

Klimawirkungen von Grünflächen und ihre Beziehungen zur Städteplanung = Les espaces verts en tant que facteur climatique et leur fonction en urbanisme = Climatic influences of the greens an city planning

Autor(en): **Bernatzky, Aloys**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Anthos : Zeitschrift für Landschaftsarchitektur = Une revue pour le paysage**

Band (Jahr): **5 (1966)**

Heft 1

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-132360>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Klimawirkungen von Grünflächen und ihre Beziehungen zur Städteplanung

Von Dr. phil. nat. Aloys Bernatzky,
Landschaftsarchitekt/Gartenarchitekt BDGA

Wir erleben zur Zeit einen immer stärker werdenden Druck auf die Grünflächen. Damit soll nicht so sehr der materielle Ausdehnungsdrang des Verkehrs und der Baugebiete gemeint sein, so sehr diese auch daran beteiligt sind, sondern vielmehr der «propagandistische» Druck. Grünflächen hätten keinerlei Auswirkungen auf das Stadtklima; sie unterstützten nur die Verübung von Verbrechen, lesen wir in einer vielbesprochenen Veröffentlichung aus den USA. Deutsche Soziologen betonen, dass heute «in Gebieten mit Geschosswohnungsbau häufig viel zu grosse Grünflächen angelegt werden. Es wäre denkbar, dass die Gesellschaft, die so prononcierten Wert auf Bodenbesitz legt, auch lernt, mit diesem sparsam umzugehen.» Grünflächen wären unproduktive grüne Vakua, die Arbeit, Zeit, Geld und Land kosten, aber keine Amortisation erbringen würden; sie stünden mehr oder weniger leer oder dienten allenfalls als Baulandreserve.

Nun, es ist kein Wunder, dass nach einer Zeit, in der kurz nach Beendigung des letzten Krieges die «grüne Mitte» als Zentrum der neuen, auf den Schutthalde der Kriegszerstörungen zu errichtenden Städte propagiert wurde; in der in Abkehr von der einfaltlosen Massierung der Mietskasernen der Ruf nach der aufgelockerten und gegliederten Stadt laut wurde; in der die Einfamiliengrundstücke sich breitartig in das umgebende Land ausbreiteten und die Landschaft verschlangen – dass also nun im dialektischen Prozess das Pendel zurückschlägt und – ebenso falsch wie vorher – nun das Heil in der radikalen Verdichtung der Cities gesehen und gesucht wird. Wie lange oder wie kurz es dauern wird, bis der heutigen Forderung nach Verdichtung eine neue Antithese entgegengesetzt wird, weiss niemand.

Demnach scheint alles in Fluss zu sein. Aber gibt es nicht Fakten und Zusammenhänge, die sachlich grundgelegt jenseits aller Moden und Strömungen liegen? Das führt zur Frage nach dem Eigentlichen dessen, was wir Mensch, Stadt, Natur und Kultur nennen, also der Komponenten, deren Zusammenwirken uns in der Stadt in besonders sinnvoller Weise vor Augen tritt. Obwohl wir auf diese Frage trotz der Computer und sonstiger technischer Fortschritte heute noch keine erschöpfende Antwort wissen, scheint es doch klar zu sein, dass auch in der Stadt Kultur nur in der Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur entstehen kann, wobei Natur nicht nur Rohmaterial für den Menschen bedeutet. Ist doch der Mensch noch immer bis in die letzten Phasen seiner physischen und psychischen Existenz hinein den in ihm wirkenden natürlichen Abläufen der Lebensprozesse verhaftet.

Eine Stadt ist nicht nur eine Anhäufung von Gebäuden, Verkehrswegen und -mitteln und Menschen. Sie ändert auch alle Faktoren des naturgegebenen Potentials um und bildet nicht zuletzt in der sie umgebenden Natur ein besonderes Klima aus. Jeder sieht es, fühlt, schmeckt und riecht es – aber kaum ein Stadtplaner berücksichtigt es so, wie es nötig wäre. Und doch ist von dieser Tatsache auszugehen, wenn man dem Lamento über die angebliche Landverschwendung durch Grünflächen wirksam begegnen will.

Leider sind, obwohl bereits recht gut erforscht, die Einzelheiten der Verfälschung des Klimas in der Stadt viel zu wenig in Planerkreisen bekannt. «In den Städten erreicht die Naturferne, die Denaturierung der Völkerkultur ihr höchstes Mass... In den Städten wird auch das Klima künstlich...» (Hellpach). Diese Denaturierung zeigt sich in folgenden Fakten:

Die Stadtluft ist durchsetzt mit einer grossen Anzahl von «Kernen» und Stäuben, an die sich giftige Abgase, radioaktive Substanzen und anderes anlagern, die dann in den Atmungsbereich des Menschen gelangen und dort zu grossen Schäden führen. (Kerne sind Luftverunreinigungen von der Grösse zwischen 1 Millionstel bis 1/5000 Millimeter Durchmesser.)
Zahl der Kerne in 1 cm³:

Les espaces verts en tant que facteur climatique et leur fonction en urbanisme

Aloys Bernatzky, docteur ès lettres et
architecte-paysagiste diplômé BDGA

A l'heure actuelle, les espaces verts doivent se défendre toujours plus. Nous ne pensons pas seulement à l'expansion du trafic ou à l'explosion démographique des villes qui les menacent directement mais aussi aux attaques dont ils sont l'objet même dans les milieux intéressés. Nous lisons par exemple dans une publication qui a fait beaucoup de bruit aux Etats-Unis que, loin d'avoir une influence quelconque sur le climat urbain, ils favoriseraient la criminalité. De leur côté, certains sociologues allemands soulignent que «l'on donne souvent trop d'importance aux espaces verts dans les aires d'habitations collectives et qu'il est à prévoir que la société actuelle, fortement attachée à la propriété foncière, apprendra à économiser toujours mieux le terrain». A leur avis, les espaces verts représenteraient dans l'ensemble de la cité des vides improductifs, coûtant de l'argent, du temps, de la peine, exigeant beaucoup de terrain sans fournir aucune amortisation correspondante. Ils se justifieraient tout au plus comme réserve pour des lotissements futurs. Après la deuxième guerre, à une époque où les villes renaissaient des décombres, il ne faut pas s'étonner que les architectes aient vu dans les espaces verts les véritables poumons des cités. Pour échapper aussi à l'uniformité déprimante des casernes locatives et pour répondre au désir général, ils se sont tournés vers des formes d'urbanisme très souples. Les zones d'habitations individuelles ont fait tache d'huile autour des centres urbains et la campagne a reculé toujours plus. Depuis lors, cette évolution a atteint son point culminant et se trouve maintenant, par un mouvement naturel de balance, en voie de régression. L'urbanisme propage aujourd'hui les agglomérations à forte densité de peuplement. On peut se demander jusqu'à quand. Sans doute jusqu'à ce que le pendule, arrivé au bout de sa course, oscille de nouveau dans l'autre direction. Ce passage d'une antithèse à une autre est normal, mais on peut penser que certains données possèdent une valeur absolue, indépendamment des tendances éphémères d'une époque. Quelle est l'essence de ce que nous appelons êtres humains, ville, nature, civilisation, c'est-à-dire des facteurs dont l'agglomération urbaine essaie de réaliser la symbiose et dont elle nous offre un jeu passionnant d'interférences? Même les ordinateurs électroniques et autres réalisations d'avant-garde sont impuissants à nous donner une réponse exhaustive. Pourtant il semble bien que, même dans le cadre de la cité, ce soit la confrontation de l'homme avec la nature qui donne naissance à la culture et à la civilisation. Et par nature, nous n'entendons pas seulement le monde donné mais tous les processus vitaux qui déterminent l'existence physique et psychique de l'être humain.

Une ville n'est pas caractérisée seulement par l'agglomération des bâtiments, les réseaux de circulation et la densité du peuplement. Une ville transforme les données naturelles de la région où elle se trouve et réussit à créer, à l'intérieur du climat régional, un climat typiquement urbain. N'importe quel citadin s'en rend compte chaque jour et pourtant il est rare que les urbanistes accordent à ce phénomène suffisamment d'importance. C'est pourtant de là qu'il faut partir si l'on veut réfuter avec succès les attaques lancées contre la coûteuse folie des espaces verts. Malheureusement, bien qu'ayant fait déjà l'objet de sérieuses études, les modifications climatiques entraînées par l'urbanisation restent encore trop peu connues des cercles intéressés. «C'est dans les villes que l'écart entre l'homme et la nature, entre la civilisation et la nature se fait le plus grand... même le climat y devient artificiel.» Voilà ce que nous dit par exemple Hellpach et voici comment on peut s'expliquer ce phénomène:

Tout d'abord, dans les villes, l'air est chargé de poussières et de noyaux de condensation (impuretés d'un diamètre de 1 milliardième à 1/5000e de mm). Les gaz toxiques, les substances radioactives, etc. viennent s'y fixer et provoquent, une fois qu'on les respire, des réactions dangereuses dans l'organisme.

Climatic influences of the Greens and City Planning

By Dr. Aloys Bernatzky,
Garden and Landscape Architect, BDGA

The green spaces of our cities are being exposed to growing pressure. It is not so much the expansion pressure of traffic and built up areas—though their influence should not be underestimated—as the pressure exercised by propaganda that makes itself felt. Green spaces, we are told, have no influence on the climate of the city; they just favour crime, as a widely circulated article published first in America tries to make us believe. German sociologists insist that today “in areas with blocks of flats frequently far too large green spaces are being laid out, although one should imagine a society so fully aware of the value of real estate might have learnt to make more economical use of so rare a commodity”. Green spaces are said to be green waste land, costing time and money for which there is no return; they are more or less empty, we are told, and at their best they might be considered as future building reserves.

Let us remember that in the years immediately after the end of the war the Green Center to be laid-out on the ruins of the cities was highly advertised everywhere and widely acclaimed; there were to be no more of those dreary masses of blocks of flats; a modern city should expand into space. And, accordingly, one family houses with small gardens began to eat deeper and deeper into the open country. No wonder that at present the pendulum swings back. Salvation, we are now invited to believe, is to be found in densely built up cities. How long, or how short a time it will take until counteraction again sets in, nobody can tell.

Again we watch the ancient law of dialectics—thesis calling for antithesis—at work. And yet—are there not certain facts based on a sound foundation and therefore beyond all influences of fashion, short lived tastes and temporary tendencies to guide us? This question leads us to an examination of the essentials—of man, city, nature and culture, component parts whose joint action is especially conspicuous in a city. Although there is as yet no final answer to all the questions arising in these connections—in spite of computers and other technical gadgets—one point appears to be clear, namely that also in a city Culture can only be a function of Man's relation and attitude to Nature, whereby nature is not to be considered as mere raw material for man. For man in his physical and psychic being is still subject to nature and to the process of natural functions.

A city is not just a vast mass of buildings, streets, vehicles and people. A city transforms everything that nature has provided and the final result is even a climate of its own making, different from the climatical conditions of the immediate surroundings. One becomes aware of this change through the natural senses of feeling, smelling and tasting—and yet no city planner gives this fact the attention that it deserves. Nevertheless, this is the basis on which to build up our case answering the charges of those who claim that green spaces in a city are nothing but waste.

Although in research work good progress has been made in recent years, the findings of the research workers and especially the factors producing climatical changes in our cities—with all their deleterious effects—are far too little known to the city planners. “In the cities departure from the ways of nature and denaturalisation in Culture have reached their highest degree... even climate itself becomes artificial in the cities” (Hellpach). This denaturalisation is illustrated by the following findings:

The air in a city is impregnated with a large number of kernels which become the nuclei about which such matter as exhaust gases and radio-active substances gather; eventually they will get into the respiratory organs where they will work havoc. (The kernels which we refer to are particles of pollution of a size measuring from one millionth to one five-thousandth of a millimeter.)

Number of kernels in one cm³:

	Durchschnitt	Max. des Durchschnitts	Min. des Durchschnitts	absolutes Maximum
Grosstädte	147 000	379 000	49 100	4 000 000
Kleinstädte	34 300	114 000	5 900	400 000
Land	9 500	66 500	1 050	336 000
Küste	9 500	33 400	1 560	150 000
Berge				
500–1000 m	6 000	36 000	1 390	155 000
1000–2000 m	2 130	9 830	450	37 000
2000 m	950	5 830	160	27 000
Ozean	940	4 680	840	39 800

(A. Landsberg)
Faustzahlen (Durchschnittswerte) für den Fremdstoffgehalt der Luft in Deutschland kurz nach dem Krieg errechnete Reifferscheidt wie folgt:

	Grosstadt	Land
Kerne	200 000	8000 je cm ³
Staub	270	7–10

Es darf nicht vergessen werden, dass die Zahlen je nach Ansprechbarkeit des Messinstrumentes differieren; sie sind deshalb in der Hauptsache als Vergleichszahlen zu werten.

Die Menge der durch Sedimentation erfassten Stäube gibt Liesegang für Berlin in den Jahren 1933–1940 im Durchschnitt mit 104 g/m² an. Heute bemisst sich der Staubniederschlag in der Bundesrepublik Deutschland bereits auf das Doppelte. Aber sie sind nicht so gefährlich, da sie bereits auf den Schleimhäuten der oberen Atemwege festgehalten werden, während die feinen, in der Luft schwebenden Kerne bis in die Lunge gelangen, und z. T. dort mit allen ihren anhaftenden schädlichen Beimengungen zurückgehalten werden. Nun atmet der Mensch von dieser verschmutzten Luft im Durchschnitt 12 Kubikmeter täglich ein; bei schwerer Arbeit kann sich diese Menge verdoppeln, ja verzehnfachen.

Die Luft weist tägliche und jahreszeitliche Schwankungen des Maximums ihrer Verunreinigung auf sowie Maxima bei der vertikalen Verteilung der Verschmutzungen, und zwar:

unmittelbar über dem Erdboden, (Heizungsschornsteine!), in Dachhöhe der Bebauung (Heizungsschornsteine!), in Höhe der Fabrikschornsteine.

Es ist somit einsichtig, dass Wohnhochhäuser, die sich über die andere Bebauung erheben, mit ihren obersten Geschossen sehr leicht in besonders verschmutzte Luftzonen hineinragen können, die von den Schornsteinen der Geschosswohnhäuser und Fabriken ständig auf dem laufenden gehalten werden. — Dieser Kern- und Staubgehalt der Luft bewirkt die Bildung des «Dunstdomes», der seinerseits die UV-Armut des Lichtes in der Stadt und die Trübung der Sonnenstrahlung (20%) verursacht.

Die Gebäude der Stadt verringern, je höher sie sind, um so mehr durch Anwachsen der Reibung die Luftbewegung, deren Energie zur Überwindung dieser Reibung verbraucht wird. Deshalb verlangsamt sich die Luftbewegung, es bildet sich über der Stadt ein Luftkissen, über das die nachströmende Luft hinwegsteigen muss; hierdurch wird die Ventilation und Durchlüftung der Stadt abgeschwächt.

Die Baumassen der Stadt wirken weiterhin wie ein künstlicher Fels, der tagsüber die Sonnenwärme mit den bebauten Grundfläche um ein vielfaches übertragenden Häuserkomplexen bzw. -wänden speichert. Die Windabschwächung durch die Häusermassen verzögert die Abführung der Wärme. Hinzukommt, dass die Wärmemengen, die sonst bei dem vegetationsbedeckten Boden des Landes durch die Assimilation und durch die Verdunstung in Wegfall kommen, in der vegetationsfreien Stadt verbleiben. Diese Werte sind ausserordentlich hoch (60 000 kcal/Jahr/m²). — Im Tagesgang sind die Zentren der Städte bis zu 10 Grad wärmer als das Umland, im Jahresdurchschnitt beträgt die Überwärmung der Stadt 0,5–1,5 °C. Dies entspricht einer Minderung der Lage der Stadt in bezug auf die Meereshöhe von 100 bis 300 m und damit eine beträchtliche Abweichung vom normalen auf ein schädliches Klima hin. Gleichzeitig wird die Luftfeuchtigkeit wesentlich herabgesetzt, was sich in einer starken Zunahme der Erkrankungen der Luftwege bemerkbar macht.

Alle diese negativen Abänderungen des Stadtklimas als Folge der Massierung der Bauten, des Verkehrs, der Industrie und ihrer Abgase konnten hier nur auszugeweise angeführt werden. Diese Tatsachen sind als gegeben hinzunehmen. Mit dem Anwachsen der Verdichtung, des Verkehrs, der Verbrennungsprozesse wachsen auch die angegebenen Zahlenwerte. Gewisse Negative (z. B. die Verschmutzung und Vergiftung der Luft) könnten durch entsprechende Massnahmen ihrer «Erzeugung» abgestellt werden, durch Nachverbrennung der Autoabgase, Reinigung bzw. Filterung der Industrieabgase, Ersatz der individuellen Hausfeuerung durch Heizkraftwerke u. a. Nicht beeinflussbar sind durch technische Massnahmen aber andere Faktoren, wie die Erhöhung der Temperatur, die Verminderung der Luftfeuchtigkeit, die Verringerung der Windgeschwindigkeit, die Luftverschmutzung durch den Verkehrsstaub, es sei denn, man würde komplizierteste Bewetterungsmaschinen bauen, wie sie heute in kleineren Ausführungen im Bergbau verwandt werden.

Hier helfen aber vegetationsbedeckte Flächen, die die veränderten Klimawerte der Stadt auf das natürliche

	max. moy.	min. glob.	max. absolu
Nombre de nuyaux par cm ³			
Grandes villes	147 000	379 000	49 100
Petites villes	34 300	114 000	5 900
Campagne	9 500	66 500	1 050
Côtes	9 500	33 400	1 560
Montagne			
500–100 m	6 000	36 000	1 390
1000–2000 m	2 130	9 830	450
2000 m	950	5 830	160
Océan	940	4 680	840

(A. Landsberg)
De son côté, Reifferscheidt a calculé comme suit les valeurs moyennes de la pollution de l'air en Allemagne directement après la guerre:

	Grandes villes	campagne
Noyaux	200 000	8000 par cm ³
Poussières	270	7–10 par cm ³

Rappelons que les résultats varient selon la qualité des instruments utilisés et qu'ils ne permettent pas de comparaisons directes.

Pour les années allant de 1933 à 1940, Liesegang a étudié par sédimentation la teneur en poussières de l'air à Berlin. Elle s'éleva en moyenne à 104 g par m² mais on peut compter aujourd'hui avec le double pour le territoire de la République fédérale allemande. D'ailleurs, les poussières ne sont pas aussi redoutables que les noyaux en suspension dans l'air, parce que les muqueuses des voies respiratoires supérieures sont capables de les retenir, tandis que ces derniers arrivent jusqu'aux poumons où ils se déposent en partie avec tous les mélanges nocifs qui s'y sont attachés. Chaque être humain respire en moyenne 12 m³ d'air vicié par jour et les travailleurs de force deux à dix fois plus. La pollution de l'air au même endroit varie selon les jours, les saisons et le niveau d'altitude. Il faut distinguer par exemple entre

la zone se trouvant au-dessus du sol
la zone au niveau des toits (cheminées de chauffage)
et la zone au niveau des cheminées d'usines.

On comprend tout de suite que les étages supérieurs des maisons-tours dominant une agglomération se trouvent dans la zone où la pollution de l'air est constante. — Rappelons ici que l'atmosphère des villes, chargée d'impuretés, donne naissance à un dôme de vapeurs qui retient une partie des rayons ultra-violettes et diminue l'intensité de l'ensoleillement (jusqu'à 20%).
Second point: Plus les bâtiments d'une ville sont élevés, plus ils entravent la circulation de l'air obligé de vaincre la résistance qu'ils lui opposent. Il se forme ainsi au-dessus de la ville un coussin d'air qui contraint les courants atmosphériques à passer au-dessus de celle-ci sans l'éventer.

Troisième point: Les agglomérations urbaines réagissent au soleil comme des bancs de rochers. Pendant la journée, elles emmagasinent la chaleur entre les grands ensembles qui dominent les aires construites et, comme les courants d'air sont gênés par les bâtiments, la chaleur stagne. On ne peut même pas compter, comme à la campagne, sur l'action climatizante de la végétation. Aussi les valeurs observées sont-elles extrêmement élevées: 60 000 kcal au m² par an. C'est ainsi que, pendant la journée, la température des centres urbains dépasse de 10 °C celle des alentours. La différence annuelle oscille entre 0,5 et 1,5 °C, ce qui correspond à une différence d'altitude de 100 à 300 mètres. Dans ces conditions, on peut parler d'un climat malsain. On constate en même temps un dessèchement sensible de l'air, ce qui explique que les affections des voies respiratoires soient aussi répandues.

Nous n'avons pu donner qu'un bref aperçu des modifications climatiques provoquées par l'urbanisation, le développement de la circulation et les progrès croissants de l'industrie. Il s'agit là de réalités tangibles dont les incidences sur le climat urbain ne feront qu'augmenter à l'avenir. Certains facteurs négatifs pourraient être éliminés par des mesures de salubrité adéquates (récupération des gaz d'échappement des véhicules, purification et filtrage des fumées industrielles, remplacement des chauffages individuels par des centrales collectives, etc.). Mais d'autres caractéristiques du climat urbain comme la température plus élevée, le dessèchement de l'air, la réduction des courants d'air naturels, la formation de poussière due au trafic échappent aux mesures techniques de contrôle. Il faudrait pour y remédier construire en grand des installations aussi compliquées que celles qui assurent le conditionnement de l'air à l'intérieur des mines. C'est ici que les espaces verts peuvent jouer un rôle de premier plan pour rétablir l'équilibre climatique. L'auteur a procédé lui-même à différentes études à Francfort, et il a constaté qu'une bande de verdure de 50 à 100 mètres de large suffisait en été à rafraîchir l'ambiance de 3,5 °C par rapport au centre de la ville. Si l'on pense que la température s'abaisse de 1 °C tous les 200 mètres, cette différence correspond à une différence de niveau de 800 mètres. Pour rendre le résultat encore plus spectaculaire, il suffirait d'augmenter l'importance de la bande verte, mais il est déjà remarquable en soi, surtout si l'on tient compte du fait que l'air frais est aspiré au fur et à mesure par les quartiers environnants. En même temps qu'un rafraîchissement de l'ambiance, l'auteur a constaté que l'humidité relative de l'air s'était élevée de 5% par rapport au centre de la ville.

	Average	Max. of average	Min. of average	absolutes Maximum
Big cities	147 000	379 000	49 100	4 000 000
Small towns	34 300	114 000	5 900	400 000
Country places	9 500	66 500	1 050	336 000
Coastal areas	9 500	33 000	1 560	150 000
Mountains:				
500–1000 m	6 000	36 000	1 390	155 000
1000–2000 m	2 130	9 830	450	37 000
above 2000 m	950	5 830	160	27 000
Ocean	940	4 680	840	39 800

(A. Landsberg)
Average values of air pollution have been found by Reifferscheidt in Germany shortly after the end of the war to be

	Big cities	Country
Kernels	200 000	8000 per cm ³
Dust particles	270	7–10

We have to remember that findings may vary according to the accuracy of the measuring instruments; their principal value lies in the fact that they allow for comparisons to be made.

The number of dust particles found in sedimentation is stated by Liesegang to be 104 g/m² on an average for the years 1933–1940 in the city of Berlin. Today dust sedimentation in Western Germany has reached twice this amount already. These particles are, however, not so dangerous to health. They are normally kept back by the mucous membrane so that they do not find their way into the respiratory organs, whereas the tiny kernels suspended in the air do get into the lungs along with all the injurious elements attached to them. Of this polluted air man inhales on an average 12 m³ per day; it may be two to ten times this amount for hard working people.

Air pollution varies according to hours of the day and to the seasons of the years as well as to the height above ground. We may distinguish three levels:

just above ground
roof level (domestic heating)
level of factory chimneys.

This means that high blocks of flats which are much higher than other houses might easily reach with their upper storeys into zones that are polluted to a far greater extent and where the amount of pollution is continually kept on a certain level by the factory chimneys as well as by the smoke from the houses. The content of kernels and dust particles leads to the formation of a dust dome which is responsible for U-V poorness and dimness of sunlight (loss of 20%) in the cities.

The higher the buildings of a city, the more do they counteract the natural flow of air. To overcome friction energy is used up, the draught action slows down and thus an air cushion is formed above the city. Oncoming air currents have to rise above this cushion and the result is poor ventilation of the city.

Furthermore, the masses of the buildings of a city form an artificial rock that stores up heat during the day-time. Not only with the ground surface, but with all the walls of the buildings as well, and they make up a total far greater than the area itself. And as the masses of the buildings reduce the effects of air currents, the process of carrying off this stored up heat is slowed down. In addition to this, the amount of heat which on plant covered areas is absorbed by the process of assimilation and evaporation remains practically intact in the areas of the city where there is no vegetation at all. The values measured were found to be exceptionally high (60 000 Kcal/per year/per m²). During day-time the centers of the cities can have a temperature up to 10 centigrades higher than the temperature of the surrounding countryside, and the average figures for a whole year show overtemperatures of 0.5 to 1.5 centigrades in the cities. This corresponds to lowering the altitude of the city with respect to sea-level by 100 to 300 meters and means a change from normal climate to a more unhealthy climate. At the same time atmospheric humidity is reduced, resulting in an increase of diseases affecting the respiratory organs.

In a short article like this one all these changes with their negative effects resulting from the masses of buildings, traffic, industry and exhaust gases can only be outlined. The facts have to be taken as such. The figures given here will increase in proportion to growing density, growing traffic and the resulting larger amounts of combustion gases. To be sure, air pollution could be reduced to a certain extent by adequate measures taken at the source, for example by after-burning of exhaust gases, filtering of industrial combustion gases, electric heating in the houses, etc. However, no technical means are available to reduce other deleterious effects such as increased temperature, reduction of atmospheric humidity, slowing down of air currents, traffic dust—unless one would go so far as to build highly complicated weathering installations as, on a smaller scale, they are used frequently in the mining industry nowadays.

In fact, green spaces are the natural and only effective way of making the unnatural climate of the cities somewhat more natural. By measurements that he took himself at Frankfurt, Germany, the author has been able to prove that green belts—even though they were not larger in width than 50 to 100 meters—have the effect of reducing the temperature in summer by not

Klima zurückzuführen. Der Verfasser hat in eigenen Messungen in Frankfurt nachgewiesen, dass selbst nur 50 bis 100 m breite Grünstreifen im Sommer eine Temperaturerniedrigung bis zu 3,5 °C gegenüber der Stadtmitte bewirken. Dies entspricht einer Höherlegung dieser Stadtgebiete um 700 Meter (bei einer Temperaturabnahme von 1 °C je 200 m Höhenanstieg). Diese Auswirkung der Grünflächen, die selbstverständlich um so grösser ist, je höher die Temperaturen und die Grösse der Grünflächen sind, können als ausserordentlich angesehen werden, weil sie auftrat, obwohl dauernd kühle Luft der Grünflächen nach allen Seiten in das anschliessende bebauten Gebiet abfloss. Die relative Luftfeuchtigkeit stieg gegenüber Stadtmitte um 5% an.

Beträchtlich ist ebenfalls die staubsenkende Wirkung von Grünflächen. Einmal liefern sie selbst keinen Staub. Sodann schlagen sich in der Lufröhre der Mischpflanzungen der Grünanlagen die Luftbeimengungen nieder. Vergleichsmessungen am Frankfurter Hauptbahnhof und im Zentrum an der Hauptwache ergaben dort pro Luftquantum 18 000 Kerne, während im Rothschildpark (4 ha gross) zur gleichen Zeit nur 1000 bis 3000 gemessen wurden. Die Verschmutzungswerte der Luft in baumbestandenen Strassen beliefen sich auf nur 3000 Teilchen gegenüber 10 000 bis 12 000 Teilchen in baumfreien Strassen der gleichen Gegend. Die Auswirkung von Grünflächen im geschlossenen Kreis des Stadtklimas ist nun verschieden gross, je nachdem, ob Wind herrscht oder nicht. Im ersten Fall erfolgt die Durchlüftung je nach Windstärke mehr oder minder schnell, wobei die windabbremsende Wirkung der Gebäude mit berücksichtigt werden muss sowie das bereits zitierte Luftkissen, das u. U. ein Durchgreifen der Windströmung bis auf den Boden nicht zulässt. Die temperatursenkende Wirkung tritt bei windigem Wetter weniger in Erscheinung, um so mehr aber die staubfilternde quer zur Windrichtung liegender Grünflächen. Dies ist deshalb so bedeutsam, weil beim Durchströmen der Stadt die Luft sich immer mehr mit Kernen, Staub und anderen Verunreinigungen belädt, sodass schliesslich die windabgewandte Seite der Stadt am stärksten verunreinigt wird.

Bei Windstille aber, d. h. in den heissen Sommermonaten bei Hochdruckwetterlage, wenn die Temperaturen die höchsten Werte annehmen, bilden sich besondere Luftströmungen aus. Die mit der Zunahme der Bebauungsdichte auch zunehmend erwärmte Luft steigt nach oben; von den Aussenbezirken der Stadt fliesst radial zum Innern kühlere Luft nach («Flurwind»), die sich zunehmend mit Luftverunreinigungen anreichert, so dass nun im Stadttinnern die grösste Luftverschmutzung entsteht. In diesem Fall können konzentrisch das Stadtinnere umgreifende Grünzüge die staubfilternde und temperatursenkende Wirkung besonders gut zur Entfaltung bringen. Unregelmässig, punktförmig über das Stadtgebiet verstreute Parke sind zwar nicht wertlos im Hinblick auf das Stadtklima, sie können aber nie in dem oben angedeuteten Mass wirksam werden wie systematisch geplante Grünssysteme in Anpassung an die Meteorologie, das Stadtklima, Windrichtung und -verteilung, Topographie usw. Je zahlreichere und grössere Grünflächen dann die Stadt durchsetzen, um so mehr und um so stärker wirksame Luftkreisläufe zwischen bebauten Gebieten und Grünflächen können entstehen, wobei die Baugebiete ständig mit frischer, kühler und sauberer Luft versorgt werden. Im Stadtgebiet liegende Wiesen und Felder sind stadtklimatisch zwar nicht unwirksam, können aber niemals die Wirkung erzielen wie Grünflächen mit ihrem grösseren Laubvolumen und ihrer Aufrauung der Bodenoberfläche.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage, ob die in der Stadt erzeugte CO₂-Menge von Grünflächen absorbiert und die erforderliche Sauerstoffmenge erzeugt werden können. Hier fehlen und werden noch lange exakte Messungen fehlen. Natürlich müssen beide Faktoren in sozusagen «globalen» Masstäben und Beziehungen gesehen werden. Im Jahre 1931 haben Goldmerstein und Stodiek für Berlin eine CO₂-Produktion von 10 Millionen kg errechnet, der die CO₂-Aufnahme des 250 ha grossen Tiergartens mit 144 000 kg gegenübergestellt wurde. Neuere Berechnungen des Verfassers aber ergaben für 1 ha Grünfläche, die aus Gehölzen verschiedener Grösse und Rasen besteht und deren Blattfläche nach pflanzenphysiologischen Untersuchungen mindestens das 5fache der Grundfläche beträgt, die Bindung von etwa 900 kg CO₂ in 12 Stunden (das ist das CO₂ von 6 Millionen m³ Luft) und die Abgabe von etwa 600 kg Sauerstoff in der gleichen Zeit. Bei der Errechnung des Gesamtbetrages der CO₂- und O₂-Werte müsste nun jeder Baum, auf der Strasse wie auf den privaten Grundstücken und jeder Rasen usw. mit erfasst werden.

An sich trägt das Aufsteigen von erwärmter Luft über der Stadt zu einer «Entlüftung» bei. Aber wir haben schon gesehen, dass die hierbei nachfliessende Luft in der grünflächenfreien Stadt nicht von der besten Qualität ist. Infolgedessen kann dieser «Entlüftung» nicht eine allzu grosse Rolle zugeschrieben werden. Viel wirksamer sind die zwischen eng bebauten Gebieten und Parkanlagen auf Grund der Temperaturunterschiede entstehenden kleinsten bis grösseren Kreisläufe, bei denen sich die kühlere und saubere Luft unter die wärmere, verschmutzte Luft schiebt und so

Les espaces verts contribuent aussi à lutter contre la pollution de l'air. Parce qu'ils ne font pas de poussière et parce qu'ils permettent aux impuretés en suspension de se déposer. Analysés en même temps, des échantillons d'air prélevés à Francfort à la gare principale et dans le parc Rothschild (d'une surface de 4 hectares) ont présenté respectivement des teneurs de 18 000 et de 1000 à 3000 noyaux. On a également constaté que, dans un même quartier, l'air des avenues ne contenait que 3000 particules contre 10 000 à 12 000 dans les rues sans arbres.

Mais il faut remarquer que l'influence des espaces verts sur le climat urbain dépend du régime des vents. Si le vent souffle, la circulation de l'air à l'intérieur de la ville augmente (compte tenu de la résistance que les bâtiments lui opposent et du coussin d'air qui pourrait l'empêcher d'arriver jusqu'au sol). Dans ce cas, les espaces verts offrent moins l'avantage de rafraîchir l'air que de le purifier en le filtrant, surtout s'ils se trouvent placés en travers du vent. En effet, en traversant la ville, ce dernier se charge d'une quantité toujours plus grande d'impuretés et de noyaux.

Par contre, si le temps est calme comme c'est le cas pendant les mois d'été à pressions fortes et températures maximales, des courants se forment à l'intérieur du climat urbain. Au centre, l'air, d'autant plus chaud que l'agglomération est plus dense, s'élève. Il est remplacé par de l'air frais rayonnant de la périphérie et se chargeant de toutes les impuretés rencontrées sur son parcours. Pour remédier à cet inconvénient, il faudrait faire appel à des ceintures de verdure destinées à filtrer l'air au passage et à le climatiser. Le noyautage de l'agglomération urbaine au moyen de parcs isolés n'est pas sans valeur, mais il est loin de garantir les résultats d'un tracé systématique des espaces libres en fonction de la météorologie, du climat, de la topographie et des vents. Pour autant qu'ils soient assez grands et assez nombreux, les espaces verts créent des courants de climatisation suffisants pour garantir la pureté relative de l'air et assurer la ventilation des quartiers. Quant aux espaces ruraux intégrés dans l'agglomération urbaine, leur importance n'est pas négligeable mais ne peut être comparée à celle des surfaces vertes arborisées où le sol a été travaillé. Il serait intéressant de savoir à ce propos dans quelle mesure les espaces verts sont capables d'absorber l'oxyde de carbone dégagé par le milieu ambiant et de produire l'oxygène nécessaire à la vie. Des données exactes nous manquent. Elles nous manquent encore longtemps, mais il est évident qu'il faut opérer ici sur la base de rapports globaux. En 1931, Goldmerstein et Stodiek ont calculé que la production d'oxyde de carbone se montait à 10 millions de kilos pour Berlin et que le Jardin zoologique de cette ville en absorbait 144 000 kilos. L'auteur a lui-même calculé qu'un hectare de gazon, planté d'essences arborifères différentes, absorbe environ 900 kilos d'oxyde de carbone en douze heures, correspondant à 6 millions de m³ d'air, et qu'il produit en même temps 600 kilos d'oxygène. Pour déterminer la production totale en oxyde de carbone et en oxygène, il faudrait tenir compte de tous les arbres et gazons se trouvant sur le domaine public et dans les propriétés privées.

Nous avons vu qu'en s'élevant au-dessus de la ville l'air surchauffé provoque un phénomène d'aération mais que ce dernier est sans valeur puisqu'il favorise l'afflux d'air vicié. C'est pourquoi il faut accorder énormément d'importance aux courants d'air plus ou moins forts qui s'établissent entre les parcs et les blocs d'agglomération par suite des différences de température. L'air frais provenant des espaces verts se glisse sous l'air chaud et pollué et le remplace sur des étendues plus ou moins grandes. Par les jours d'été où le vent ne souffle pas, c'est la seule façon efficace de ventiler la ville. Le soir venu, lorsque l'air fraîchit, le dôme de vapeurs dominant l'agglomération laisse retomber les impuretés sur les feuillages où elles sont filtrées. L'importance des espaces verts pour le climat urbain saute aux yeux dès qu'on calcule l'intensité des échanges physiologiques d'un seul arbre. Prenons un hêtre de 80 à 100 ans, haut de 25 mètres, d'une couronne de 15 mètres de diamètre et d'une aire de 160 m². La surface extérieure des feuilles donne un total de 1600 m² qu'il faut multiplier par cent pour obtenir la surface intérieure comprenant toutes les parois cellulaires jouant un rôle actif pour l'assimilation (voir Walter). On arrive ainsi à une surface totale de 160 000 m². Par ailleurs, le poids du bois à l'état sec se monte environ à 240 quintaux (soit 15 m³ × 800 kg), dont la moitié composée de carbone. Comme il faut en moyenne 1 m³ d'air pour 0,15 g de carbone, l'arbre en question a donc transformé au cours de ses 80 ans d'existence l'oxyde de carbone de 40 millions de m³ d'air, correspondant à l'espace de 80 000 habitations individuelles, soit de trois par jour. D'autre part, cet arbre de 80 ans assimile chaque jour 2352 g d'oxyde de carbone et 960 g d'eau (soit 3312 g en tout). Il a besoin de 6075 calories fournies par l'énergie solaire et de 1600 g de glucose et rejette 1712 g d'oxygène (ce qui nous ramène au chiffre de 3312 g). De son côté, un être humain a besoin d'une quantité d'oxygène égale à celle que peut fournir une surface feuillue de 150 m². C'est dire que 30–40 m² d'espace vert devraient théoriquement lui suffire.

Les mesures d'assainissement climatique s'imposent

less than 3.5 centigrades, compared with the center of the city. This corresponds to raising the altitude of the town area by 700 meters (counting one centigrade of decrease in temperature for every 200 meters of increase in level). These effects of the green spaces—which are, of course, all the greater the higher the temperatures and the larger the surfaces—are highly significant, all the more as continually cool air from the green spaces was flowing to the built up centers while the measurements were taken. The relative atmospheric humidity showed an increase of 5 per cent in comparison to the town center.

Another important feature is the dust reducing effect of the greens. To begin with, they produce no dust themselves. Then, if there is no wind, dust elements in the air will settle on the plants in the parks. Measurements taken near the Frankfurt main station and in the town center showed a concentration of 18 000 kernels per air unit, whereas measurements taken at the same time at the Rothschild Park (surface 4 hectares) showed a concentration of not more than 1000 to 3000 kernels per unit. As concerns dust particles the figures read 3000 in streets planted with trees, compared to 10 000 to 12 000 particles in streets without trees in the same quarter of the town.

The influence of the green spaces on the climate within the city limits varies considerably. Much depends on whether there is wind or no wind, and on the force or intensity of the wind. The braking action exercised by the buildings has also to be taken into account, as well as the above mentioned air cushion which also reduces the effects of the draught near ground level. On windy days the difference of temperature between the city and the surroundings is not so manifest, whereas, on the other hand, the dust filtering action of the green belts lying in the path of the wind is all the more intense—an important point as the air, while flowing through the city, is being charged more and more with kernels, dust particles and other foreign substance, so that those parts of the city that are not touched by the breeze will show the greatest density of air pollution.

If there is no wind, i.e. during the hottest months of summer and under anticyclone weather conditions, when temperatures reach their local maxima, additional air currents are being formed. The air which is being warmed up will rise—especially at places where the density of the buildings and their masses are greatest—whereas from the outskirts of the town currents of cooler air will flow from all directions to the center. These currents are charged more and more with pollution as they flow along, so that the greatest density of pollution results in the centers of the cities. In this case green belts laid-out concentrically around the city centers are at their best, their filtering and temperature regulating action working with the greatest possible efficiency. Other parks, spread irregularly over the town area, are certainly not useless in respect of climatical conditions in the city, but they can never show the same good results as green belts that were systematically planned according to prevailing winds and with a view to exercising the most healthy influence on the city climate. The wider and the more numerous these green belts encompassing the city are, the stronger and the more effective are the air currents resulting between the greens and the built up areas, which will then constantly supply the dense city with fresh, cool and salubrious air. Meadows and fields lying within the town limits are certainly not without any effect on the climate of the city, but they will not produce the same good results as parks with trees and the rich foliage provided by systematic plantings.

In this connection the question whether the amount of CO₂ produced in the towns can be absorbed by the green spaces and whether the necessary amount of oxygen can be produced at the same time is of special interest. Exact figures are not at our disposal and are not likely to become available in the near future. The question must be considered as a whole and the two factors be brought into relationship to each other. Goldmerstein and Stodiek carried out research work in this respect and found, by calculation, a production of 10 million kg of CO₂ within the city of Berlin, whereas the great Park of Berlin, the "Tiergarten", which measures 250 hectares, could absorb 144 000 kg. Calculations of more recent date carried out by the author showed an absorption of 900 kg of CO₂ per hectare in 12 hours (that is the CO₂ content of 6 million m³ of air) and the production of 600 kg of oxygen during the same time. The test-grounds consisting of lawn and trees and bushes of different sizes whose foliage, according to physiological research, made up a total surface of at least five times the surface of the ground. To obtain exact figures of CO₂ and oxygen values each tree on public and private ground and every spot of lawn would have to be taken into account.

The warmed up air rising from the ground certainly contributes to the aeration of the city, but, as we have seen, the air which is drawn into the city center, where there are no greens, is of poor quality. Therefore this "ventilation" is of small importance. More efficacious are the little currents resulting from differences of temperature and flowing from the parks through the lanes of the densely built up quarters. Cooler and cleaner air thus shifts underneath the warmer and polluted air and produces an exchange in horizontal

einen waagerechten Austausch auf kleinem bis zu grossen Räumen bewirkt. An windstillen heissen Sommertagen kann nur auf diese Weise eine wirksame Lüfterneuerung erfolgen. — Abends dagegen werden die mit zunehmender Abkühlung der Luft absinkenden Luftverunreinigungen, die aus dem Dunstdom der Stadt stammen, durch das Blätterdach der Baumkronen ausgefiltert.

Das Ausmass der Leistung von Grünflächen im Stadtklima wird deutlich, wenn man die Arbeitsleistung eines einzigen Baumes, einer freistehenden 80 bis 100-jährigen Buche durchrechnet. Bei einem Kronendurchmesser von 15 Metern und einer Höhe von 25 Metern bedeckt sie eine Standfläche von 160 m². Ihre Blattoberflächen ergeben, zusammengelegt, 1600 m² äussere Blattfläche. Die innere Blattfläche aber (die Summation der bei der Assimilation tätigen Zellwände) beträgt nach den Angaben der Pflanzenphysiologen (bei Walter) das Hundertfache, also 160 000 m². Das Trockengewicht des gesamten Holzes dieses Baumes beträgt etwa 240 Zentner (15 m³ × 800 kg). Die Hälfte davon ist Kohlenstoff. Da in 1 m³ Luft im Durchschnitt 0,15 g Kohlenstoff enthalten ist, stammen die 120 Zentner im Baum aus 40 Millionen m³ Luft. Dieser eine Baum hat demnach den gesamten CO₂-Gehalt aus der angegebenen Menge Luft (das ist der Inhalt von 80 000 Einfamilienhäusern) in seiner 80-jährigen Lebenszeit herausgeholt und umgeformt. Das ist pro Tag der Rauminhalt von 3 Einfamilienhäusern. Als 80-jähriges Individuum verarbeitet der Baum pro Stunde 2352 g CO₂ und 960 g Wasser (zusammen 3312 g) unter Verbrauch von 6075 Kalorien Sonnenlicht zu 1600 g Glukose unter Abgabe von 1712 g Sauerstoff an die Luft (zusammen wieder 3312 g). Da der Mensch die Sauerstoffproduktion von 150 m² Blattfläche pro Jahr für sich verbraucht, sind theoretisch 30–40 m² Grünfläche pro Einwohner aus diesem Gesichtspunkt erforderlich.

Diese Klimaverbesserung ist besonders für die Innenstadt wichtig, also dort, wo die grünbedeckten Flächen immer mehr abnehmen. Grünflächen sind aber in ihrer stadtklimatischen Wirksamkeit nicht austauschbar, d. h. irgend wo am Stadtrand als Ersatz für die in der Innenstadt entfernten Bäume neu angelegten Pflanzungen werden stadtklimatisch für die City nicht mehr relevant.

Grünflächen sind somit nicht nur Gestaltungsmittel, wie sehr sie dies auch sind und wie oft leider diese Funktion allein in den Überlegungen des modernen Städtebaues gewertet wird. Grünflächen bedeuten mehr: wenn im Jahre 2000 die Städte immer dichter geworden sind, die Gebäude höher, die Zahl der Autos und die Abgasmenge sich vervielfacht haben, dann ist es einleuchtend, dass das Stadtklima, das heute bereits durch die extrem negativen Werte gekennzeichnet ist, noch schlechter wird; dass also der Reinhaltung der Luft eigentlich schon heute die erforderliche Berücksichtigung zuteil werden müsste. Denn die Bäume benötigen eben die 35 Jahre zu ihrem Wachstum! Eine Besserung des Stadtklimas kann nur durch eine planmässige Durchsetzung mit Grünflächen erzielt werden. Diese Funktion wird die wichtigste Rolle übernehmen müssen, der erst in weitem Abstand die anderen Auswirkungen bzw. ihre Berücksichtigung folgen. Bei der Verschiedenheit der städtebaulichen Situationen gibt es keine Rezepte für die notwendige Grünplanung. Aber der Grünplaner und der Stadtplaner muss um die naturwissenschaftlichen Voraussetzungen wissen.

Grünflächen sind im Hinblick auf ihre klimatischen Auswirkungen niemals funktionsarm, auch wenn niemand sie besuchen sollte (was Gott sei Dank nicht stimmt). Etwas anderes ist freilich die Frage, ob unsere durchschnittlichen Grünflächen mit ihrer «malerischen Streuung» von Bäumen, Sträuchern und Rasen den vom Stadtklima herkommenden Überlegungen entsprechen!

Interessant wird nun die Anwendung stadtklimatischer Erkenntnisse auf die Frage nach der Alternative: Verdichtung oder Auflockerung. Dabei wird allerdings übersehen, dass diese Frage so nicht gestellt werden darf. Beginnen wir mit der Verdichtung. Je stärker die Massierung der Baukörper, je grösser ihre Höhen, desto grösser sind ihre negativen Auswirkungen. (Verminderung der Durchlüftung, Erhöhung der Wärmespeicherung, der Temperaturen, Verringerung der Besonnung im Winter usw.) Ohne die Belastung des Verkehrs bei dieser zunehmenden Verdichtung jetzt mit in Rechnung zu stellen, muss festgestellt werden, dass jeder m³ Baumasse mehr eine Verschlechterung des Stadtklimas bedeutet, der nur durch intensivste Bepflanzung der notwendigen Freiräume begegnet werden kann. Hierbei genügt aber nicht nur das Aufstellen von bepflanzten Kübeln, sondern die Pflanzung von richtigen grossen Bäumen. Hierzu ist erforderlich, dass die Erdbedeckung der unterirdischen Garagen usw. so hoch ist, dass diese Bäume auch wachsen können. Warum auch nicht sollen die Zentren der zukünftigen Städte der tertiären Wirtschaft (Fourastier), die von Bürotürmen umstandenen grossen Plätze, späte Nachfahren der antiken Säulen der antiken Fora, die der Kommunikation der Fussgänger vorbehalten werden, durch ihre starke Bepflanzung stadtklimatisch relevant werden? Dass sie dann zugleich auch schön sind, ist sozusagen eine sehr wertvolle «Nebenwirkung».

avant tout aux centres des villes, là où les espaces libres tendent le plus à disparaître. Ne commettons pas l'erreur de penser qu'ils pourraient être interchangeable à l'intérieur d'une agglomération donnée! Les airs arborisés se trouvant par exemple dans la zone suburbaine ne jouent aucun rôle sur le climat régnant au cœur de la cité.

C'est dire qu'il n'est plus permis de considérer les espaces verts comme de simples éléments architecturaux, comme on le fait encore trop souvent dans les milieux responsables. Leur importance est infiniment plus grande. Si la population continue à augmenter en même temps que la densité urbaine et la circulation automobile, le climat urbain actuel, déjà peu salubre, le sera encore bien moins en l'an deux mille. Il faut dès maintenant penser à l'assainir... et ne pas oublier que les arbres ont besoin de 35 ans pour grandir!

L'amélioration du climat urbain est donc étroitement liée à l'aménagement systématique d'espaces arborisés. C'est même là leur fonction primordiale qui dépasse en importance toutes les autres. Comme les conditions topographiques et autres varient d'une ville à une autre, il est d'autant plus indispensable aux architectes-urbanistes de connaître exactement le fonctionnement des espaces verts en tant que facteur climatique urbain. Même si elles n'étaient pas fréquentées, ce qui n'est heureusement pas le cas, les zones de verdure exercent une influence prépondérante sur la salubrité d'une ville. La question reste de savoir si la répartition habituelle en gazons et massifs plus ou moins pittoresques apporte la solution optimale aux problèmes qui se posent. D'un autre côté, l'étude des nouvelles conditions climatiques créées par le phénomène d'urbanisation jette un jour intéressant sur le conflit qui oppose les partisans de la construction étalée en surface et ceux de la construction intensive en hauteur, mais ce serait mal poser le problème que de s'en tenir à cette alternative.

Prenez le cas de la construction intensive en hauteur. Nous avons vu que les bâtiments élevés exercent une influence négative sur le climat urbain: ils empêchent la circulation normale de l'air, emmagasinent la chaleur, favorisent les températures excessives en été et diminuent la durée d'ensoleillement en hiver. Sans même vouloir parler des difficultés de trafic qui règnent à l'état permanent dans les agglomérations intenses, constatons que chaque mètre cube de construction en plus contribue à détériorer le climat urbain et que seule une arborisation poussée des espaces libres pourrait y remédier. Mais il ne s'agit pas de se contenter de récipients de béton fleuris. Il faut planter beaucoup de grands et de beaux arbres. Il faut que les garages souterrains soient recouverts d'une couche d'humus suffisante pour de fortes racines. D'ailleurs, les centres des villes futures centrées sur l'économie tertiaire (Fourastier) pourraient fort bien tenir compte des exigences climatiques du milieu urbain. De hauts buildings commerciaux entoureraient des îlots de verdure fortement arborisés et réservés aux piétons. L'ensemble rappellerait les forums antiques fermés par des colonnades et donnerait cette impression de beauté qui caractérise en second lieu toute architecture fonctionnelle.

Occupons-nous maintenant de l'urbanisme propageant l'étalement de l'habitat. Il est évident que la construction de zones résidentielles en discontinu sur des lotissements de 1000 m² et plus jette un défi à l'accroissement démographique et à la pénurie croissante de terrain. Le problème ne peut pas se résoudre purement et simplement par la construction de grands ensembles. Il faut plutôt penser à une solution moyenne consistant à limiter la superficie de terrain libre accordé à chaque particulier, comme c'est le cas avec l'atrium romain et les applications modernes qu'on a pu en faire. Pour ces «chambres de verdure privées», il faut compter avec un minimum de 200–250 m² et un maximum de 350 m² tout au plus. En projetant deux voies d'accès aux habitations, l'une pour le trafic et l'autre pour les piétons (cette dernière dans la bande de verdure prolongeant les jardins particuliers), on pourrait inclure ces derniers dans le calcul des espaces verts régularisateurs du climat urbain. L'aménagement de zones résidentielles de cet ordre et la mise à disposition du terrain nécessaire ne devraient pas rencontrer de grands obstacles. Au recensement de 1961, la République fédérale allemande comptait

4 010 000 ménages d'une personne
5 156 000 ménages de deux personnes
10 294 000 ménages de plus de deux personnes.

Si l'on admet que la moitié des ménages de plus de deux personnes disposent déjà d'un jardin sous une forme ou une autre, il reste 5 millions de ménages à satisfaire. En comptant en moyenne 300 m² par jardin, on arrive à une surface nécessaire totale de 1500 km², soit 0,6% du territoire du pays. Ce pourcentage est ridiculement bas. Indiquons encore à titre de comparaison comment se répartit l'espace utile pour les agglomérations de plus de 10 000 habitants de la République fédérale:

Habitat	19,9%
Réseaux de circulation	9,0%
Espaces verts	2,9%

direction which reaches the smaller and larger spaces. On hot and calm summer days quite an efficacious reconditioning can take place in this way. In the evening, however, the air pollution will come down from the dust-dome above the city as the air is getting cooler, and that is when the filtering action of the foliage of the trees will set in.

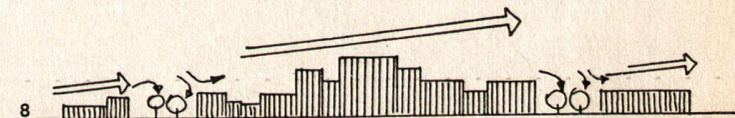
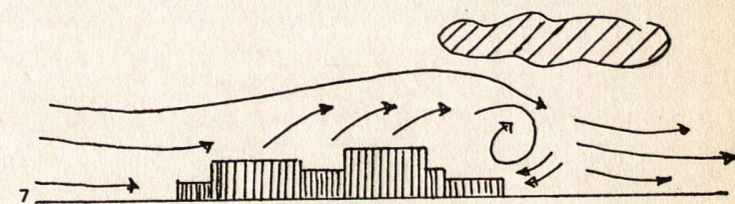
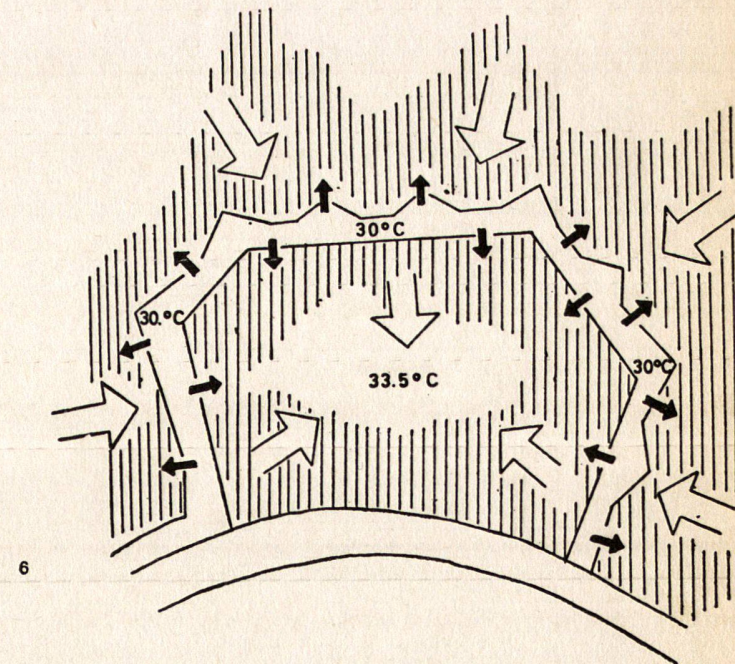
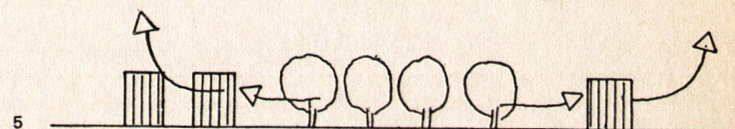
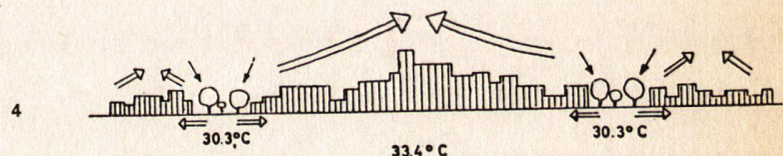
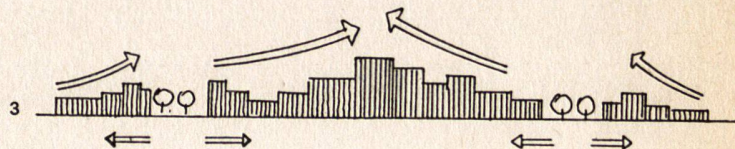
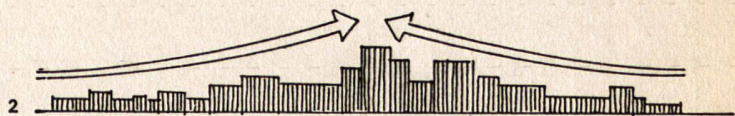
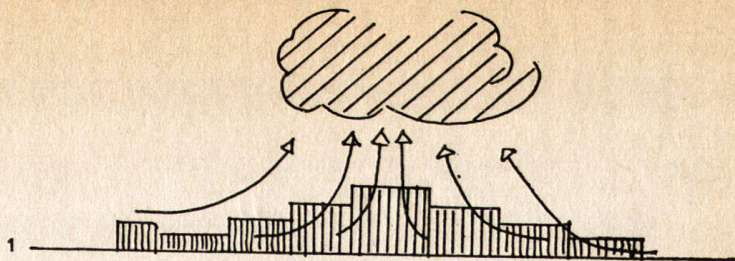
What green spaces can perform in the interest of the climate of a city is best illustrated by the work done by a single tree. Let us take a free standing beech, 80 to 100 years old. With its crown of 15 meters in width and its height of 25 meters it covers a spot of 160 m². The total surface of all its leaves adds up to 1600 m². But this is the outer surface; the inner surface of the leaves, i.e. the total of the cell walls which are active in assimilation, makes up a hundred times as much—according to plant physiologists (Walter)—that is 160 000 m². The dry weight of all the wood of this tree is about 240 cwt (15 m³ × 800 kg). Half of this is carbon. As one m³ of air contains 0.15 g of carbon on an average, the 120 cwt of this tree result from 40 million m³ of air. Consequently, in its 80 years of life this single tree has taken up and transformed the total carbon content of 40 million m³ of air (that is of 80 000 one family houses, or the volume of 3 houses per day). At the age of 80 this tree transforms 2352 g of CO₂ and 960 g of water (making a total of 3312 g) per hour into 1600 g of glucose, using up 6.075 Cal. of sunlight, and giving 1712 g of oxygen to the air (totalling again 3312 g). As a man uses up the oxygen production of 150 m² of leaf-surface per year himself, theoretically 30 to 40 m² of green space are required per inhabitant from this point of view.

Improvement of the climate of a city is of special importance as far as the center is concerned. That is where the green spaces are small—if there are any—and have a tendency of getting still smaller. It must be pointed out that green spaces are not interchangeable if they are to have any influence on the climate of the city. Or, in other words, a tree cut down in the center of the town cannot be replaced by a tree planted somewhere at the edge of the town, where its influence on the climate is irrelevant.

As we see, green spaces are much more than ornaments to enhance the beauty of our cities, although, in planning, they are often valued on that account only. This is by no means their only merit. If in the year 2000 we have cities which are built still more densely, with still higher houses, more cars and greater quantities of exhaust gases, then it will be evident that the city climate—already now conspicuous by negative values—is still worse, and it follows that all the measures that can be taken in the interest of keeping the air in tolerable condition should be carried out now. A tree requires about 35 years to grow. Improvement of the city climate can only be achieved by green spaces that are carefully planned. Theirs will be the greatest contribution to establishing tolerable conditions. All other measures that might help should not be neglected—but they should come in the second place. As the situation is different in each case, no hard and fast rules about planning and layout of the greens can be given, but those who are in authority and the city planners should at any rate be acquainted with the scientific aspects. As regards climatic conditions in a city green spaces will always accomplish an important task. This makes them so valuable, even if they should not be really used as recreation grounds as it is sometimes (quite wrongly) claimed. Whether their lay-out—with "picturesque" variations of trees, bushes, shrubs and lawns—is always to best advantage in the interest of climate improvement is a different matter.

Practical application of what we know about their influences on climate depends on the question whether greater density in city building or, on the contrary, greater dispersion is to be recommended. If such an alternative is to be taken into consideration at all, then we should first be clear about what greater density actually means. In examining this question we find that the negative effects (impairment of air exchange, heat accumulation, higher temperatures, less sunshine in winter, etc.) will increase in proportion to the larger masses of the buildings and their height. Even if we leave the heavier traffic apart which will necessarily be the consequence of compact building, we find evidence to show that every additional m³ of building masses has its definite deleterious effect on climate within the city which can only be made good by intense planting of the free spaces between the buildings. Placing large tubs with plants will not meet the case; the only answer is trees of quite some size, and consequently the subterranean garages and other rooms should be covered with a layer of soil thick enough to allow for the trees to grow to substantial heights. Why should not the centers of the future cities (of the Tertiary Economy, according to Fourastier), which are accessible only to pedestrians and consisting of large spaces surrounded by office towers—late descendants of the classical columns around the forum of the ancient world—become healthy places, thanks to intense plantings warranting a healthier climate. If they look attractive at the same time—so much the better.

The other extreme, innumerable houses with gardens of a size of 1000 m² and more—thus spreading the living quarters over a very large area—must be ruled



1 An windstillen, heissen Tagen bildet sich über der Stadt ein Tief, das von den Seiten aufgefüllt wird.

2 Ständige Zunahme der Luftverunreinigungen und der Temperatur nach der Innenstadt zu.

3 Unterbrechung der Zunahme der Luftverunreinigungen, Luftfilterung durch Grünflächen.

4 Unterbrechung der Zunahme der Temperatur, Abkühlung der Luft durch Grünanlagen, Versorgung der Baugebiete mit kühler, sauberer Luft.

5 Schema des Temperaturausgleichs zwischen Grünflächen und Bebauung: Reinigung der absinkenden Luft durch die Bäume, Abfließen der kühlen, sauberen Luft in die Baugebiete.

6 Wirksamkeit einer konzentrischen Grünfläche auf die Temperatur.

7 Bei windigem Wetter: Verschmutzung der Stadt von der Hauptwindrichtung her. Schematischer Verlauf der Luftströmung.

8 Filterung, Entstaubung der Luft durch Grünflächen.

1 Par temps calme et chaud, une pression faible se forme au-dessus de la ville et des courants latéraux viennent la combler.

2 La pollution de l'air et la chaleur augmentent toujours plus vers le centre de la ville.

3 Comment les espaces verts permettent de lutter contre la pollution de l'air en le filtrant au passage.

4 Comment les espaces verts permettent de lutter contre une chaleur excessive et d'assurer la ventilation des quartiers environnants au moyen d'air pur et frais.

5 Schéma des échanges entre les espaces verts et les blocs de constructions: l'air pollué retombant sur les feuillages est filtré et un courant d'air pur et frais s'échappe aux alentours.

6 Influence d'une ceinture de verdure sur la température ambiante.

7 Par temps venteux, la pollution de l'air est la plus forte dans le quartier opposé au vent. Schéma des courants.

8 Comment les espaces verts permettent de filtrer l'air pollué.

1 On calm hot days a depression is formed above the city which is filled from the sides.

2 Continual increase of air pollution as well as of temperature in direction of the center of the city.

3 The increase of air pollution is interrupted by the Greens, and the air is filtered.

4 Interruption of the temperature rise, cooling down of the air by the Greens, providing the built up areas with cool, salubrious air.

5 Diagram showing the balancing of temperatures between the Greens and the built up areas. Filtering of the falling air by trees. Cooler and cleaner air flows to the built up centers.

6 Effects of concentrically laid-out Greens on temperature.

7 On windy days. Diagram showing the direction of the main air currents and pollution of the town.

8 Filtering action of the Greens.

Dass das andere Extrem, nämlich die Auflösung der Wohngebiete in 1000 m² und mehr grosse Einzelgartenparzellen in den Ballungsgebieten mit der dortigen Landknappheit nicht Schritt halten kann, ist einleuchtend. Doch wird dieses Problem durch alleinige Propagierung von Wohntürmen nicht gelöst. Zwischen beiden Extremen liegt der goldene Mittelweg, nämlich die Beschränkung des für die private Sphäre des Menschen in der Spannung gegenüber der öffentlichen Sphäre notwendigen abgeschlossenen, naturbewachsenen Freiraumes auf ein Minimum, wie es das alte Atrium der Römer und die heutigen modernen Abwandlungen ermöglichen. 200–250 m² Grundstücksgrösse dürfte dann allerdings das Minimum sein, sonst wird das «grüne Zimmer» zu klein. Über 350 m² sollte aber das Grundstück nicht hinausgehen. Wird dann eine doppelte Erschliessung eingeplant (getrennt für Autos und Fussgänger, letztere in den verbreiteten Streifen zwischen den Gartenflächen der Grundstücke), dann können diese privaten Grünräume sehr wohl in die stadtklimatisch wirksamen Grünflächen mit einbezogen werden. Erschliessungsmässig usw. müssten solche Wohnquartiere durchaus einzuordnen sein. Auch ihr Flächenbedarf fällt nicht mehr entscheidend in das Gewicht. In der Bundesrepublik Deutschland gibt es nach der Volkszählung 1961:

4 010 000 Haushaltungen mit 1 Person
5 156 000 Haushaltungen mit 2 Personen
10 294 000 Haushaltungen mit mehr Personen.

Unterstellt man, dass die Hälfte der Haushalte mit mehr als 2 Personen bereits einen Garten in irgendeiner Form besitzen, dann bleiben nur rund 5 Millionen Haushalte übrig, die vielleicht einen Garten besitzen möchten. Bei einer Gartengrösse von 300 m² sind dies 1500 km² = 0,6% der Bodenfläche der Bundesrepublik, also eine verschwindend geringe Fläche. Zum Vergleich hierzu die einzelnen Nutzungen der Flächen in den Städten über 10 000 Einwohnern in der Bundesrepublik:

bebaute Flächen	19,9%
Verkehrsflächen	9,0%
Grünflächen	2,9%
landwirtschaftliche Flächen	43,0%
forstwirtschaftliche Flächen	18,4%
Gewässer	3,1%
sonstige Flächen	3,7%

Sinn dieser Überlegungen war es, die klimatische Seite von Grünflächen mehr in den Vordergrund zu stellen. Selbstverständlich ist die stadtklimatische Auswirkung nicht die einzigste. Denn die Städte sind nicht nur Orte des Wohnens, des Arbeitens, des Geldverdienens, des Geldausgebens, des Verkehrs, der Kultur. «Urbanität», das viel missbrauchte Wort für etwas, was wir nicht besser umschreiben können, ist vielmehr die Summe dessen, was dem Menschen in der Stadt sein Mensch-Sein garantiert, ein Mensch-Sein, das mit der Ratio allein am wenigsten zu begreifen ist. Hier leistet die Natur mit ihren letzten Oasen in den Grünflächen eine entscheidende Hilfe. Dann aber ist es dringende Zeit, sie heute schon für das Jahr 2000 anzulegen und die Bäume zu pflanzen.

Literatur

- Bernatzky, A., Die Beeinflussung des Stadtklimas durch Grünanlagen. In: Städtehygiene 1958, S. 191–195.
Bernatzky, A., Von der mittelalterlichen Stadtbefestigung zu den Wallgrünflächen von heute. Ein Beitrag zum Grünflächenproblem deutscher Städte. Berlin-Hannover 1960. 123 Seiten (dort weitere Literatur).
Bernatzky, A., Das öffentliche Grün / Aufgaben und Verwirklichung. In: Die öffentliche Wirtschaft 1964, S. 170–178.
Goldmerstein, J. und Stodick, K., Wie atmet die Stadt. Berlin 1931.
Hellpach, W., Kultur und Klima. In: Klima-Wetter-Mensch. Heidelberg 1952.
Hennebo, D., Staubfilterung durch Grünanlagen. Berlin 1955.
Kratzer, A., Das Stadtklima. Braunschweig 1956 (weitere Literatur).
Lamp, W., Untersuchungen über den Staubgehalt einer vom Krieg teilweise zerstörten Grosstadt. Dipl.-Arbeit TH Darmstadt 1947.
Landsberg, H., Atmospheric Condensation Nuclei. Ergebn. d. Kosm. Phys. 3, 155–252, 1938.
Landsberg, H., Climatology and its part in pollution. Met. Monographs I (4), 7–7, 1951.
Reifferscheidt, H., Staub in Trümmerstädten. In: Die Umschau 50, S. 393, 1950.
Walter, H., Grundlagen des Pflanzenlebens. Stuttgart 1950 (Band I).
Walter, H., Grundlagen der Pflanzenverbreitung. Stuttgart 1951 (Band III).
Schematische Darstellung der Wirksamkeit von Grünflächen

Economie agricole	43,0%
Economie forestière	18,4%
Eaux	3,1%
Divers	3,7%

Si le but de cet exposé a été en tout premier lieu de mettre en relief l'importance des espaces verts en tant que facteur climatique urbain, il est évident que cet aspect n'est pas le seul à être intéressant. Les villes sont davantage que des lieux de peuplement intense, des centres d'activité et de relations, des foyers d'échanges commerciaux et culturels. Elles servent de berceaux aux civilisations et créent ce climat psychique particulier qui garantit le libre épanouissement de l'individu au delà d'un schéma purement rationnel. Les espaces verts, oasis et reflets de la nature au cœur de l'habitat, apportent à cette évolution une contribution de valeur. Il est donc urgent de favoriser l'essor des cités futures en plantant d'ores et déjà les arbres de l'an deux mille.

Références

- Bernatzky, A. «Die Beeinflussung des Stadtklimas durch Grünanlagen» dans «Städtehygiene» 1958, pages 191–195.
Bernatzky, A. «Von der mittelalterlichen Stadtbefestigung zu den Wallgrünflächen von heute». (Ein Beitrag zum Grünflächenproblem deutscher Städte.) Berlin-Hannover 1960, 123 pages (avec indication des sources).
Bernatzky, A. «Das öffentliche Grün» (Aufgaben und Verwirklichung) dans «Die öffentliche Wirtschaft» 1964, pages 170–178.
Goldmerstein J. et Stodick K. «Wie atmet die Stadt», Berlin 1931.
Hellpach, W. «Kultur und Klima» dans «Klima, Wetter, Mensch», Heidelberg 1952.
Hennebo, D. «Staubfilterung durch Grünanlagen», Berlin 1955.
Kratzer, A. «Das Stadtklima», Braunschweig 1956 (avec indication des sources).
Lamp, W. «Untersuchungen über den Staubgehalt einer vom Krieg teilweise zerstörten Grosstadt». Travail de diplôme TH Darmstadt 1947.
Landsberg, H. «Atmospheric Condensation Nuclei». Kosm. Phys. 3, pages 155–252, 1938.
Landsberg, H. «Climatology and its part in pollution». Met. Monographs I (4), 7–7, 1951.
Reifferscheidt, H. «Staub in Trümmerstädten» dans «Die Umschau» 50, page 393.
Walter, H. «Grundlagen des Pflanzenlebens», Stuttgart 1950 (tome I).
Walter, H. «Grundlagen der Pflanzenverbreitung», Stuttgart 1951 (tome II).
Schéma de l'influence climatique des espaces verts

out, too, as the land reserves are getting scarcer every year. Towers with flats to meet the problem of dwindling land reserves is certainly not the ideal solution either and, hence, adopting the middle course is the only possible alternative. It means limitation of man's private sphere—in opposition to the public sphere—to a certain extent, so that, indeed, such dwellings would form a modern counterpart to the classical Roman Atrium. The space should measure at least 200 to 250 m², else the "green chamber" would be too small, but it should not exceed 350 m² either. If segregation of motorized and pedestrian traffic is planned in such a way as to provide paths for pedestrians between the private greens, then these greens can form part of a general conception which includes measures for the improvement of the climate. The space requirements of these private greens are then by no means prohibitive. In Western Germany, for example, the census of 1961 shows that

4 010 000 dwellings are inhabited by one person
5 156 000 by two persons, and
10 994 000 by more than two persons.

Out of the latter 10 million families about 5 million may already have a garden, which means that, roughly, 5 million more families might wish to have one. If such a garden should measure 300 m², then the total area would be 1500 km²—which is equal to 0.6 per cent of the total surface of the Federal Republic. This is certainly not unreasonable, especially when compared to the general use made of the available area in towns with more than 10 000 inhabitants. Taking again Germany as an example, we find the following figures:

Surface covered by buildings	19,9%
streets and squares for traffic	9,0%
green spaces	2,0%
agricultural grounds	43,0%
forestry grounds	18,0%
ponds, rivers etc.	3,1%
other spaces	3,7%

Although in this article special emphasis is given to the influence of the greens on climatical conditions in the cities, the author is by no means of opinion that other considerations are of minor importance. Towns, after all, are not just places where to dwell, to work, to earn and to spend money. They should be more than places where we find culture. They should be places where one can live—in the full sense of this word. The Greens can highly contribute to making life in a town more worthy of a human being. But they must be planned ahead. They take time to develop. The trees for the year 2000 must be planted now.