

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 112 (1961)
Heft: 10-11

Artikel: Die hygienische Bedeutung des Waldes für die Volksgesundheit
Autor: Bättig, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767510>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die hygienische Bedeutung des Waldes für die Volksgesundheit¹

Von K. Bättig, Zürich

Oxf. 907.4

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH

Gemäß der Definition der Weltgesundheitsorganisation sehen wir in der Gesundheit einen Zustand des «körperlichen und seelischen Wohlbefindens». Der Zustand «körperlichen und seelischen Wohlbefindens» hängt von einer Großzahl von Faktoren ab. Er kann einerseits beeinträchtigt werden durch alle möglichen Krankheiten, die ihre Ursache im Alter, in Entzündungen und Verletzungen haben können. Diese Gruppe von Beeinträchtigungen der Gesundheit stellt das eigentliche Beschäftigungsfeld der klinischen Medizin und der Heilkunst des Arztes dar.

Eine andere Gruppe von Beeinträchtigungen der Gesundheit hat jedoch ihre Ursachen in ungünstigen und schlechten Umweltsbedingungen, die eine direkte Folge der Technisierung unseres Zeitalters sind. Wo solche Faktoren die Gesundheit beeinträchtigen, entsteht für die Organe der öffentlichen Gesundheit die Pflicht, nach Ursachen und Hintergründen zu forschen, um so Mittel und Wege zu einer sinngemäßen Vorbeugung zu finden.

Wir alle wissen, daß das Leben einer modernen Industriegroßsiedlung, oder das Leben in einer Großsiedlung überhaupt, mannigfache Gefahren und Belästigungen mit sich bringt. Es liegt nahe, daran zu denken, daß all diese Gefahren und Belästigungen sich mildern ließen durch Auflockerungen der Großsiedlungen mit Grün- und Waldgürteln oder -zonen. Vor allem von drei Gefährdungen der technisierten Großsiedlung könnte man annehmen, daß sie durch Waldzonen gemildert werden könnten:

1. Die Verunreinigung der Luft durch Rauch und Gase der Industrie, des Verkehrs und der Heizung.
2. Der Lärm.
3. Die mangelnden Gelegenheiten zu genügender körperlicher Betätigung.

Vorerst sollen deshalb die Auswirkungen der aufgezählten Nachteile der Technisierung dargelegt werden, während erst im Schlußteil dieses Aufsatzes darauf eingegangen werden soll, ob, inwiefern und in welchem Ausmaß der Wald eventuell einen günstigen Einfluß haben könnte.

¹ Vortrag, gehalten an der Jahresversammlung des Schweizerischen Forstvereins 1961.

1. Die Luftverunreinigung

Ausmaß: Die Verunreinigung der Luft ist kein neues Problem unseres Jahrhunderts. Neu ist nur das Ausmaß. Schon aus dem Jahre 1327 haben wir einen Bericht, daß nach dem Brande von München die übelriechenden und lärmenden Gewerbe in eigenen Gassen zusammengefaßt wurden, nämlich in der Färber- und Lederer- und der Schächflergasse.

Die modernen Schätzungen über das quantitative Ausmaß der Verunreinigung der Luft sprechen von Mengen, die zum Teil beinahe unglaublich anmuten. So hat man ausgerechnet, daß auf die Bundesrepublik Deutschland im Jahre rund eine Million Tonnen von Ruß- und Staubteilchen niedergeht (1). Eine Berechnung ähnlicher Art für die Stadt Los Angeles führt eine Niederschlagsmenge von zirka 1600 Tonnen pro Tag an (2).

Quellen: Die Verunreinigung der Luft stammt größtenteils aus Verbrennungsprozessen, bei denen Kohle und Öl sowie Zwischenprodukte dieser Stoffe entweder als Energielieferanten benützt werden oder als Ausgangsprodukte zur Herstellung anderer Stoffe. Innerhalb der Industrie sind es daher vor allem die chemischen Betriebe, die Stahlbetriebe, die eisenverarbeitende Industrie und die thermischen Elektrizitätswerke, deren Schlote und Kamine die riesigen Mengen von Staub, Ruß und Gasen auswerfen. Dazu gesellt sich der Beitrag verschiedener Verkehrsmittel wie der Dampfeisenbahnen und der Motorfahrzeuge. Ein letzter, aber sehr wahrscheinlich ebenso großer Beitrag stammt aus den Heizungen der privaten Haushalte. Neben Verbrennungsprozessen tragen auch mechanische Abnützungen durch Reibung zur Luftverunreinigung bei. Die Mengen Staub, die aus zerriebenem Asphalt, zerriebenem Gummi von Autopneus und von Bremsklötzen der Eisenbahnen stammen, sind recht erheblich und können in diesem Zusammenhang nicht übergangen werden. Man hat zum Beispiel errechnet, daß allein in München jährlich von den Automobilen beim Anfahren, Beschleunigen und Bremsen rund 7000 Tonnen Gummi in die Luft gewirbelt werden (3).

Der Anteil von Industrie, Verkehr und Haushalt am Gesamtausmaß der Luftverunreinigung variiert stark je nach den örtlichen Bedingungen. Für Großbritannien hat man gute Gründe zur Annahme, daß rund die Hälfte des Rauches von den Eisenbahnen und den Industrien herkommen (4). Für Los Angeles ließ sich dagegen berechnen, daß rund 50 Prozent aus dem motorisierten Verkehr stammen, während Haushalt und Industrie nur je zirka 25 Prozent ausmachen (2). Für Wohnquartiere kam Cholak (5) zu der Ansicht, daß der Anteil der Haushaltungen an der Verunreinigung der Luft ungefähr 30 Prozent betrage.

Zusammensetzung: Die Abgase der Industrie enthalten je nach ihrer Art die verschiedensten Bestandteile, so daß es schwierig ist, gültige Aussagen zu machen. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über verschiedene Anteile an der Luftverunreinigung, wie man sie in amerikanischen Städten gefunden hat.

Tabelle 1

Konzentration von Luftverunreinigungen in einigen amerikanischen Städten

Stoffe	Durchschnittswerte
CO ₂	< 0,04 ppm
NO	5 bis 10 ppm
NO ₂	0,1 bis 0,23 ppm
Aldehyde	0,04 bis 0,18 ppm
SO ₂	0,06 bis 0,25 ppm
Chloride	0,02 bis 0,037 ppm
Ammonium und seine Salze	0,018 bis 0,04 ppm
Fluoride	0,003 bis 0,018 ppm
Flugstaub (< 2 μ)	0,26 bis 0,87 mg/m ³
Al	4,0 bis 8,6 γ /m ³
Fe	4,4 bis 15,1 γ /m ³
Pb	0,6 bis 4,5 γ /m ³

ppm = parts per million = cm³/m³ γ = 10⁻⁶ g = millionstel g

Wie man aus der Tabelle sehen kann, sind Kohlenmonoxyd und Stickstoffoxyd die einzigen Anteile, die nur in gasförmigem Zustand auftreten können. Aldehyde, Schwefeldioxyd, Ammonium, Chlor können ebenso gut in Salzform vorkommen. Eine große Bedeutung kommt unter diesen Stoffen dem *Schwefeldioxyd* zu. Dieser Stoff kommt als Endprodukt beinahe aller Verbrennungsprozesse vor und kann deshalb als Indikator der Gesamtverschmutzung einer Atmosphäre verwendet werden. Das *Kohlenmonoxyd* hat eine besondere Bedeutung, da es in den Automobilabgasen in sehr hoher Konzentration vorkommt (zirka 6 bis 7 Prozent). Obschon der Stoff sich rasch verflüchtigt, können doch auf stark befahrenen Plätzen und Straßen der Stadt Kohlenmonoxyd-Konzentrationen entstehen, die nicht mehr vernachlässigt werden können, wie zum Beispiel Bäuml er und Müller (6) kürzlich für die Stadt Basel nachgewiesen haben.

In bezug auf staubförmige Bestandteile der Luftverunreinigung gibt die Tabelle 1 einen Hinweis auf die verschiedenen Metalle. Neben den angegebenen findet man aber in der Luft der Industriegebiete fast alle anderen möglichen Metalle sowie große Mengen organischen Materials neben an-

organischen Verbindungen wie Karbonaten, Sulfaten, Phosphaten usw. Beim Staub ist die Größe der einzelnen Partikel von ausschlaggebender Bedeutung. Teilchen von über $2\ \mu$ Durchmesser werden zum größten Teil von der Nasen- und Rachenschleimhaut abgefiltert und gelangen nicht in die Lunge. Teilchen von einer Größe zwischen $0,2$ und $2\ \mu$ gelangen dagegen in die Endbläschen der Lunge, werden dort aufgenommen und in die nächstgelegenen Lymphknoten abtransportiert. Noch kleinere Teilchen werden dagegen zum größten Teil wieder ausgeatmet. Eine reine Landluft enthält bedeutend weniger Staub, als wir gemäß der Tabelle 1 für die amerikanischen Städte annehmen können. Auf dem Lande finden wir Mittelwerte von nur $0,1$ bis $0,2\ \text{mg/m}^3$ Luft.

Neben den Stoffen, die in der Tabelle 1 aufgeführt sind, enthält die Luft über modernen Großsiedlungen noch eine Unzahl anderer Stoffe, die zum Teil erst seit kurzem nachgewiesen worden sind. Dazu gehören unter anderem viele organische Verbindungen aliphatischer und aromatischer Art. Es sei nur erwähnt, daß zum Beispiel in den Auspuffgasen der Automobile der bekannte krebserzeugende Stoff 3,4 Benzpyren nachgewiesen worden ist (7, 8).

Akute Wirkungen der Luftverunreinigung: Zu akuten Wirkungen kam es in mehreren Fällen, wenn in stagnierender Luft größere Mengen der Verunreinigungen sich ansammelten. In der Regel bestand der Vorgang darin, daß kalte Luftmassen unter wärmeren Luftmassen für mehrere Tage abgeschlossen wurden. Es kam dabei infolge des geringeren Drucks der kälteren Luftmassen zur Kondensation des vorhandenen Wasserdampfes an den in unreiner Luft in Form von Staub reichlich vorhandenen Kondensationskernen. So entsteht ein dichter Nebel, wie er sehr oft in London und Los Angeles gesehen werden kann; eine Mischung von Dunst, Rauch und Nebel, die «smog» genannt wird. Diese treffende Wortschöpfung entstand aus der Kombination der Wörter «smoke» und «fog». Eine spezielle Gefahr des «smog» besteht darin, daß viele der staubförmigen anorganischen und organischen Bestandteile der Luftverunreinigung in den Nebeltröpfchen gelöst werden, da sie wasserlöslich sind. Auf diese Art gelangt giftiges Material um so leichter mit der Atemluft in das Lungengewebe hinein.

Von den verschiedenen «Nebelkatastrophen», die sich in der Neuzeit ereigneten, sind jene von Donora (USA) im Jahre 1948 und von London im Jahre 1952 allgemein bekannt geworden.

Das Städtchen Donora besitzt Hochöfen und andere Betriebe der metallurgischen Industrie. Es hat nur 14 000 Einwohner und liegt eingebettet in einem engen tiefen Talkessel. Im Jahre 1948 kam es zu einer eigentlichen Katastrophe, indem spezielle klimatische Verhältnisse zu einer Nebelbildung führten, die äußerst stark war und für annähernd eine Woche bestehen blieb. In diesem Zeitraum erkrankte beinahe die Hälfte der Bevölkerung an leichten Affekten der Atmungsorgane, während rund 10 Prozent der Bevölkerung ernsthaft krank und bettlägerig wurde sowie 20 Personen starben. Bei den

Todesfällen fand man bei der Autopsie vor allem akute pathologische Veränderungen der Lungen und Atemwege.

Eine ähnliche Katastrophe ereignete sich im Jahre 1952 in London. Die Abbildung 1 zeigt eine graphische Darstellung des Verlaufs der Luftverun-

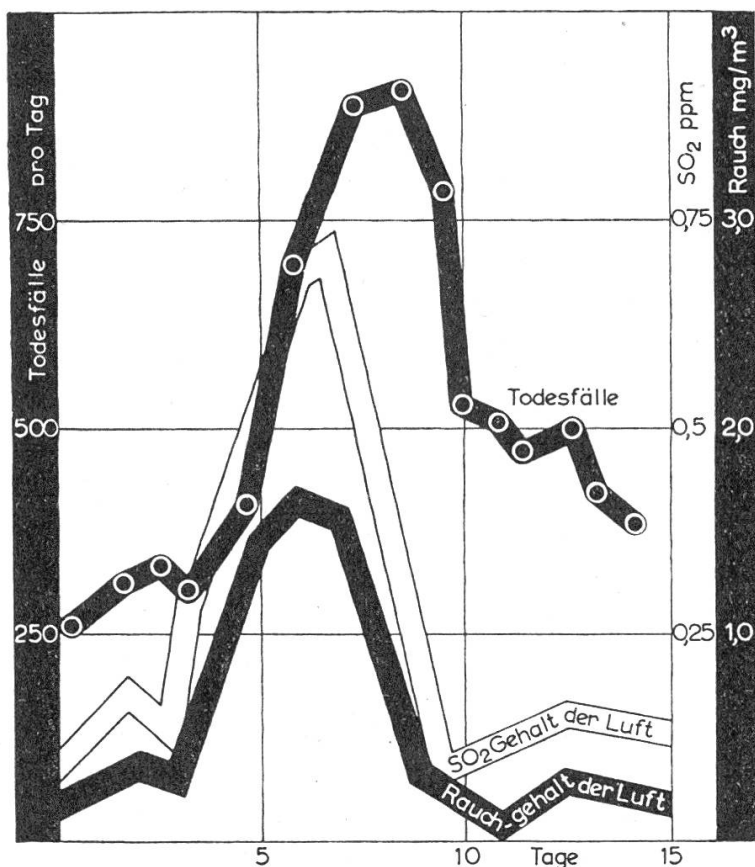


Abb. 1

Die Nebelkatastrophe in London im Dezember 1952, während welcher die Mortalität nahezu parallel mit den Verunreinigungen der Außenluft verlief.

reinigung sowie der Sterblichkeitsziffern. Auffallend an dieser Darstellung ist, wie gleichzeitig mit der größeren Luftverunreinigung sofort auch eine erhöhte Sterblichkeit einsetzt. Die Werte steigen in der Folge annähernd parallel an. Nach Ende des Nebels bleiben die erhöhten Todesziffern noch fast eine ganze Woche über dem Mittel normaler Tage. Ferner zeigt die Darstellung, daß der SO₂-Wert der Luft während der ganzen Katastrophenwoche den als maximal tolerierbaren Wert von 1 ppm nie erreichte. Es ergibt sich also ein erneuter Hinweis dafür, daß die gesundheitsschädliche Wirkung der Luftverunreinigung sich aus den Wirkungen der einzelnen Anteile der Verunreinigungen addiert.

Chronische Wirkung der Luftverunreinigung: Im Hinblick auf die geschilderten Nebelkatastrophen hat man sich gefragt, ob der Einfluß chronischer Luftverunreinigung in einer entsprechenden Veränderung der Krankheitsursachen- und der Todesursachenstatistik zum Ausdruck kommen

könnte. Das englische Komitee für Luftverunreinigungen veröffentlichte eine Statistik über die Häufigkeit von Affektionen der Atmungswege als Todesursache. Die Tabelle 2 gibt die hauptsächlichsten Ergebnisse der Erhebungen wieder.

Tabelle 2
Lungenaffektionen bei verschiedener Siedlungsdichte in England

Todesursache	Städte mit Bevölkerungen von:			
	100 000 und mehr	50 000 bis 100 000	weniger als 50 000	Landbezirke
Lungenentzündungen	47,90	39,22	35,75	31,55
Bronchitiden	61,56	53,82	48,77	36,94
Andere Erkrankungen der Atmungsorgane	11,19	9,71	10,60	9,66
Total	120,65	102,75	95,12	78,15

Diese Zahlen zeigen eindrucklich, wie die Affektionen der Atmungswege um so häufiger zur Todesursache wurden, je städtischer das Milieu war. Ähnliche Befunde ergaben auch eine große Anzahl anderer wissenschaftlicher epidemiologischer Arbeiten über die Mortalität und Morbidität (Sterblichkeit und Krankheitsanfälligkeit) in industriellen Gebieten. Es steht damit außer Zweifel, daß die chronische Einatmung einer unreinen Stadt- und Industrieluft zu erhöhter Krankheitsanfälligkeit führt, ohne daß regelrechte Katastrophen auftreten müssen.

Bereits oben haben wir erwähnt, daß in letzter Zeit auch krebserregende Substanzen als Bestandteile der industriellen Luftverunreinigung und der Automobilgase nachgewiesen wurden. Man untersuchte daher in den letzten Jahren eingehend, ob Lungenkrebs eventuell in Siedlungsgebieten mit verstärkter Luftverunreinigung häufiger anzutreffen sei, als in Landgebieten. Man stellte dabei in erster Linie fest, daß man von Stadt- zu Landverhältnissen nur die Nichtraucher vergleichen darf, da das Rauchen von Zigaretten offenbar die weitaus größte Ursache des Lungenkrebses darstellt. Unter Berücksichtigung dieses Punktes wies der englische Gesundheitsdienst nach, daß Lungenkrebs in Städten häufiger ist, als auf dem Lande (9), während amerikanische Autoren nachweisen, daß besonders das Einatmen von Benzin- und Öldämpfen zu erhöhtem Lungenkrebsrisiko führt (10).

Alle diese Tatsachen über die Wirkung der Luftverunreinigung zeigen, daß es sich um ein ernsthaftes Problem handelt. Die Luftverunreinigung durch Industrie, Verkehr und Haushalte stellt nicht nur eine Belästigung infolge des schlechten Geruches und der oft behinderten Sicht dar, sie führt zu vermehrten Entzündungen und Krebsgeschwülsten der Atmungsorgane.

2. Der Lärm

Quellen: Der Lärm ist wie die Luftverunreinigung eine direkte Folge der zunehmenden Technisierung. Die stärksten Quellen sind die motorisierten Verkehrsmittel, unter denen wahrscheinlich die größten, nämlich die Düsenflugzeuge, sowie die kleinsten, die Mopeds, den größten Beitrag leisten. Neben den Verkehrsmitteln seien auch Radio und Fernsehen nicht unerwähnt.

Die Wirkung des Lärms auf das vegetative Nervensystem: Der menschliche Organismus pendelt in stetigem Rhythmus hin und her zwischen Leistung und Erholung. Die Bereitstellung aller inneren Organe zur Leistung wird vom «ergotropen» (= zu Arbeit führenden) Anteil des vegetativen Nervensystems gesteuert, während der «trophotrope» (= zu Erholung führende) Teil des vegetativen Nervensystems entsprechend die Umstellung zu Ruhe und Erholung herbeiführt. Dieser Wechsel von Ergotropie zu Trophotropie geschieht normalerweise im langsamen Wechsel von Arbeits- zu Schlafphase, von Essenaufnahme zu Verdauung usw. Jedoch kommt es durch plötzliche Reizung des Organismus durch irgendwelche nicht vorhergesehene Ereignisse zu plötzlicher Umstimmung zur Leistung und Leistungsbereitschaft. Auf diese Weise wirken zum Beispiel auch plötzliche starke Geräusche und Lärm. Der Organismus beantwortet sie mit Blutdruckanstieg, Verengung der peripheren Gefäße, Veränderung der Atmungs- und Herzfrequenz, Drosselung aller mit Verdauung verbundenen Tätigkeiten und mit äußerer Aufmerksamkeit und Gespanntheit. Lärm und Geräusche haben demnach physiologisch die Bedeutung von spezifischen Signalen zu Flucht, Abwehr und Kampf. Diese physiologische Umstellung auf Leistung wurde im Tierversuch von verschiedenen Forschern an den Einzelorganen und funktionellen Systemen gemessen. Über das Geschehen beim Menschen vermittelt eine Untersuchung von Oppliger und Grandjean (11) einen eindrucklichen Hinweis. Die dargestellten Kurven der Abbildung 2 geben Verkleinerungen

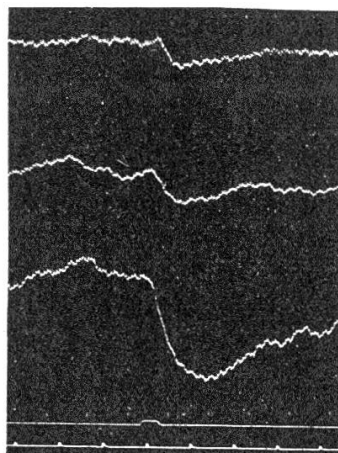


Abb. 2

Drei Registrierungen des Handvolumens einer Versuchsperson bei drei verschiedenen starken Lärmreizen. Die vasomotorischen Reaktionen nehmen mit der Lärmintensität zu und überdauern den Lärmreiz. (Nach Oppliger und Grandjean)

des Volumens der Hand als Reaktion auf experimentelle Lärmreize wieder. Von diesen Volumenänderungen konnte nachgewiesen werden, daß sie auf Änderungen in der Weite der Arterien und Arteriolen der Hand beruhen. Wie die Kurven zeigen, ist die Volumenverminderung der Hand um so größer, je größer der Lärm war.

Wirkung des Lärms auf den Schlaf: Eine normale Aufeinanderfolge von Tagesarbeit und Nachtruhe ist einer der fundamentalsten und unerläßlichsten Lebensprozesse. Dieser Schlaf wird durch den heutigen Lärm immer mehr gestört. Die Abbildung 3 zeigt aus einer Untersuchung von Steinicke

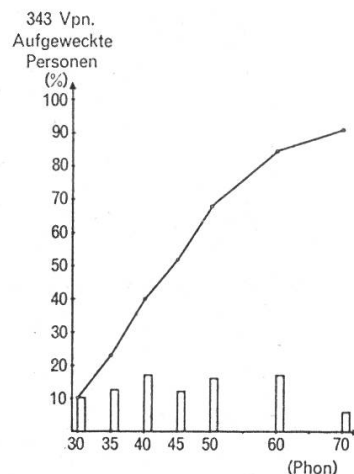


Abb. 3

Schwellenwerte der Weckwirkung des Lärms. (Nach Steinicke)

(12) die Beziehung zwischen Lärmstärke und Weckwirkung. Wie man sieht, waren bei einer Lärmstärke von zirka 45 Phon rund die Hälfte aller 343 beobachteten Versuchspersonen aufgeweckt. Auf Grund dieser Tatsachen hat man gefordert, daß Geräuscheinflüsse in Schlafzimmern während der Nachtruhezeit Werte von 35 Phon, bzw. von zirka 25 bis 35 Phon nicht überschritten werden sollten.

Wirkungen des Lärms auf die Arbeitsfähigkeit: Eine Reihe von Autoren untersuchten die Wirkung des Lärms auf die Arbeitsfähigkeit. Sie berichten dabei fast ausnahmslos über eine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit. Laird (13) untersuchte den Einfluß von Lärm auf eine repetitive Geschicklichkeitsaufgabe. Er fand, daß die Leistung schon von ungefähr 50 db an stark abnimmt. Interessant ist ferner, daß bei geringem Lärm die Leistung als normale Folge der Ermüdung nach 4 Stunden schlechter wird. Bei starkem Lärm sind dagegen die Verhältnisse gerade umgekehrt. Zu Beginn des Testes ist die Leistung besonders schlecht und wird dann nach 4 Stunden offenbar als Folge der Angewöhnung besser. Ein ähnliches Bild ergaben Experimente, in denen die körperliche Leistungsfähigkeit gemessen wurde. Die Abbildung 4

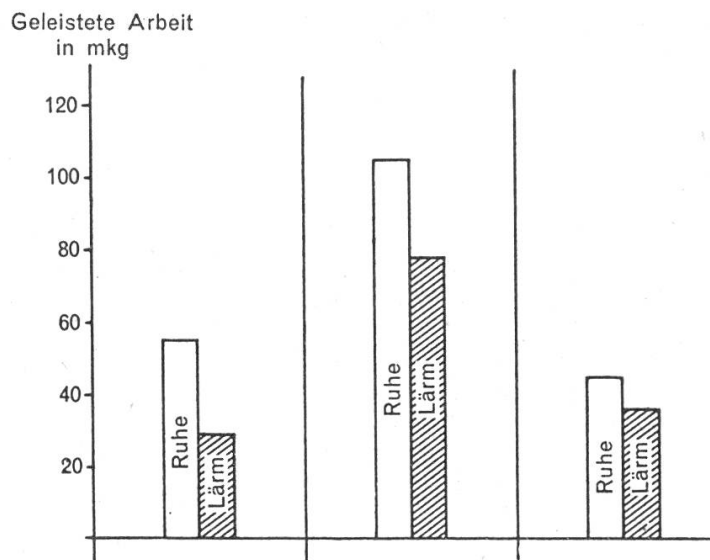


Abb. 4

Wirkung von Lärm auf die körperliche Leistungsfähigkeit von drei Versuchspersonen. (Nach K a r r a s c h)

zeigt das Ergebnis eines solchen Versuches von K a r r a s c h (14). Die im Versuch benützte Lärmbelastung von 105 Phon während der ganzen gemessenen Arbeitsdauer ergab bei allen drei Versuchspersonen eine eindruckliche Verschlechterung der Leistung. Aus der ganzen Literatur über diese und ähnliche Versuche kommt man zum Schluß, daß normaler, ruhiger Schlaf und Erholung nur möglich sind bei weniger als 30 db, daß bei geistiger Arbeit der Lärm 60 db nicht übersteigen sollte, während von zirka 90 db weg auch die körperliche Arbeitsleistung kleiner wird. Wenn wir uns Rechenschaft geben, daß volle 30 m entfernt von einer mittelmäßig befahrenen Straße (zirka zehn Fahrzeuge pro Minute) immer noch ein Lärm von zirka 60 db herrscht, wird man sich bewußt, wie schlecht die Verhältnisse tatsächlich vielerorts in unseren Siedlungen und Städten geworden sind. Aus diesen Befunden über den Lärm läßt sich schließen, daß die Auswirkungen auf das vegetative Nervensystem, auf die Psychomotorik (Denken, Aufmerksamkeit, Geschicklichkeit usw.), den Schlaf und die allgemeine Leistungsfähigkeit das Bild bestimmen. Durch die Beeinträchtigung des Schlafes und die Störung des vegetativen Gleichgewichtes kann der Lärm zu einer eigentlichen Ursache gestörter Gesundheit und gestörten Wohlbefindens werden.

3. Die mangelnde körperliche Betätigung

Ursachen: In gleichem Maße, wie der Lebensstandard zugenommen hat, hat bei allen zivilisierten Völkern die rein körperliche Schwerarbeit abgenommen. Der Grund dafür liegt darin, daß jede Art Energie, die der Mensch benötigt, sei es in der Produktion oder zur Fortbewegung, billiger und ökonomischer auf maschinelle Weise aufgebracht wird als durch unsere Muskeln. Deshalb ist der Handarbeiter in beinahe allen Sparten der Schwerarbeit mehr

und mehr verschwunden, und an seiner Stelle beherrschen Maschinen die Bauplätze, Bergwerke, die Schwerindustrie usw.

Wirkung: Seit längerer Zeit vermutete man, die ungeheure Zunahme der Herzinfarkte in den letzten Jahrzehnten stehe mit der mangelnden körperlichen Tätigkeit in Zusammenhang. Mehr und mehr wissenschaftliche und epidemiologische Untersuchungen haben diese Annahme wahrscheinlich gemacht. Erwähnt sei hier nur eine sehr eindruckliche und aufschlußreiche Studie von Morgan (15), der das Personal der Londoner Omnibusbetriebe untersuchte. Der Vergleich zwischen den Schaffnern und den Chauffeuren ergab bemerkenswerte Unterschiede. Schaffner und Chauffeure hatten etwa den gleichen Lohn, die gleiche Arbeitszeit und die gleiche Atemluft. Der Unterschied lag vor allem darin, daß die Chauffeure während der ganzen Arbeitszeit sitzen, während die Schaffner ständig im Wagen hin und her gehen und dazu noch unzählige Male in den zweistöckigen Bussen zwischen Unter- und Oberdeck hinauf- und hinabsteigen mußten. Diese Schaffner erkrankten weit seltener an Herzinfarkt als die Chauffeure, und der Autor begründete den Befund mit der Annahme, daß körperliche Arbeit einen Schutzfaktor gegen Herzinfarkte darstelle. Aus klinischen Untersuchungen weiß man heute auch, daß Personen mit einem erhöhten Cholesteringehalt des Blutes gegen Herzinfarkte anfälliger sind. Karvonen (16) ging besonders diesem Umstand nach und untersuchte den Cholesterinstoffwechsel bei schwerarbeitenden finnischen Waldarbeitern und Skilangläufern, die ebenfalls seltener an Herzinfarkten erkrankten als andere Bevölkerungsgruppen. Einige wesentliche und besonders aufschlußreiche Punkte dieser Untersuchung finden sich in der Tabelle 3, die der Arbeit Karvonens entnommen ist.

Tabelle 3

Menge und Zusammensetzung der Nahrung und Serumcholesterinwert. Vergleiche zwischen Waldarbeitern und der übrigen Bevölkerung in Ostfinnland.

	Waldarbeiter	Übrige Bevölkerung
Energiegehalt der Nahrung in kcal	4763	2732
Anteile der Fette in g	237	105
Prozentualer Anteil an den Gesamtkalorien:		
Fette total	44,7	34,3
Gesättigte Fettsäuren	23,5	18,2
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	3,1	2,6
Serumcholesterin in mg %	238,5	269,6

Die Zahlen der Tabelle 3 zeigen in eindrucklicher Weise, daß die schwerarbeitenden Waldarbeiter bedeutend mehr Kalorien zu sich nehmen. Sie konsumieren ebenfalls mehr Fett als die übrige Bevölkerung. Trotzdem ist der Serumcholesterinwert dieser Arbeiter sogar niedriger als jener der Kontrollbevölkerung. Daraus kann man schließen, daß schwere Arbeit vor der Hypercholesterinämie (= zu hoher Gehalt des Blutes an Cholesterin) und vor Fettsucht schützt, die beide als Hauptfaktoren für die Entstehung des Herzinfarktes anzusehen sind.

4. Die Wirkung des Waldes

Luftverunreinigung: Die Äste, Blätter, Nadeln und Haare der Vegetation des Waldes und der Grünanlagen vermögen sehr große Mengen an Staub- und Rußpartikeln wegzufiltrieren. Diese Wirkung kann man selber leicht feststellen bei einem sommerlichen Spaziergang entlang einer belaglosen Waldstraße. Die Randbüsche entlang der Straße sind üblicherweise mit einer dichten Staubschicht überpudert, während wenige Schritte tiefer der Staub kaum noch wahrgenommen wird. Meldau (15) hat errechnet, daß Fichten pro ha zirka 30 t, Kiefern zirka 35 t, Buchen zirka 68 t Staub festhalten können. Röttschke (16) maß in der Luft über einem Industrieort zirka 9000 Staubteile pro 1 Liter Luft, während er im anschließenden offenen Feld fast 4000, im Wald nur zirka 2000 und jenseits des Waldes wieder etwa 3000 bis 4000 Staubteile fand.

Aus all diesen Angaben ist zu entnehmen, daß schon ein schmaler bewachsener Gürtel relativ wirksam sein kann. Die Wirkung von Hecken und von kompaktem Wald ist verschieden, wie man sich schon durch einen bloßen Augenschein überzeugen kann. Hecken werden von jedem Luftzug durchstrichen. Sie wirken wie ein Sieb, durch das der Wind hindurchgeht und an welchem der Staub liegen bleibt. Durch einen kompakten Wald kann dagegen der Wind nicht hindurchstreichen. Er wird vielmehr über die Baumwipfel hinweggleiten. Der Staub bleibt dann auf den Kronendächern liegen, die in extremen Verhältnissen wie überzuckert aussehen können, während wir auf dem Boden des Waldes kaum Staub wahrnehmen. Hecken wirken also ähnlich wie Siebe, die der schmutzigen Luft entgegengehalten werden, während kompakte Wälder wie Bürsten wirken, die den Wind von unten streichen. In beiden Fällen wird der angesammelte Staub beim nächsten größeren Regen wieder abgewaschen und gelangt so weitgehend schadlos in den Boden.

Als Illustration der geschilderten Verhältnisse eignet sich die folgende Abbildung 5, die aus einer unveröffentlichten eigenen Untersuchung stammt. Innerhalb eines Industriegeländes sehen wir recht hohe Mengen sedimentierten Staubes, die gegen 30 g/m^3 pro Monat erreichten. In einer Entfernung von einem Kilometer fanden wir auf offenem Feld zirka 6 g. Dieser Wert entspricht für ländliche Verhältnisse einer mittelmäßigen Verschmutzung. Da-

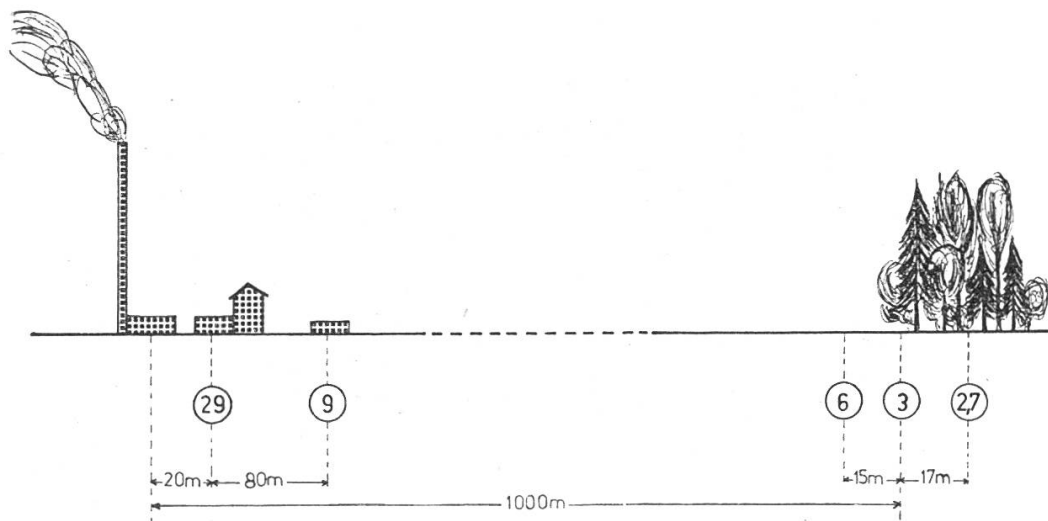


Abb. 5

Aufgefängene sedimentierte Staubmenge in $\text{g/m}^2/\text{Monat}$. Während der ganzen Meßperioden herrschte vorwiegend schönes Wetter. Die Rauchfahne gibt die vorherrschende Windrichtung wieder.

gegen fanden wir schon unter den ersten Randbüschen des Waldes in der gleichen Entfernung von der Verschmutzungsquelle eine so kleine Staubsedimentation, daß sie selbst für günstigste Verhältnisse als niedrig angesehen werden muß. Die Wirkung dieser Randbüsche des ausgesprochenen Mischwaldes war demnach so stark, daß wir auch einige Meter tiefer im Innern des Waldes keine besseren Werte mehr erwarten konnten, und in der Tat erhielten wir auch nur unwesentlich bessere Meßresultate.

Weniger sicher als auf den Staub ist die Wirkung des Waldes auf Gase. Vorerst weiß man, daß der Wald wie alle Vegetation CO_2 , das durch tierische Atmung und als Endprodukt von Verbrennungsprozessen in Industrie und Verkehr entsteht, aufnimmt und zu Kohlehydraten assimiliert.

Man hat geschätzt, daß die gesamte auf der Erde vorhandene Reserve an CO_2 von den Pflanzen in zirka 35 Jahren aufgebraucht würde, wenn sie von der tierischen Atmung und den Verbrennungsprozessen nicht laufend ergänzt würde. Eine spezifische Wirksamkeit des Waldes gegenüber eigentlichen Giftgasen, wie Fluor, Chlor, schweflige Säure und Schwefelsäure usw., darf man nicht annehmen. Die Pflanzen nehmen solche Stoffe zwar auf und entziehen sie somit der Atmosphäre, doch gehen sie innert oft kurzer Zeit selber an diesen Giften zugrunde. Wo sich daher die Frage stellt, Wald als Schutzeinrichtung gegen Abgase der Industrie zu verwenden, wird ein sinnvolles Resultat nur dann erreicht werden können, wenn einerseits die Gifteinwirkung auf die Pflanzen nicht übermäßig stark ist und wenn anderseits Bäume ausgewählt werden, die gegenüber den Giften eine relativ große Widerstandsfähigkeit haben. So sollen zum Beispiel Pappeln, Föhren, Weiden und Birken gegenüber Gasen weniger empfindlich sein als Nadelhölzer (17). Eventuell wird hier einmal die Zucht resistenter Pflanzen gelingen, wozu allerdings

zuvor noch wichtiges Grundlagenwissen über die allgemeine Toxikologie bei der Pflanze erworben werden muß.

Lärm: Der Wald hat zwar eine eindeutige schalldämpfende Wirkung, doch ist sie bei weitem nicht so stark und ausgeprägt wie die staubfilternde Wirkung. Die Schalldämpfung wird erst durch relativ breite Bewachungsgürtel erreicht und ist auch je nach der Frequenz der Geräusche mehr oder weniger wirksam. Die schallschluckende Wirkung des Waldes oder anderer Bewachungsformen wird in *db/m* angegeben, was soviel bedeutet wie Schallpegelsenkung in *db* pro Meter Wald- oder Heckenbreite. Die Schalldämpfung variiert stark je nach der Zusammensetzung eines Waldgürtels. Gemäß Angaben der Literatur beträgt sie bei dichtem Baumbestand, an dem der Schall parallel entlanggeht 0,01 bis 0,1 *db/m*, bei senkrecht durchgehendem Schall kann man bei gleicher Baumart mit 0,1 bis 0,4 *db/m* rechnen. Dichter hochstämmiger Jungwald schluckt im Durchschnitt zirka 0,16 *db* (18). Eingehende und detaillierte Angaben zu diesem Thema mit Bezug auf spezifisch schweizerische Verhältnisse finden wir in einer neuen Arbeit von W. Heß (18), die in diesem Heft publiziert ist.

Mangelnde Bewegung: Es dürfte kaum notwendig sein, weit ausschweifend zu erläutern, warum der Wald ein ideales Gelände darstellt für den ausgleichenden Sport und die Körperbetätigung. Wichtig zu diesem Zweck wäre sicher, daß der Wald nahe an den Siedlungszonen zu finden wäre, oder noch besser, daß er die Siedlungszonen durchsetzen würde, wie man dies in den Vororten finnischer Städte häufig ausgeprägt sieht. Nur so kann man erwarten, daß der Anreiz zu körperlicher Tätigkeit, auch wenn es bloß das Gehen und Spazieren ist, genügend groß wird. Es seien hier in Stichworten nur einige wenige Punkte aufgeführt, die den Wald zu einem idealen Sport- und Freizeitgelände machen. Die Temperaturverhältnisse in den Wäldern sind immer näher der Behaglichkeit als die Verhältnisse auf dem entsprechenden offenen Land. Im Sommer ist der Wald kühler, im Winter wärmer. Die beim Sport ausschlaggebende Thermoregulation wird deshalb im Wald weniger beansprucht als im Freien. Die reine Luft des Waldes stellt für die sonst beinahe dauernd verschiedenen Reizstoffen ausgesetzten Atmungswege eine Erholung dar. Im Hochsommer ist die Helligkeit im Walde nie so grell als auf dem offenen Felde, was ebenso wie die vorwiegend grüne Farbe psychisch beruhigend wirkt. Der weiche Waldboden stellt für den Fuß eine weit physiologischere Gehunterlage dar als unsere vollkommen ebenen und harten Asphalt- und Betonstraßen.

Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Von allen Beeinträchtigungen der modernen, technisierten Zivilisation können durch den Wald in erster Linie die Luftverunreinigung, der Lärm und die mangelnde Gelegenheit zu körperlicher Betätigung gemildert werden. Diese drei Faktoren haben wesentliche Einflüsse auf die Volksgesundheit.

Die *Luftverunreinigung* stellt eine Belästigung durch schlechte Gerüche und behinderte Sicht dar. Sie führt zu vermehrten Reizungen und entzündlichen Erkrankungen sowie zu Krebsgeschwüren der Atmungswege. Sie kann auch zu akuten Vergiftungskatastrophen führen. Der *Lärm* beeinträchtigt die gegenseitige Sprachverständigung und stört das Gleichgewicht des vegetativen Nervensystems durch ständige und wiederholte Überreizung. Weiter verschlechtert der Lärm die physische und psychische Leistungsfähigkeit und stört den ruhigen Ablauf des zur Erholung unerläßlichen Schlafes. Die *mangelnde körperliche Betätigung* zieht Fettsucht und die Häufung von Herzinfarkt nach sich.

Alle drei Faktoren können durch den Wald günstig beeinflußt werden. Es wäre daher Aufgabe forstwirtschaftlicher Kreise, in Zusammenarbeit mit der Hygiene bei den Organen der Städteplanung und Gestaltung die entsprechenden Postulate geltend zu machen.

Résumé et conclusions

De tous les préjudices causés par notre civilisation moderne, les trois les plus importants ayant une réelle influence, s'avèrent être la pollution de l'air, le bruit et le manque d'exercice corporel.

La pollution de l'air crée une incommodation par des odeurs désagréables et trouble la visibilité. Elle augmente les irritations et provoque des inflammations et des tumeurs cancéreuses des voies respiratoires. Elle peut conduire également à de plus graves intoxications.

Le bruit entrave la compréhension verbale réciproque, trouble l'équilibre du système neuro-végétatif par une surcharge d'excitations constante. Il s'en suit une diminution des capacités de travail physiques et psychiques, ainsi que des troubles du sommeil.

Le manque d'exercice corporel est à l'origine de l'obésité et des nombreux infarctus du myocarde.

L'on peut lutter contre ces trois facteurs par le boisement, dont l'influence est bénéfique. Pour cette raison, la tâche des cercles scientifiques forestiers en coopération avec ceux de l'hygiène serait d'entrer en contact avec les organes responsables de l'urbanisme pour discuter et appliquer des propositions convenables.

Literatur

- 1 *Hanstedt*: Westdeutscher Türmer 1956, Nr. 3.
- 2 *Littmann F. E. and Magill P. L.*: Some unique aspects of air pollution in Los Angeles. *Air Repair* (1953).
- 3 *Portheine F.*: Dtsch. med. Wschr. 1957. H. 34, S. 1361 ff.
- 4 *Committee on Air Pollution*: Report 1954. London: H. M. Stationery Office 1955.
- 5 *Cholak J.*: The nature of atmospheric pollution in a number of industrial communities. *Proc. 2nd National Air Pollution Symposium* (1952).
- 6 *J. Bäumler und R. Müller*: Zur Bestimmung von Autoabgasen in der Straßenluft. *Z. Präventivmed.* 6, 10–23 (1961).
- 7 *Kotin P., Falk H. L. and Thomas M.*: Aromatic hydrocarbons. Presence in the particulate phase of gasoline engine exhausts and the cancerogenity of exhaust extracts. *Arch. industr. Hyg.* 9, 164–177 (1954).
- 8 *Kotin P., Falk H. L., Mader P. and Thomas M.*: Aromatic hydrocarbons. Presence in the Los Angeles atmosphere and the carcinogenity of atmospheric extracts. *Arch. industr. Hyg.* 9, 153–163 (1954).
- 9 *Mills C. A. and Mills-Porter M.*: Health costs of urban air pollution. *Occup. Med.* 5, 614–633 (1948).
- 10 *Wynder E. L. and Graham E. A.*: Etiologic factors in bronchogenic carcinoma with special reference to industrial exposures. *Arch. industr. Hyg.* 4, 221–235 (1951).
- 11 *Oppliger G. C. und Grandjean E.*: Vasomotorische Reaktionen der Hand auf Lärmreize. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 16, C72–C73 (1959).
- 12 *Steinicke G.*: Die Wirkung von Lärm auf den Schlaf des Menschen. *Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen*, Nr. 416 (1957).
- 13 *Laird D. A.*: The effects of noise: A summary of experimental literature. *J. acoust. Soc. Amer.* 1, 256–262 (1929).
- 14 *Karrasch K.*: Die Wirkung des Lärms auf den menschlichen Organismus. *Zbl. Arbeitswiss.* 6, 177–179 (1952).
- 15 *Meldau R.*: Handbuch der Staubtechnik. Düsseldorf 1956. Bd. 1, S. 30.
- 16 *Rötschke*: Untersuchung über die Meteorologie der Staubatmosphäre. *Veröffentl. d. Geophys. Inst. Leipzig* 1935, H. 2, S. 53 ff.
- 17 *Rohmeder E.*: Gutachten über die in der Nähe von Töging durch Luftverunreinigung entstandenen Waldschäden. 1954, Manuskript.
- 18 *Heß W.*: Grundsätzliches zur Dämmung des Verkehrslärms mit Hilfe von Grünpflanzungen (in diesem Heft S. 700–708).