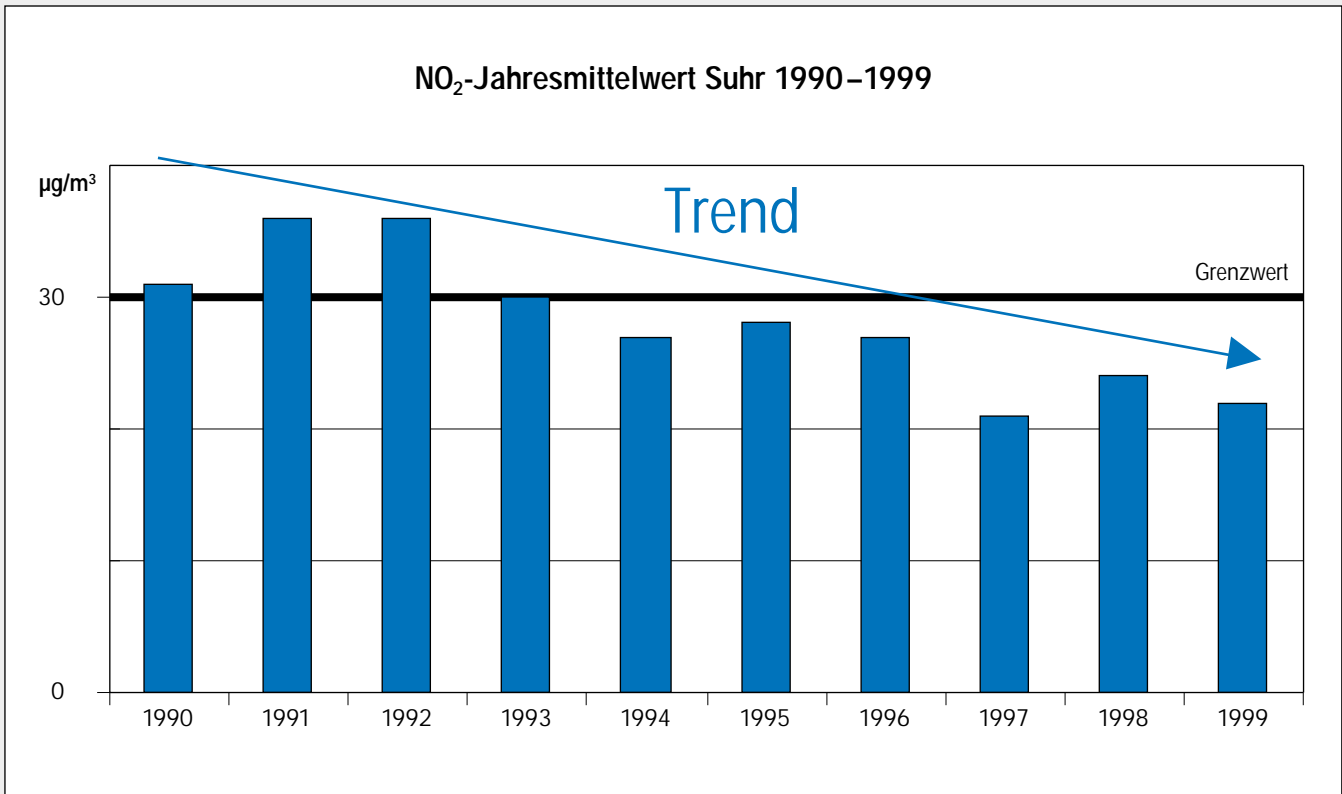


Abbildung 4.2: Die NO₂-Jahresmittelwerte an der Referenzstation Suhr zwischen 1990 und 1999. LRV-Jahresmittel-Grenzwert 30 µg/m³.

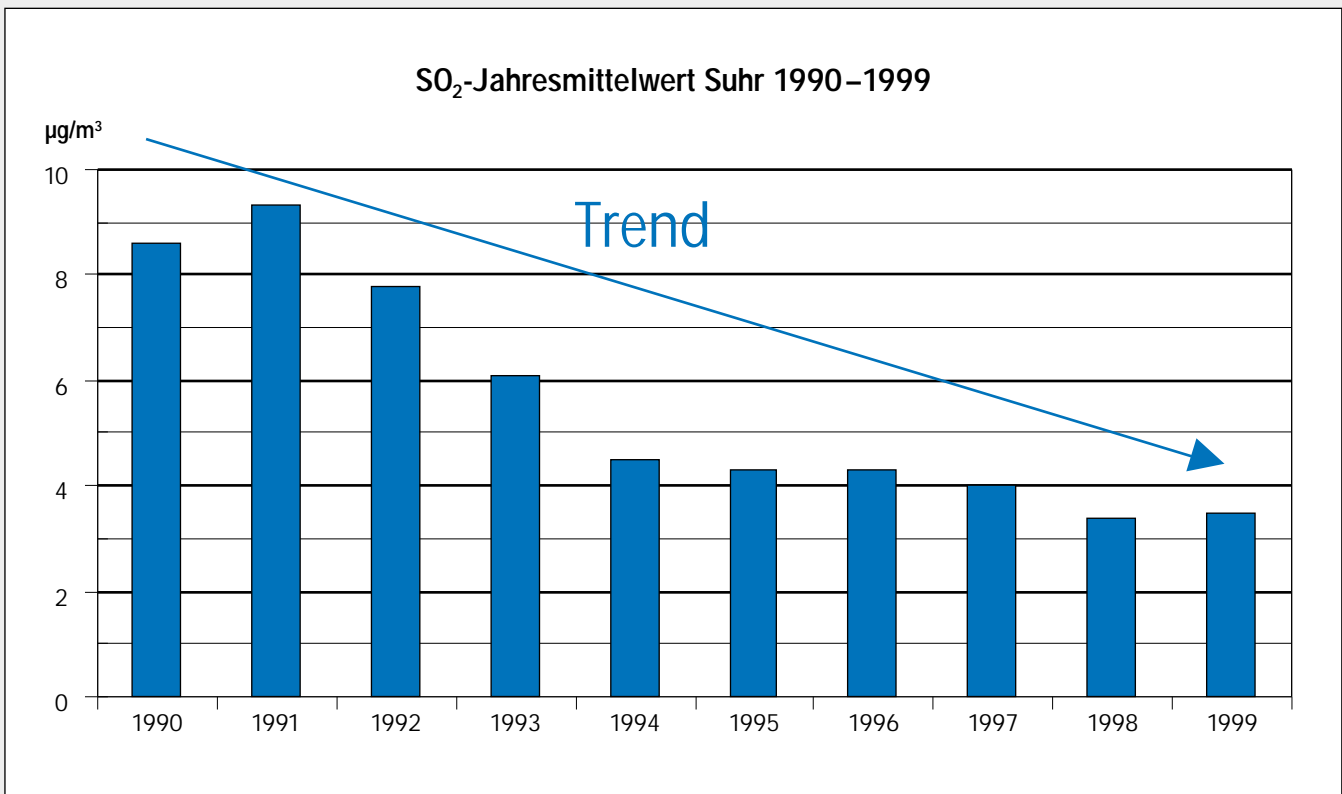


Abbildung 4.3: Die SO₂-Jahresmittelwerte an der Referenzstation Suhr zwischen 1990 und 1999. LRV-Jahresmittel-Grenzwert 30 µg/m³.

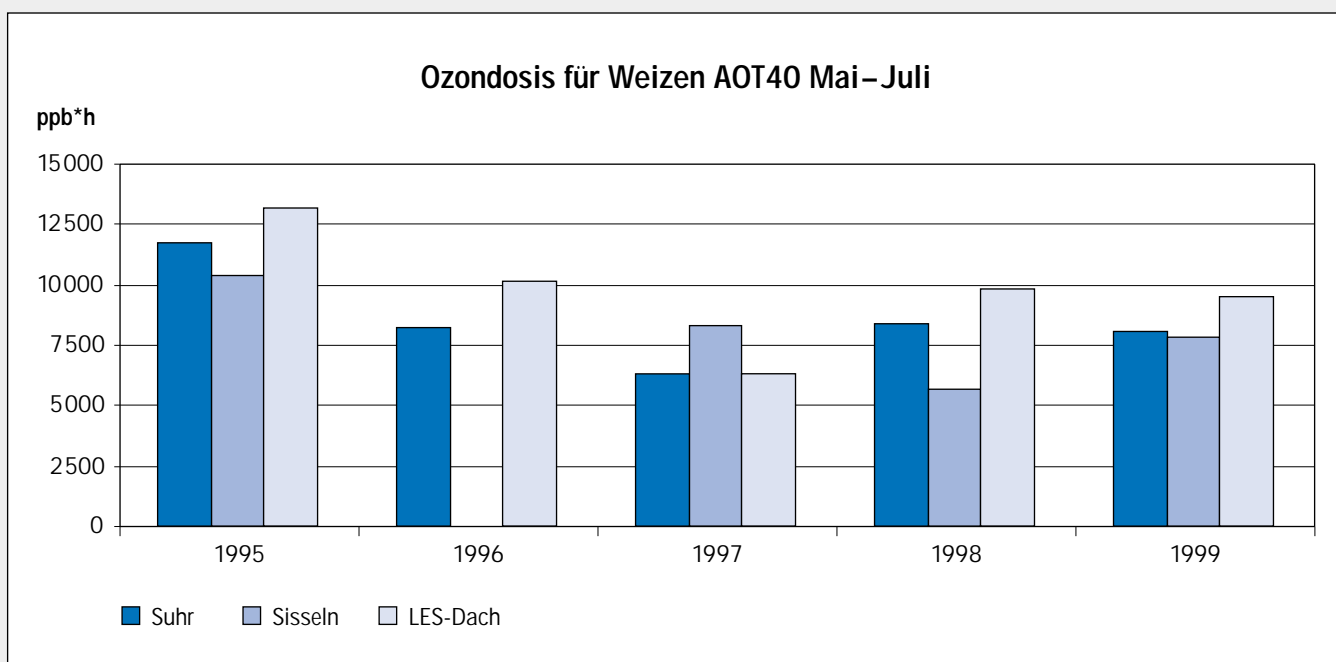


Abbildung 4.4: Die Ozondosis für Weizen an den kontinuierlich messenden Stationen Suhr, Sisseln und Lufterlektrische Station Aarau zwischen 1995 und 1999. Belastungsgrenze 5 300 ppb*h.

5. Die Luftbelastung und die Witterung

Die wichtigsten Quellen der Luftverschmutzung sind die Emissionen aus Verkehr, Industrie, Landwirtschaft und Haushaltungen. Diese primäre Luftverschmutzung wird in der Atmosphäre verdünnt und von der Quelle wegtransportiert sowie zum Teil in neue Verbindungen umgewandelt. So wird z. B. kein Ozon emittiert, sondern es entsteht durch photochemische Reaktionen in der Atmosphäre aus Vorläufersubstanzen (vgl. Kapitel 5.3). Entscheidend für die drei Prozesse Verdünnung, Transport und chemische Umwandlung ist die Witterung. Dies erklärt einerseits die un-

terschiedliche Luftschadstoff-Belastung im Jahresverlauf und andererseits die hohe Belastung während speziellen Witterungsphasen (Winter- bzw. Sommersmog). Auch ein bedeutender Teil der jährlichen Schwankungen der Schadstoffbelastung ist witterungsbedingt. Aus diesem Grund lassen sich Änderungen in der Luftbelastung erst mit längeren Messreihen aufzeigen (Kapitel 4.5). Einleitend wird die Witterung 1999 zusammengefasst und anschliessend wird an zwei charakteristischen Beispielen der Einfluss der Witterung auf die Schadstoffbelastung aufgezeigt.

5.1. Die Witterung 1999 im Überblick

Im Vergleich zum langjährigen Mittel war das Jahr 1999 in Buchs-Suhr mit durchschnittlich 9,7°C um 1,2°C zu warm (Abbildung 5.1). Überdurchschnittlich warme Monate waren im Winter der Januar und Dezember, in der Zwischensaison der März, Mai und September sowie im Som-

mer der Juli und August. Die Niederschläge übertrafen die langjährige Jahresmittelmenge um beinahe 30 Prozent, wobei der grösste Überschuss an Niederschlagsmenge im Februar und im Mai fiel (Abbildung 5.2).

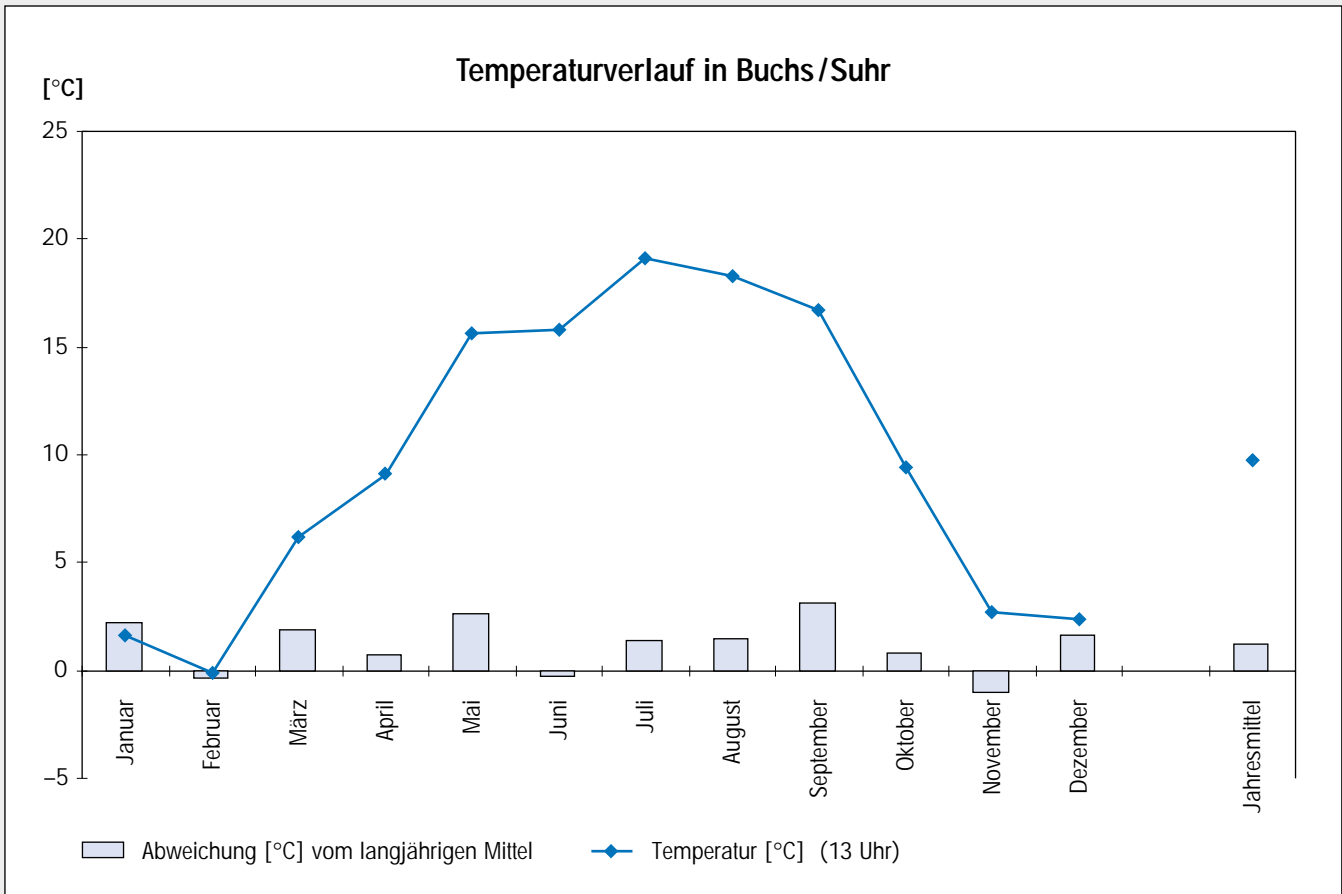


Abbildung 5.1: Der Temperaturverlauf im Monatsmittel für das Jahr 1999 an der SMA-Station in Buchs/Suhr. Die Balken bezeichnen die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert.

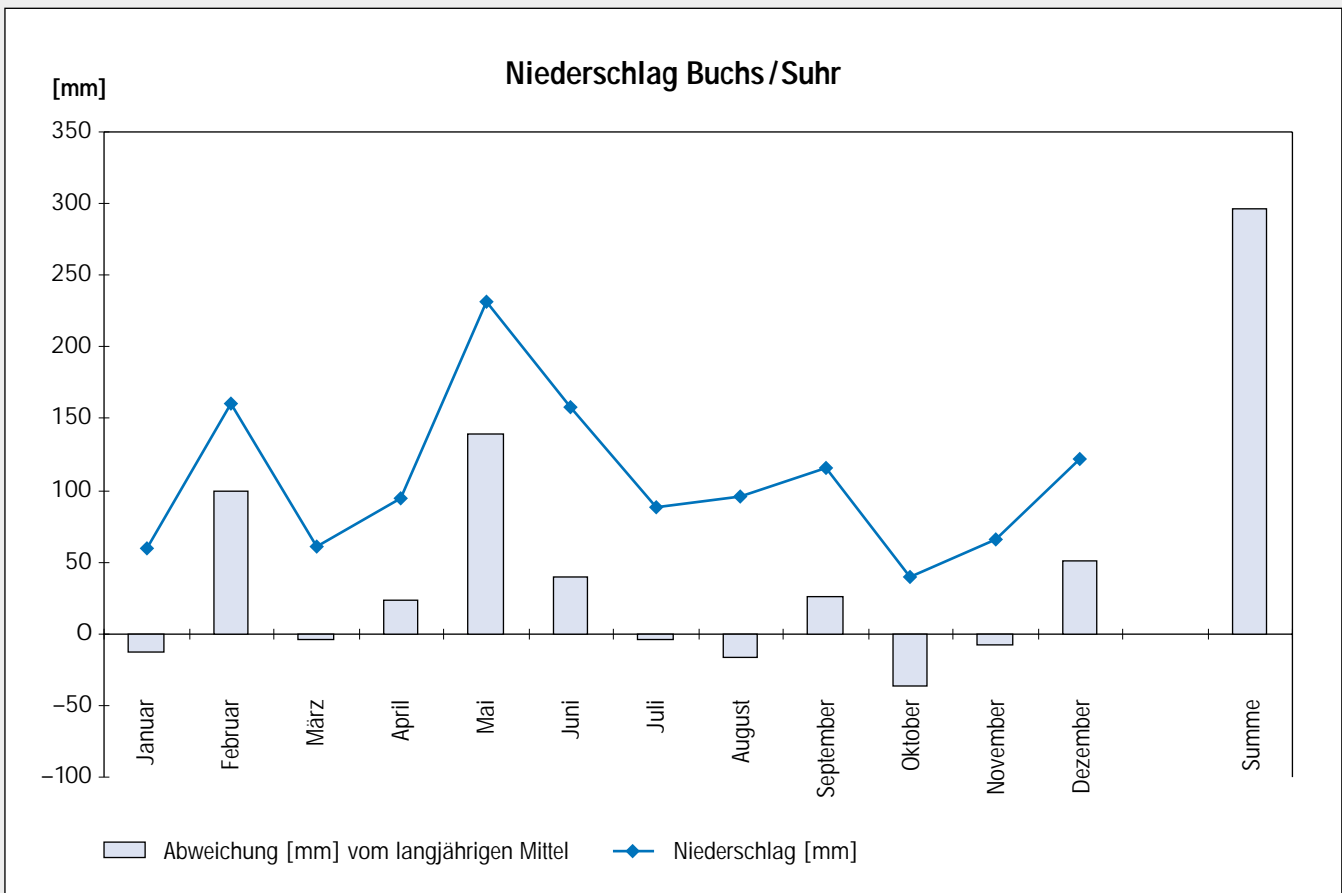


Abbildung 5.2: Die Niederschlagsmengen im Monatsmittel für das Jahr 1999 an der SMA-Station in Buchs/Suhr. Die Balken bezeichnen die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert.

5.2. Der Einfluss der Witterung auf die NO₂-Belastung

Entscheidend für eine hohe NO₂-Belastung sind an erster Stelle die Emissionen, die atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen und die chemische Umwandlung der Stickoxide (NO_x) in NO₂. Die Ausbreitung der Stickoxide und die damit verbundene Verdünnung der Schadstoffkonzentrationen wird durch die Windverhältnisse und die Höhenverteilung bestimmt. Wird die Verteilung der Luftschadstoffe durch eine stabile Luftschichtung behindert, so ist eine Temperatur-Inversion eingetreten. Diese Inversionsbildung tritt im Sommer in der Regel nur in der Nacht auf und löst sich nach Sonnenaufgang schnell auf. Aus diesem Grund treten während der morgendlichen Verkehrsspitzenzeit auch die höchsten Stickoxidwerte im Tagesverlauf auf. Anders ist die Ausbreitungssituation im Winter. Je nach Witterung bilden sich lokale Inversionsgebiete aus, in denen es dann zu einer starken lokalen Anreicherung der Luftschadstoffe kommt. Höher liegende Inversionen treten

im schweizerischen Mittelland oft als tagelange Hochnebelphasen auf, während denen sich die Schadstoffe unter der Hochnebeldecke anreichern. Inversionen sind nicht immer durch Nebelschichten erkennbar. Ein sicheres Indiz für eine Sperrschicht ist die Temperaturumkehr, d. h. die Temperatur ist in der Höhe wärmer als unten. Ein schönes Beispiel für die unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen ist der Januar 1999 (Abbildung 5.3). Eine tiefe NO₂-Belastung trat während stark windigen Tagen auf (3. bis 4. Januar, 8. bis 9. Januar, 27. bis 28. Januar) und hohe Belastungswerte wurden während Hochdruckperioden (5. bis 7. und 15. bis 25. Januar) bestimmt. Die Temperaturmessungen an den SMA-Stationen Buchs/Suhr (389 m ü. M.) und Rünenberg (610 m ü. M.) im Jura lassen die dazwischen liegende ganztägige Inversionsschicht erkennen: Die Temperaturen sind über den ganzen Tag hinweg in Rünenberg deutlich wärmer als in Buchs/Suhr.

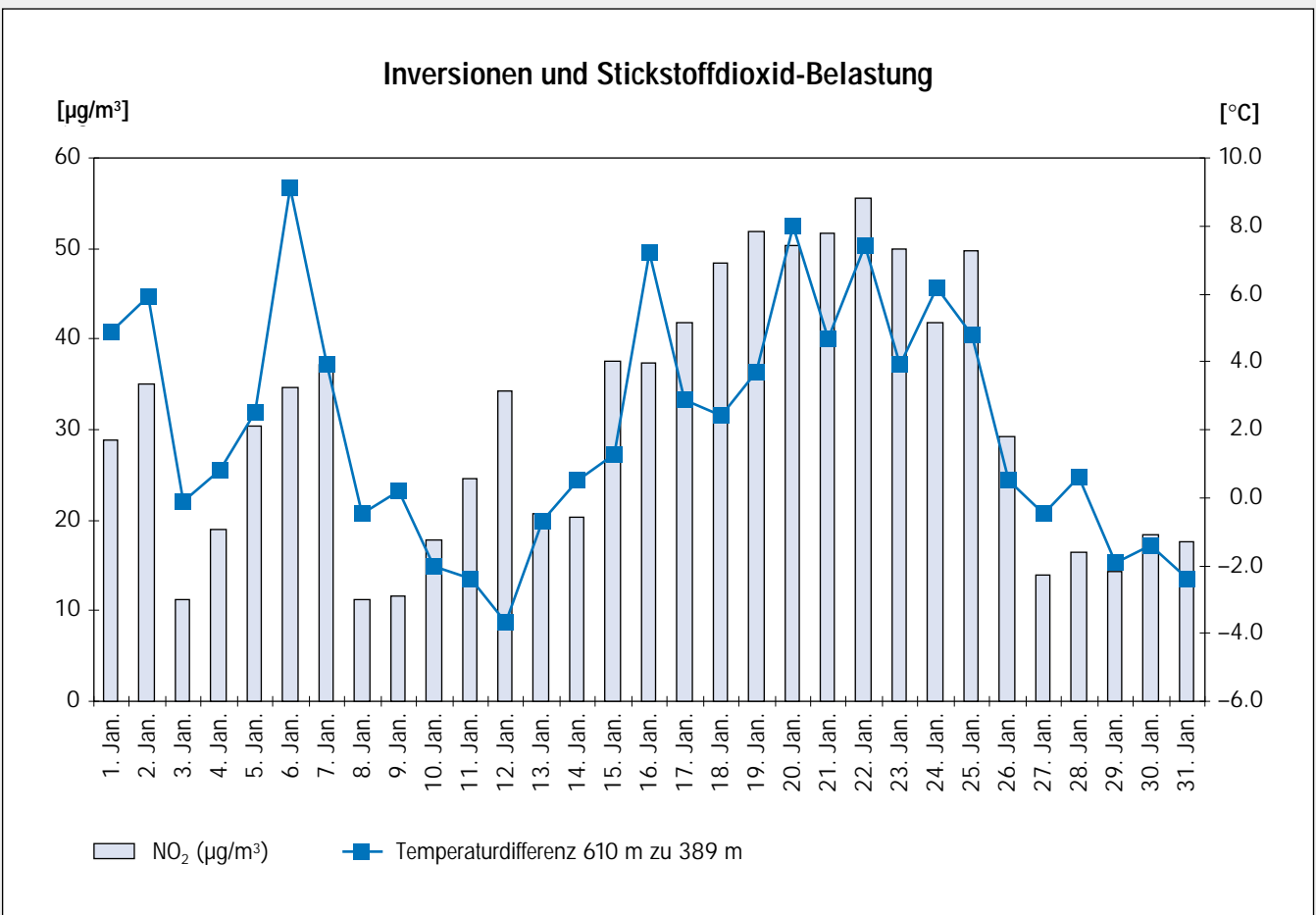


Abbildung 5.3: Die NO₂-Tagesmittelwerte (Balken) an der Station Suhr im Januar 1999. Die durchgezogene Linie stellt die Differenz zwischen den Lufttemperaturen in Rünenberg (610 m ü. M.) und Buchs/Suhr (389 m ü. M.) dar. Inversion zwischen diesen Höhen herrschte bei positiver Temperaturdifferenz.

5.3. Der Einfluss der Witterung auf die Ozon-Belastung

Im Sommer treten im Kanton Aargau flächendeckend immer wieder Ozonbelastungen über den LRV-Grenzwerten auf (Kapitel 4.2). Ozon entsteht in hohem Masse bei sommerlich warmer Witterung in der Atmosphäre aus den primären Luftschadstoffen Stickoxide (NO_x) und Kohlenwasserstoffe (VOC). Entscheidend für die photochemische Bildung von Ozon ist die Sonneneinstrahlung. Im Jahr 1999 ist der Monat September ein schönes Beispiel, um diesen Zusammenhang aufzuzeigen (Abbildung 5.4). In der ersten Monathälfte herrschte eine lang anhaltende Schönwetterperiode vor, die Sonnenscheindauer war über-

durchschnittlich lange. Zwischen dem 2. und 7. September folgte einer kurzen Bisenlage ein flaches Tiefdruckgebiet und am 8. September baute sich eine stabile Hochdruckphase auf. Erst am 16. September wurde aus Südwesten ein Tief zu den Alpen gesteuert. Diese Wettersituation spiegelt sich in den Mittagstemperaturen und in den Ozonwerten wieder, die maximalen 1-h-Mittelwerte für Ozon erreichten am 11. September den Jahresspitzenwert von $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mit dem Eintreffen des Tiefs am 16. September war dann die sommerliche Ozonbelastung beendet.

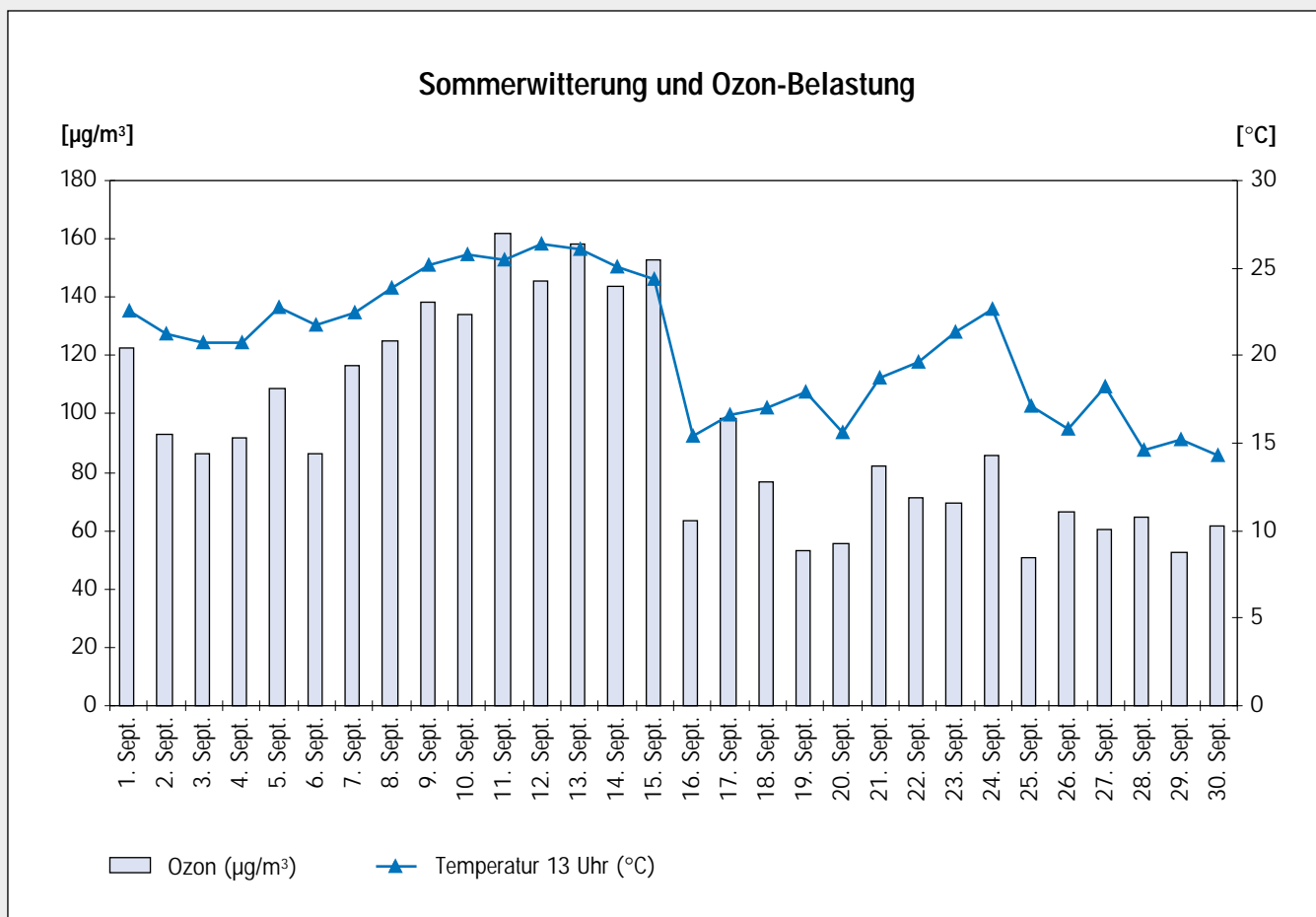


Abbildung 5.4: Die O_3 -Belastung (Balken) an der Station Suhr im September 1999. Die durchgezogene Linie stellt die Lufttemperatur (um 13 Uhr) in Buchs/Suhr dar.

6. Die Auswirkungen der Feinstaub-Immissionen (PM10) auf die Gesundheit des Menschen

6.1. Der Wirkungsbereich des Feinstaubes

Die Atemluft gelangt über Nase oder Rachen durch den Kehlkopf und die Bronchien in die Lunge. In den feinsten Lungenbläschen, den Alveolen, wird der Sauerstoff in das Blut aufgenommen. Die Verunreinigung unserer Atemluft mit den unterschiedlichsten Stoffen und Partikeln zeigt Wirkungen auf dem ganzen Atemweg. Die groben Partikel und sehr gut wasserlösliche Stoffe (z. B. SO_2) werden im Mund- und Nasenbereich bereits abgeschieden und reizen die oberen Atemwege. Die feineren Partikel wirken auf die Bronchien und können durch die Zilien wieder abtransportiert werden. Die kleinsten Partikel hingegen gelangen zu-

sammen mit den weniger gut wasserlöslichen Stoffen (z. B. NO_2 , O_3 und VOC) in die Alveolen der Lunge. Die Alveolar-Makrophagen können unverdauliche Partikel von etwa $1 \mu\text{m}$ aufnehmen und über das Flimmerepithel der Bronchien ausscheiden. Die kleinsten Partikel wie z. B. Dieselruss (kleiner als $1 \mu\text{m}$) gelangen teilweise in das Lymphsystem oder gar in die Blutbahn und werden schliesslich über die Nieren ausgeschieden.

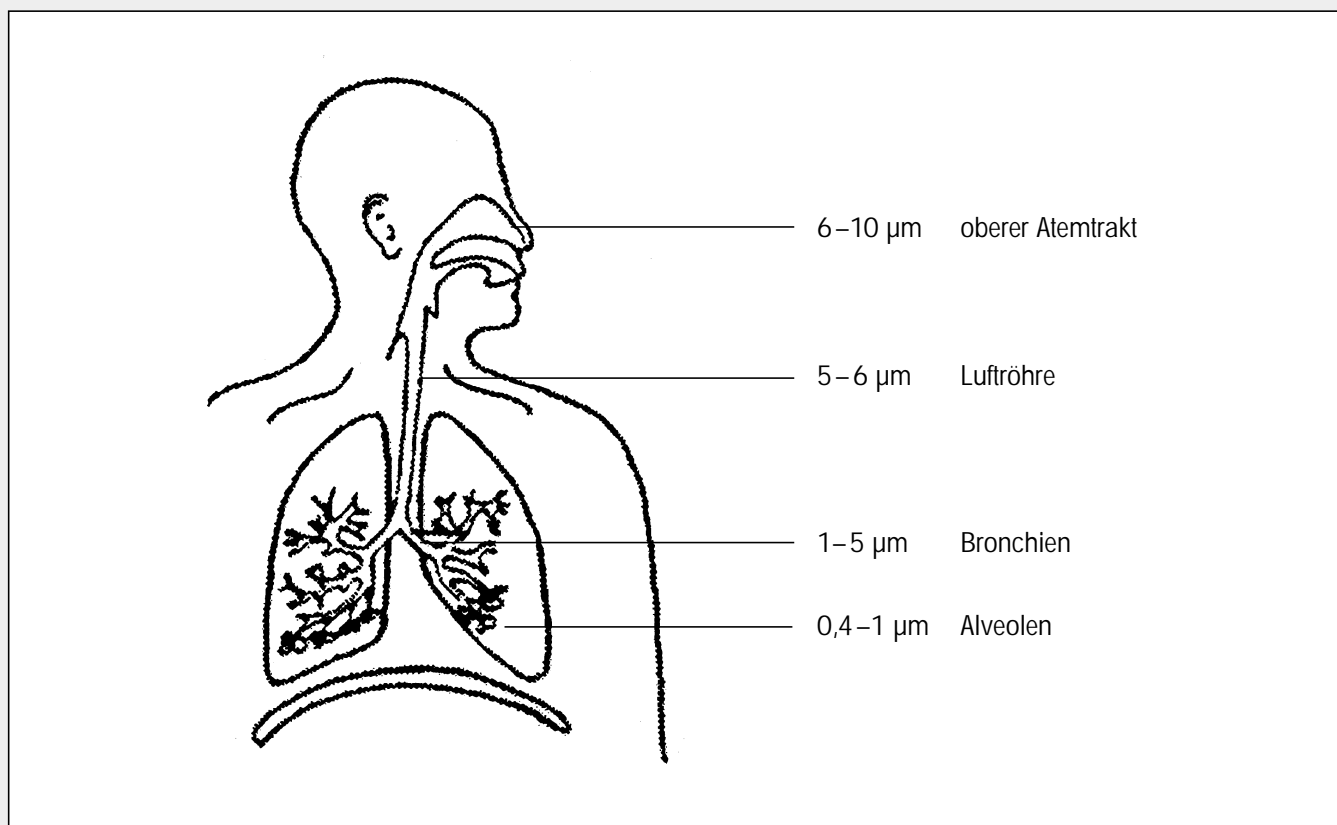


Abbildung 6.1: Schema zur Abscheidung des Feinstaubes in der Atemluft. Die Partikelgrösse ist entscheidend für das Eindringen in die Lunge (vgl. Text).

6.2. Die gesundheitlichen Auswirkungen der Feinstaubbelastung

Je grösser nun die Belastung mit bestimmten Partikelfractionen ist, desto gravierender sind die gesundheitlichen Auswirkungen. Die wasserlöslichen Stoffe und grösseren Partikel führen zu den bekannten Schleimhautreizungen der oberen Atemwege. Die feinere Partikelfraction beansprucht die Reinigungsmechanismen der Zilien in den Bronchien und das Alveolar-Makrophagen-System (vgl. Glossar). Insbesondere bei dauerhafter Überbelastung dieser Entgiftungsmechanismen kommt es zu gesundheitlichen Beschwerden. Zuerst treten Entzündungsreaktionen auf, und bei chronischer Belastung entwickeln sich Granulome bis hin zu Fibrose. Alleine die mechanische Reizung (z.B. durch Russpartikel) der Lungenbläschen genügt, um

die Wahrscheinlichkeit zur Ausbildung eines Lungenkrebses zu erhöhen.

In- und ausländische epidemiologische Studien in den 90er Jahren ergaben, dass das Auftreten von Atemwegserkrankungen und Allergien am besten mit der Feinstaubbelastung der Luft durch PM10 (oder PM2.5)⁴ erklärt werden kann. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren die Immissionsmessungen auf den Feinstaub PM10 ausgeweitet und vom Bund am 1. März 1998 ein neuer Grenzwert für PM10 in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegt (vgl. Kapitel 4.4).

6.3. Die Ursachen der Feinstaubbelastung

Welches sind die Quellen der Feinstaubbelastung? Die Hälfte der gesamten PM10-Emissionen stammt aus dem Strassenverkehr, weitere bedeutende Verursacher sind mit knapp einem Drittel die Industrie und mit 16 Prozent die landwirtschaftliche Produktion.

Die emittierten Teilchen können vom Menschen direkt eingeatmet werden (z. B. in Verkehrsnähe) oder die Teilchen werden in der Luft über weitere Strecken transportiert und wandeln sich in sekundäre Partikel um. Nördlich der Alpen ist diese Hintergrundbelastung etwa achtmal höher als aus natürlichen Quellen zu erwarten wäre⁵.

Schlussfolgerung: Der grösste Teil der PM10-Belastung entsteht durch menschliche Aktivitäten.

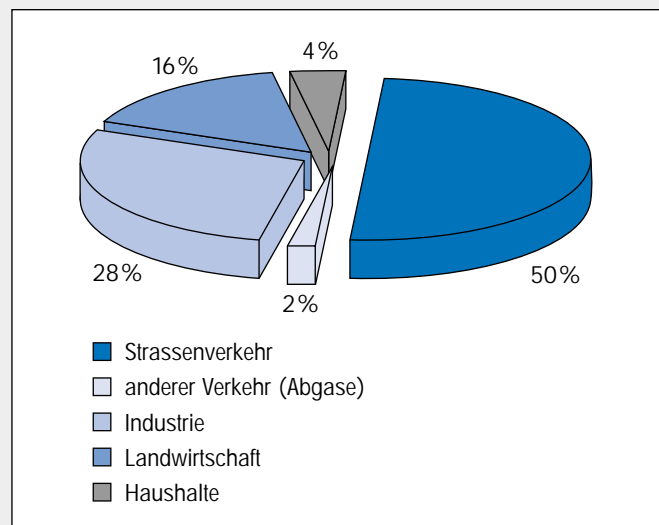


Abbildung 6.2: Die PM10-Emissionen eingeteilt nach Verursachergruppen: Strassenverkehr (50%), anderer Verkehr [nur Abgase] (2%), Industrie (28%), Landwirtschaft (16%) und Haushalte (4%).

⁴ PM10: Particulate Matter mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm.
PM2.5: Particulate Matter mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 2,5 µm.

⁵ Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa: «Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution», «PM10 Population Exposure», publiziert durch Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, GVF-Auftrag Nr. 340, Bern, Juni 1999

7. Die gesundheitlichen Auswirkungen und Kosten der Luftverschmutzung

7.1. Die gesundheitlichen Auswirkungen

Die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung betreffen den grössten Teil der Bevölkerung, da die meisten Menschen in stärker verschmutzten Regionen leben. Betroffen sind vor allem die städtischen Ballungszentren, aber auch die dichtbesiedelten Regionen entlang der grossen Verkehrsachsen. Die finanziellen Auswirkungen der verkehrsbedingten Luftverschmutzung wurden für die Schweiz, Österreich und Frankreich im Berichtsjahr für die WHO-Minister-Konferenz für Umwelt und Gesundheit zusammengestellt⁶. In der Folge werden die *externen menschlichen Gesundheitsschäden durch die Luftverschmutzung aus dem Strassenverkehr* betrachtet. Es handelt sich um jene Schäden, die von keinem Verursacher direkt getragen werden. Die schweizerische SAPALDIA-Studie ergab, dass gesundheitliche Folgen der Luftverschmutzung direkt mit der Belastung durch Feinstaub PM10 einhergehen. Dieser Zusammenhang konnte in vielen Ländern gezeigt werden und die Ergebnisse sind wissenschaftlich gesichert. Die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die schweizerische Bevölkerung kann somit grob beziffert werden (Tabelle 7.1).

schmutzung aus dem Strassenverkehr betrachtet. Es handelt sich um jene Schäden, die von keinem Verursacher direkt getragen werden. Die schweizerische SAPALDIA-Studie ergab, dass gesundheitliche Folgen der Luftverschmutzung direkt mit der Belastung durch Feinstaub PM10 einhergehen. Dieser Zusammenhang konnte in vielen Ländern gezeigt werden und die Ergebnisse sind wissenschaftlich gesichert. Die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die schweizerische Bevölkerung kann somit grob beziffert werden (Tabelle 7.1).

| Gesundheitsschäden | zusätzliche Fälle aufgrund der gesamten Luftbelastung | zusätzliche Fälle aufgrund der Luftbelastung durch den Strassenverkehr |
|---|---|--|
| Sterblichkeit (Erwachsene ≥ 30 Jahre) | 3 300 vorzeitige Todesfälle pro Jahr | 1 800 vorzeitige Todesfälle pro Jahr |
| Hospitalisation wegen Atemwegssymptomen | 1 300 Fälle pro Jahr | 700 Fälle pro Jahr |
| Hospitalisation wegen Herzbeschwerden | 3 000 Fälle pro Jahr | 1 600 Fälle pro Jahr |
| Chronische Bronchitis (Erwachsene ≥ 25 Jahre) | 4 200 neue Fälle pro Jahr | 2 200 neue Fälle pro Jahr |
| Bronchitis (Kinder < 15 Jahre) | 45'400 Fälle pro Jahr | 24'100 Fälle pro Jahr |
| Aktivitätseinschränkung (Erwachsene ≥ 20 Jahre) | 2'800'000 Tage pro Jahr | 1'500'000 Tage pro Jahr |
| Asthma: Asthmaattacken (Kinder < 15 Jahre) | 23'600 Tage pro Jahr | 12'500 Tage pro Jahr |
| Asthma: Asthmaattacken (Erwachsene ≥ 15 Jahre) | 62'600 Tage pro Jahr | 33'200 Tage pro Jahr |

Tabelle 7.1: Externe Gesundheitsschäden durch die Luftverschmutzung in der Schweiz pro Jahr (Stand 1996). Bestimmt aufgrund der PM10-Belastung für die schweizerische Bevölkerung.

⁶ Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa: «Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution», «Economic Evaluation», publiziert durch das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, GVF-Auftrag Nr. 325, Bern

7.2. Die gesundheitlichen Kosten

Die Kosten der gesundheitlichen Schäden wurden nach dem ökonomischen Ansatz der Zahlungsbereitschaft zur Verminderung der Gefährdung des Lebens und der Gesundheit ermessen (Tabelle 7.2). Dieser Ansatz ist umfassend und gibt die finanzielle Bewertung der Luftver-

schmutzung besser wieder als ältere Kostenschätzungen. Der Berechnungsansatz in einer früheren Studie⁷ führte aufgrund des gewählten «Minimalansatzes» zu einer etwa halb so hohen Kostenschätzung der externen Gesundheitskosten.

| Gesundheitsschäden | zusätzliche Fälle aufgrund der gesamten Luftbelastung | zusätzliche Fälle aufgrund der Luftbelastung durch den Strassenverkehr |
|---|---|--|
| Sterblichkeit (Erwachsene ≥ 30 Jahre) | 4 800 Mio. Franken | 2 500 Mio. Franken |
| Hospitalisation wegen Atemwegssymptomen | 17 Mio. Franken | 9 Mio. Franken |
| Hospitalisation wegen Herzbeschwerden | 37 Mio. Franken | 20 Mio. Franken |
| Chronische Bronchitis (Erwachsene ≥ 25 Jahre) | 1 400 Mio. Franken | 750 Mio. Franken |
| Bronchitis (Kinder < 15 Jahre) | 10 Mio. Franken | 5 Mio. Franken |
| Aktivitätseinschränkung (Erwachsene ≥ 20 Jahre) | 420 Mio. Franken | 220 Mio. Franken |
| Asthma: Asthmaattacken (Kinder < 15 Jahre) | 1 Mio. Franken | 0,6 Mio. Franken |
| Asthma: Asthmaattacken (Erwachsene ≥ 15 Jahre) | 3 Mio. Franken | 1,6 Mio. Franken |
| Gesamte Gesundheitskosten | 6 688 Mio. Franken | 3 506 Mio. Franken |

Tabelle 7.2: Externe Gesundheitskosten durch die Luftverschmutzung in der Schweiz pro Jahr (Stand 1996). Bestimmt aufgrund der PM10-Belastung für die schweizerische Bevölkerung.

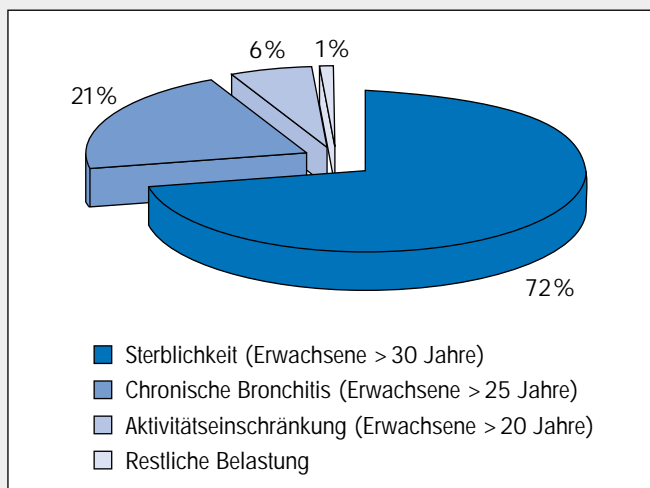


Abbildung 7.1: Prozentuale Aufteilung der externen Gesundheitskosten durch die verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz (1996). Bestimmt aufgrund der PM10-Belastung für die schweizerische Bevölkerung.

Schlussfolgerung:

Die Zahl der jährlichen 1 800 vorzeitigen Todesfälle, bedingt durch die Luftverschmutzung aus dem Strassenverkehr, erscheint gegenüber den gesamtschweizerischen Todesfällen mit 3 Prozent verhältnismässig tief. Es handelt sich aber doch um die dreifache Todeszahl im Vergleich zu den direkten Opfern im Strassenverkehr. Die externen Kosten der vorzeitigen Todesfälle fallen mit 2 500 Mio. Fr. (72% Gesamtanteil) am stärksten ins Gewicht. Die wichtigsten Kosten für Gesundheitsschäden sind die chronische Bronchitis mit 750 Mio. Fr. (21% Gesamtanteil) und Arbeitsausfälle mit 220 Mio. Fr. (6% Gesamtanteil).

⁷ ECOPLAN (1996), Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Dienst für Gesamtverkehrsfragen, GVF-Auftrag Nr. 272, Bern

Anhang 1: Immissionsgrenzwerte

| Schadstoff | Immissionsgrenzwert | Statistische Definition |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| Schwefeldioxid (SO ₂) | 30 µg/m ³ | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| | 100 µg/m ³ | 95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³ |
| | 100 µg/m ³ | 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden |
| Stickstoffdioxid (NO ₂) | 30 µg/m ³ | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| | 100 µg/m ³ | 95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³ |
| | 80 µg/m ³ | 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden |
| Kohlenmonoxid (CO) | 8 mg/m ³ | 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden |
| Ozon (O ₃) | 100 µg/m ³ | 98 % der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m ³ |
| | 120 µg/m ³ | 1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden |
| Schwebestaub (PM10) | 20 µg/m ³ | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| | 50 µg/m ³ | 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden |
| Blei (Pb) im Schwebestaub (PM10) | 500 ng/m ³ | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Cadmium (Cd) im Schwebestaub (PM10) | 1,5 ng/m ³ | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Staubniederschlag insgesamt | 200 mg/m ² x Tag | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Blei (Pb) im Staubniederschlag | 100 µg/m ² x Tag | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Cadmium (Cd) im Staubniederschlag | 2 µg/m ² x Tag | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Zink (Zn) im Staubniederschlag | 400 µg/m ² x Tag | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |
| Thallium (Tl) im Staubniederschlag | 2 µg/m ² x Tag | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) |

Hinweis:

mg = Milligramm = 0,001 g = 10⁻⁶ kg

µg = Mikrogramm = 0,001 mg = 0,000001 g = 10⁻⁹ kg

ng = Nanogramm = 0,001 µg = 0,000001 mg = 10⁻⁹ g = 10⁻¹² kg

Anhang 2: Standorte der kontinuierlichen Messstationen 1999

| Messstandort | Abk. | Standorttyp | Nähere Beschreibung |
|---------------------------------------|------|---------------|--|
| Suhr Distelmatte (Referenzstation) | RE | Agglomeration | Koordinaten: 647.240 / 246.400 Höhe m ü. M.: 405 Besiedlung: ausserorts, offenes Landwirtschaftsgebiet Verkehrsexposition: 700 m nordw. Autobahn A1 Andere Emittenten: 1 km südw. Industriegebiet Messgrössen: SO ₂ , NO _x , NO ₂ , NO, O ₃ , Druck, Temperatur, Taupunkt, Wind, Globalstrahlung, Staub |
| Luftelektrische Station Aarau/Dach | LS_D | städtisch | Koordinaten: 646.280 / 249.380 Höhe m ü. M.: 417 Besiedlung: innerorts, Dach Alte Kanti (35 m ü. G.) Verkehrsexposition: nördl. Rchtg. 3-spurige Str. stadteinwärts Andere Emittenten: Umkreis von 1 km div. Industrien Messgrösse: O ₃ |
| Sisseln, Roche AG | SI | ländlich | Koordinaten: 640.280 / 266.250 Höhe m ü. M.: 306 Besiedlung: Rheinebene, nahe bei Roche AG Verkehrsexposition: 450 m nördl. Autobahn A3 Andere Emittenten: Industrie Messgrössen: SO ₂ , NO _x , NO ₂ , NO, O ₃ , Druck, Temperatur, rel. Feuchte, Wind, Staub |
| Baden | BA | städtisch | Koordinaten: 665.450 / 258.200 Höhe m ü. M.: 383 Besiedlung: innerorts Verkehrsexposition: stark, etwa 15 m zur Kreuzung Andere Emittenten: Gewerbe, Industrie Messgrössen: SO ₂ , NO _x , NO ₂ , NO, O ₃ |

Anhang 3: Resultate der NO₂-Passivsammlermessungen 1999

| Standort | Koordinaten (Höhe m ü. M.) | Mittelwerte in µg/m ³ | | Differenz 99 zu 98 |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------|-----------------------|
| | | 1998 | 1999 | |
| Küttingen | 645.730/251.925 (405) | 19 | 18 | -1 |
| Luftelektrische Station Aarau | 646.280/249.380 (382) | 31 | 30 | -1 |
| Kirchberg | 647.050/251.325 (400) | 22 | 21 | -1 |
| Suhr (Referenzstation) | 647.240/246.400 (405) | 24 | 23 | -1 |
| Rombach (Rombachtäli) | 645.450/250.225 (370) | 22 | 21 | -1 |
| Obersiggenthal (Pumpwerk) | 663.160/260.200 (374) | 24 | 23 | -1 |
| Baden (Schulhausplatz) | 665.450/258.200 (383) | 47 | 46 | -1 |
| Wettingen (Sportplatz Tägerhard) | 667.675/256.460 (405) | 31 | 31 | 0 |
| Rudolfstetten | 671.250/246.675 (490) | 20 | 20 | 0 |
| Widen | 669.450/246.525 (550) | 26 | 24 | -2 |
| Bremgarten | 668.375/244.825 (380) | 26 | 26 | 0 |
| Lieli | 672.725/243.850 (610) | 24 | 24 | 0 |
| Wohlen (Unterwerk AEW) | 662.125/245.425 (410) | 26 | 24 | -2 |
| Windisch (HTL) | 658.475/259.025 (360) | 38 | 41 | +3 |
| Gansingen (Gemeindehaus) | 652.375/266.075 (380) | 17 | 17 | 0 |
| Birrfeld | 659.500/255.125 (380) | 29 | 29 | 0 |
| Gallenkirch | 651.800/258.975 (570) | 18 | 18 | 0 |
| Bözberg | 653.250/259.175 (550) | 17 | 17 | 0 |
| Bözen | 648.550/260.925 (420) | 19 | 19 | 0 |
| Effingen (Station) | 649.760/258.825 (461) | 25 | 28 | +3 |
| Reinach | 656.175/234.375 (515) | 28 | 31 | +3 |
| Moosleerau (Gemeindehaus) | 647.325/235.375 (520) | 18 | 19 | +1 |
| Frick (Staffeleggstrasse) | 645.150/261.050 (360) | 28 | 28 | 0 |
| Kaisten (Messwagen) | 645.950/266.400 (320) | 20 | 19 | -1 |
| Sisseln (Roche AG) | 640.725/266.250 (305) | 27 | 27 | 0 |
| Eiken (Messwagen) | 642.025/264.675 (310) | 28 | 28 | 0 |
| Brunegg | 658.625/251.950 (420) | 29 | 27 | -2 |
| Lenzburg (Gewerbeschule) | 656.875/249.200 (430) | 41 | 39 | -2 |
| Lenzburg (Seonerstrasse) | 655.650/248.425 (405) | 29 | 29 | 0 |
| Seengen | 658.875/240.850 (540) | 17 | 18 | +1 |
| Rottenschwil (Trafostation) | 669.960/241.025 (375) | 17 | 20 | +3 |
| Sins (Bahnhof) | 672.675/226.820 (406) | 28 | 31 | +3 |
| Wallbach (Messwagen) | 634.525/268.125 (310) | 23 | 23 | 0 |
| Schupfarterberg (Messwagen) | 639.975/263.725 (500) | 16 | 17 | +1 |
| Rheinfelden (Kurpark) | 627.025/267.300 (271) | 30 | 29 | -1 |
| Kaiseraugst | 621.325/265.475 (270) | 33 | 33 | 0 |
| Oftringen (Friedhof) | 637.180/239.900 (425) | 31 | 30 | -1 |
| Aarburg (Rathaus) | 634.800/241.325 (390) | 52 | 51 | -1 |
| Klingnau (Kirche) | 661.050/270.325 (330) | 23 | 24 | +1 |
| Rietheim (Pumpwerk) | 663.530/272.800 (315) | 17 | 17 | 0 |
| Staffelegg (Horen) | 646.700/251.820 (413) | 19 | 19 | 0 |
| Aarau Graben | 645.780/249.180 (385) | 48 | 47 | -1 |
| Aarau Kunsthaus | 645.770/249.000 (385) | 37 | 37 | 0 |

= im Bereich des Grenzwerts

= Grenzwert eindeutig überschritten

Anhang 4: Glossar

| | |
|------------------------------------|--|
| Alveole | Alveolen sind Lungenbläschen mit einem Durchmesser von ungefähr 0,2 mm. Der Gasaustausch findet an der Oberfläche der Lungenbläschen statt. |
| Alveolar-Makrophagen | sind spezielle Makrophagen in den Alveolen. Makrophagen sind Fresszellen, die bei einer Entzündung aktiv entstehen. Sie umhüllen Fremdkörper und nehmen sie zur Entfernung auf (Phagozytose). |
| AOT40 | AOT40 (Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb) ist ein Mass für die Ozondosis, die von der Pflanze über die Spaltöffnungszellen aufgenommen wird. Hierzu werden die Ozonwerte während der Wachstumsphase aufsummiert, die über einem Schwellenwert von 40 ppb liegen. Als massgebende Grösse erhält man eine kumulative Ozondosis in der Einheit ppb*h. Für Weizen werden die über dem Schwellenwert liegenden Ozonstunden von Mai bis Juli und zwar zwischen 07.00 Uhr und 21.00 Uhr aufsummiert. Bei einem AOT40-Wert von 5 300 ppb*h beträgt der Ernteausfall rund 10%. Bei Waldbäumen wird der AOT40-Wert aus sämtlichen Tagesstunden während der Monate April bis September berücksichtigt. Der Ernteausfall von 10 % liegt hier bei einem AOT40-Wert von 10'000 ppb*h. |
| Bergerhoff | Messverfahren für die Bestimmung des Staubniederschlages. Monatlich wird ein normierter Becher ins Freie gestellt und nach Ablauf der Expositionszeit im Labor analysiert. Der staubgebundene Schwermetallanteil wird quartalsweise analysiert. |
| Emissionen | Der Austritt der Luftverunreinigungen aus einer bestimmten Quelle wird als Emission bezeichnet. |
| Flimmerepithel | Die Auskleidung von Hohlräumen mit spezialisierten Zellen. Die Zellwandung ist besetzt mit Zilien (oder Härchen), die durch rhythmische Bewegungen Inhaltsstoffe fortbewegen können. |
| Immissionen | Die Einwirkung auf den Menschen und seine natürliche Umwelt wird als Immission bezeichnet. Die Immission kann oft weit entfernt von der Emissionsquelle auftreten. |
| Perzentil | Ein statistisches Mass. Das 98-Perzentil bezeichnet jenen Wert, der nur von 2 Prozent aller Werte eines Zeitraums überschritten wird; das 95-Perzentil bezeichnet den Wert, der von 5 Prozent aller Werte überschritten wird. |
| PM10 | Particulate Matter 10 µm sind Staubteilchen, die einen Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer haben, d. h. kleiner als ein Hundertstel Millimeter sind. Diese feinen Staubteilchen gelangen beim Einatmen bis in die Bronchien und tiefer. PM10 ist zurzeit das am besten geeignete Mass zur Erfassung des gesundheitlichen Risikos der Luftverschmutzung in der Schweiz. |
| ppm | parts per million: Teilchen pro Million Beispiel: 16 ppm = 16 Schadstoffmoleküle pro Million (10 ⁶) Gasmoleküle |
| ppb | parts per billion: Teilchen pro Milliarde |
| Stickoxide (NO_x) | NO _x ist die Summe aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO ₂). Stickoxide sind die Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung und tragen – durch Umwandlung in Nitrat – zur Bildung von Säuren und Schwebstaubpartikeln bei. |
| µg (Mikrogramm) | 1 µg = 0,001 mg = 0,000001 g = 10 ⁻⁹ kg |