

DIE PFLANZE IM MENSCHLICHEN LEBENSRAUM

Zur ökologischen Bedeutung der grünen Pflanze

SAUERSTOFF-FRAGE UND KLIMAWIRKUNG

Von Univ.-Doz. Dr. Bernd LÖTSCH

Dem Andenken Univ.-Prof. Dr. Richard Biebls gewidmet

Professor Richard Biebl, Vorstand des Pflanzenphysiologischen Institutes der Universität Wien (an dem der Verfasser mehrere Jahre als Assistent tätig war), war seinem Wesen nach der klassische Fall eines Grundlagenforschers.

Dennoch — oder vielleicht deshalb — pflegte er sich darüber zu freuen, wenn Teilbereiche seines Faches weitreichende praktische Bedeutung erlangten. So zeigte er lebhaftes Interesse für die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten, die besonders die Japaner für die Meeressalgen gefunden hatten (gerade die Meeressalgen hatten ihn als Forschungsgebiet — mit ganz anderer Zielsetzung — ein Leben lang beschäftigt).

Ähnlich erging es ihm, als die Grundtatsachen der Pflanzenphysiologie — Transpiration, Photosynthese — plötzlich im Zusammenhang mit dem „Großstadtgrün“ breitetes öffentliches Interesse erlangten.

Am äußeren Höhepunkt seiner akademischen Laufbahn als Rektor der Wiener Universität (1970/71), fand er sich sogar bereit, im Rahmen eines Empfanges, vor dem gesamten in Österreich akkreditierten diplomatischen Corps, zahlreichen Politikern und Journalisten einen Vortrag, „Die Pflanze im verschmutzten Lebensraum“, zu halten, der selbst bei diesem verwöhnten und naturwissenschaftlich sonst nicht übermäßig interessierten Publikum begeisterte Aufnahme fand. Es war dies nicht nur ein Erfolg seiner einnehmenden Erscheinung und seines charmanten Wesens, sondern auch der Art und Weise, wie er es verstand, die wissenschaftlichen Fundamente unseres Faches mit aktueller Lebensnähe zu verknüpfen.

Ich erinnere mich noch gerne an zwei unvergeßliche Diskussionsnachmittage, die ich mit meinem damaligen Chef zur Vorbereitung des erwähnten Vortrages verbringen durfte. Das Thema hat mich seither nicht mehr losgelassen.

EINLEITUNG

Die Vegetation in der Stadt ist nicht nur für den Ökologen interessant geworden. Denn nach jahrzehntelanger gedankenloser Dezimierung städtischen Grüns (hauptsächlich wegen der Flächenansprüche des Kraftfahrzeuges) sind eben die Reste dieses Grüns plötzlich — fast ohne Vorwarnung — innerhalb eines Jahres zur kommunalpolitischen Schicksalsfrage geworden (zum Beispiel auslösendes Moment für den Bürgermeisterwechsel in Wien im Jahre 1973).

Mit einem Ernst, der selbst Naturliebhaber verblüffte, wurde in Wien von den Kandidaten sämtlicher Fraktionen nun eben der Baum zum tragenden Wahlkampfthema gemacht.

Und während sie einander mit Baumschutzparolen zu überbieten suchten, mögen sie sich insgeheim kopfschüttelnd gefragt haben, was denn da in der Bevölkerung vor sich gegangen sei. Nur allzuoft fiel — hinter der vorgehaltenen Hand selbstverständlich — das Wort *Hysterie*.

Wir wären selbst mit dieser Deutung einverstanden — würde sie doch nichts anderes beweisen, als daß die Mehrzahl unserer Bürger die Lebensverhältnisse (oder Lebensfeindlichkeit) und den Denaturierungsgrad der modernen Großstadt so unerträglich findet, daß es bereits zu hysterischen Reaktionen kommt.

Man wird dieser Entwicklung später einmal rückblickend viel mehr Bedeutung beimessen als einer kurzen Hysterie. Es handelt sich nicht um eine „Mode“, sondern um ein klares Signal eines geistesgeschichtlichen Umschwunges in der zivilisierten Menschheit — das Ende einer ungehemmten Fortschrittseuphorie.

Der so aufgeklärte Mensch des 20. Jahrhunderts ist — ohne es zu wissen — wieder bei einem uralten Symbol mit neuem Inhalt angelangt. Beim *Lebensbaum*!

Als Biologen befassen wir uns aber nicht mit Symbolen, sondern mit lebenden Pflanzen.

Wo liegt der **objektivierbare Wert**, die **tatsächliche Funktion** der Pflanze im verbauten Gebiet?

An unserem Institut läuft derzeit eine von der Österreichischen Gesellschaft für Natur- und Umweltschutz und dem Adolf-Schärf-Fonds geförderte Untersuchung zur Erarbeitung „Wissenschaftlicher Grundlagen für die Stadtdurchgrünung“.

Eines der Hauptziele der Arbeit ist ein naturwissenschaftlich abgesicherter Argumentenkatalog für den Wert der Pflanze im menschlichen Lebensraum.

Grünelemente im Baugebiet bedeuten — wirtschaftlich gesehen — fast immer Flächenopfer. Man will wissen, was man dafür bekommt.

Bei kritischer Sichtung der weit verstreuten Literaturangaben und Meßdaten fanden wir eine Reihe gewichtiger Beweise für den erheblichen Einfluß der Pflanze auf das **Kleinklima**. Die Effekte sind zum Teil so ausgeprägt, daß wir selbst überrascht waren. Zielbewußt eingesetzt, könnte die Vegetation in der Stadt tatsächlich einer der wesentlichsten Faktoren für die Regulation des menschlichen Bioklimas — und damit des menschlichen Wohlbefindens — sein.

Eben weil diese — naturwissenschaftlich klar faßbaren — Effekte in hohem Maße bestehen, möchte ich mich vor ihrer genaueren Diskussion zuerst mit einem Argument auseinandersetzen, das trotz eines ebenfalls richtigen wissenschaftlichen Kerns dennoch viel Verwirrung gestiftet hat: der Sauerstoff-Frage.

Zur ökologischen Bedeutung der pflanzlichen Sauerstoffproduktion

Die Entdeckung des Phänomens.

Es war bereits um 1770 bekannt, daß Tiere in einem dicht verschlossenen Raum die Luft verschlechtern und schließlich an ihren eigenen Atmungsprodukten ersticken. Solcherart verdorbene Luft war für jedes weitere Tier, das man hineinbrachte, innerhalb von Sekunden tödlich.

Der englische Priester und Naturforscher Joseph PRIESTLEY hatte 1771 die Idee, danach zu fragen, ob auch Pflanzen in einer durch Atmung verdorbenen Luft sterben müßten.

Nicht viel mehr als ein Waschtrog und zwei Glasglocken waren für ein Genie wie PRIESTLEY nötig, um epochale Entdeckungen zu machen. Darin bereitete er zwei Quantitäten verdorbener Luft, indem er Mäuse unter Glasglocken, die in Wasser als „Sperrflüssigkeit“ standen, atmen und ersticken ließ (*“... prepared two quantities of air, made thoroughly noxious by allowing two mice to die in it“*). Diese Luft erstickte nun jedes Tier und jede Kerzenflamme augenblicklich (siehe Abb. 1).

Die Versuchsanordnung hatte den Vorteil, daß man Mäuse oder Pflanzen durch die „Sperrflüssigkeit“ hindurch ein- und ausführen konnte, ohne dabei die Luftzusammensetzung unter der Glasglocke zu verändern.

Nun steckte PRIESTLEY einen grünen Minzensproß in eines der Gefäße, um zu sehen, ob auch die Pflanze ersticken würde — jedenfalls erwartete er so etwas (*“... I own I had that expectation“* — schreibt er in der Originalarbeit) (Abb. 2).

PRIESTLEY wartete eine Woche, aber zu seiner Überraschung gedieh die Pflanze in der verdorbenen Luft bestens. Es entfalteten sich neue Blätter und etliche Knospen trieben aus.

War vielleicht die Versuchsanordnung undicht?

Um dies zu prüfen, brachte er Mäuse in das Kontrollgefäß, welches er ohne Pflanze hatte stehen lassen: Diese Tiere erstickten rascher, als er sie wieder herausziehen konnte!

Nun machte er den entscheidenden Gegenversuch. Er brachte Mäuse in die „Pflanzenluft“. Hier blieben die Versuchstiere die längste Zeit quicklebendig — in demselben Luftvolumen, in dem eine Woche zuvor zwei Kolleginnen elend erstickt waren (Abb. 3).

PRIESTLEY schrieb:

“This observation led me to conclude, that plants, instead of affecting the air in the same manner with animal respiration, reverse the effect of breathing, and tend to keep the atmosphere sweet and wholesome, when it is become noxious in consequence of animals either living and breathing or dying and putrefying in it“.

Als Freund PRIESTLEYS war Benjamin FRANKLIN (1706—1790) — Naturforscher (Erfinder des Blitzableiters), amerikanischer Diplomat und Mitbegründer der Vereinigten Staaten — öfter Augenzeuge solcher Experimente.

Tief beeindruckt schrieb er in einem Brief:

“I hope this will give some check to the rage of destroying trees that grow near houses...“

„Aus dieser Wahrnehmung schloß ich, daß die Pflanzen, statt die Luft auf nemliche Art anzustecken wie das thierische Athemholen, den Effekt der Athmung umkehren und danach streben, die Atmosphäre mild und heilsam zu erhalten, wenn sie durch Thiere verdorben war...“

„Ich hoffe, dies wird dem Wahnsinn ein Ende bereiten, Bäume in der Nähe von Häusern zu fällen...“

Wenn dies, wie wir zeigen werden, in dieser Form auch etwas zu einfach gesehen war, liegt dem Ausspruch doch die richtige Erkenntnis der Pflanze als unabdingbarer Bestandteil eines vollständigen Lebensraumes zugrunde.

Bevor wir nun unsererseits die praktischen Konsequenzen ziehen, sollten wir den zweiten entscheidenden Schritt in der Entdeckungsgeschichte der pflanzlichen Sauerstoffproduktion kurz erwähnen.

Es ist nämlich interessant und zugleich ein wenig tragisch, daß PRIESTLEY knapp daran vorbeiging, im vollen Sinne zum Entdecker der Photosynthese zu werden. Ein entscheidend wichtiger Faktor war ihm nämlich entgangen:

So vermochte er es nicht zu erklären, warum an manchem Morgen die Kerze auch in der Pflanzenluft nicht brennen wollte. Besonders gegen Jahresende 1771 häuften sich die Fehlschläge in PRIESTLEYS Labor.

Erst der holländische Arzt Jan INGEN-HOUSZ fand 1779 den Faktor, den PRIESTLEY übersehen hatte. Als führender Spezialist für die damals noch sehr riskante Form der Pockenimpfung (Variolation) war er von Van SWIETEN an den Hof Maria Theresias berufen worden. Er kann in gewissem Sinn als Lebensretter zahlreicher Sprosse des österreichischen Kaiserhauses betrachtet werden. Er genoß größtes gesellschaftliches Ansehen und die Freiheit, sich in Wien (mit seinem Freund und späteren Schwager, dem Botaniker JACQUIN) und in England (angeregt durch PRIESTLEY) ausgedehnten naturwissenschaftlichen Studien zu widmen.

Wodurch erklärten sich die Fehlschläge PRIESTLEYS? Wann verbesserten die Pflanzen nun die Luft und wann nicht?

INGEN-HOUSZ sperrte die Pflanzen nicht in abgeschlossene Lufträume, sondern tauchte sie vollkommen unter Wasser und konnte so das „heilsame“ Gas, das ihnen entströmte, als Bläschen sichtbar machen (Abb. 4). Damit — und das war das wichtigste — konnte er den **genauen Zeitpunkt** der Gasentwicklung beobachten. Sein Ergebnis: Die „reine“ Luft (Sauerstoff) wird nur bei Sonneneinwirkung und nur von den grünen Teilen der Pflanze entbunden. Er hatte auch schon erkannt, daß es das **Licht** und nicht die Wärme der Sonne war. (Wir wissen heute, daß natürlich auch Kunstlichtquellen die Photosynthese treiben können.)

Den Lichtfaktor also hatte PRIESTLEY übersehen.

Deshalb waren seine Ergebnisse vom Zufall abhängig gewesen — etwa davon, ob die Pflanzen eine lange Nacht hinter sich hatten (Kerzentest am Morgen), oder ob die Tage zu dieser Jahreszeit schon sehr kurz wurden (gegen Jahresende), oder einfach davon, ob er die Versuchsgefäße nahe am Fenster oder im hintersten Winkel seines Labors aufgestellt hatte.

Da die Pflanzen im Dunkeln selbst atmen, könnte nun der Eindruck entstehen, daß die Sauerstoff-Produktion während des Tages durch die nächtliche Sauerstoff-Zehrung wieder wettgemacht werden könnte. Der nächtliche Gaswechsel der Pflanze ist aber (schon wegen der im Dunkeln geschlossenen Spaltöffnungen der Blätter) ungleich geringer als der gegenläufige Vorgang bei Tag. So wird normalerweise nachts höchstens ein Fünftel bis ein Drittel des täglichen Sauerstoff- und Substanzgewinnes verzehrt. **Positive Sauerstoffbilanz** und **positive Stoffbilanz** (das ist Wachstum- und Substanzproduktion) einer Pflanze müssen ja nach der Photosynthese Gleichung stets parallellaufen.

Übrigens fand INGEN-HOUSZ, daß für produktive Pflanzen bereits ein bis zwei Stunden im Sonnenlicht genügte, um die verdorbene Luft unter der Priestleyschen Glocke wieder völlig zu regenerieren.

Auch er war von der praktischen Bedeutung seiner Entdeckungen überzeugt: „So habe auch ich diesen Gegenstand beydes als Philosoph und Arzt zu bearbeiten versucht“.

Wie sehen wir die Frage heute ?

Halten wir fest: Diese überzeugenden Beobachtungen zur pflanzlichen CO_2/O_2 -Austauschfunktion gelangen in **geschlossenen Systemen!** Unter diesen Versuchsbedingungen ist die quantitative Bedeutung der pflanzlichen „Luftverbesserung“ unbestreitbar. Hier entscheidet sie über Leben und Tod der Versuchstiere.

Wir kennen in der Natur etliche Lebensräume, die hinsichtlich ihrer CO_2/O_2 -Bilanz solchen geschlossenen Systemen recht ähnlich sind. Dies gilt für viele stehende Gewässertypen, besonders schön demonstrierbar an eingespielten Großaquarien. Hier macht dichte Begrünung das Becken völlig unabhängig von jeder externen Sauerstoffversorgung (Abb. 5). (Siehe J. KNAACK, 1956.) Während die von der Oberfläche ins Gewässer eindiffundierende Luft den Sauerstoff nur als 21prozentige Beimengung enthält (Po_2 1/5 atm) und die Diffusion in Flüssigkeiten überdies viel zu langsam ist, um die Sauerstoffzehrung in Nähe des Bodenschlammes abzudecken, scheiden die Wasserpflanzen eben dort, am Ort des größten Bedarfes, **reinen** Sauerstoff aus. Je mehr CO_2 (beziehungsweise Bicarbonat) aus Fäulnis und Atmung der übrigen Glieder der Lebensgemeinschaft anfällt, umso intensiver wird die pflanzliche Sauerstoffproduktion (Abb. 6).

Daraus erklärt sich der große Beitrag, den Wasserpflanzen für die O_2 -Versorgung ihres Lebensraumes leisten können, was einerseits zu lokalen O_2 -Übersättigungen (Bläschenbildung) und andererseits zu einer erheblichen Steigerung der natürlichen Selbstreinigungskraft des Gewässers führen kann. Selbst im Rhein soll die pflanzliche O_2 -Produktion streckenweise 50 Prozent des O_2 -Verbrauches abdecken.

Global gesehen kann der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre wohl als recht stabil betrachtet werden (siehe unten). Selbst eine weltweite Sauerstoffzehrung um einige Zehntel Prozent — von 20,8 Prozent auf 20,5 Prozent —, wäre vom Standpunkt des Sauerstoffspiegels und der Atemphysiologie wahrscheinlich noch nicht lebensbedrohend (O_2 -Gehalt der ausgeatmeten Luft 16 Prozent). Man vergißt bei solchen Überlegungen aber allzuleicht, daß dies ja gleichzeitig eine Verzehnfachung des CO_2 -Gehaltes in der Atmosphäre (von 0,03 auf 0,3 Prozent) mit sich bringen würde! Und dies müßte — abgesehen von den umstrittenen meteorologischen Effekten — eine tiefgreifende, stellenweise dramatische Störung der sehr empfindlichen Stoffgleichgewichte in aquatischen Lebensräumen mit sich bringen (Verschiebung von Löslichkeitsgleichgewichten, zum Beispiel Schwermetalllöslichkeit, Kalklöslichkeit, Änderung von CO_2/O_2 -Quotienten in bereits grenzbelasteten Ökosystemen und so weiter).

Diese Probleme mußten hier angeschnitten werden — nicht um tatsächlich globale Katastrophen anzukündigen, sondern um gegen die leichtfertige Selbstsicherheit vorzugehen, mit der sich ökologisch ungeschulte Publizisten besonders in technischen Fachzeitschriften über die diffizilen Fragen atmosphärischer Bilanzen auslassen.

Als jüngste und aktuellste Version der Priestleyschen Glocken können die amerikanischen und deutschen Versuche betrachtet werden, Weltraumstationen mit „selbstregenerierendem lebenserhaltendem System“ zu entwickeln (*“self regenerating life supporting systems“*). (Vergleiche die NASA-Experimente, cit. in BIOLOGICAL SCIENCE, 1968, sowie Ideen von SCHLEGEL, 1968.) In mehrtägigen Experimenten konnten 55 Liter Chlorella-Algen-Suspension die Atmung eines Cebus-Äffchens überkompensieren, wobei der O_2 -Gehalt sogar von 21 Prozent auf 24,5 Prozent anstieg (Abb. 7). (Literatur: ZURAW et al. 1960, ELEY und MYERS, 1964, GOLUEKE und OSWALD, 1964.)

Wir beschäftigen uns derzeit auch mit der Frage¹, wieweit es sinnvoll sein könnte, die Klassenräume von zukünftigen Schulen mit intensiv bepflanzten Glashäusern (etwa überlasten Schulhöfen) zu koppeln. Statt die unter großem Energieaufwand

¹ Angeregt durch Schulbauarchitekt Dr. OTTEL, Wien.

aufgeheizte Raumluft der Klassenzimmer mit der Lüftung auf die Straße zu werfen, wäre es energetisch rationeller, sie im temperierten Glashaus einem photosynthetischen CO_2/O_2 -Austausch zu unterziehen und wieder in die Unterrichtsräume zurückzupumpen. (Außerdem wäre dies mit einer atemphysiologisch günstigen Anfeuchtung und Staubfilterung verbunden.) Da

1. gerade Klassenräume einen besonders hohen Luftwechsel brauchen,
2. der Unterricht der Zukunft — bedingt durch audiovisuelle Medien — zu einem erheblichen Teil in verdunkelten und daher mechanisch belüfteten Räumen stattfinden wird und
3. Energiesparstrategien und physiologisch richtige Lebensraumgestaltung dominierende Planungsziele sein werden,

ist es zumindest berechtigt, solche Utopien grundsätzlich zu durchdenken (vergleiche auch BURIAN, 1973). Bei Anordnung der Pflanzenkulturen in drei Dimensionen müßten 3 m^2 Glashaussfläche pro Schüler gelten.

Und schließlich kann auch die Atmosphäre des „Raumschiffes Erde“ in ihrer Gesamtheit als geschlossenes System aufgefaßt werden, dessen Sauerstoffgehalt im Laufe der Erdgeschichte hauptsächlich durch die grüne Vegetation aufgebaut wurde und nun einen konstanten Gleichgewichtswert erreicht hat. Auf die zahlreichen geochemischen und paläobotanischen Hinweise für diese Annahme kann hier nicht eingegangen werden. Ein Mitarbeiter unseres Institutes arbeitet derzeit an einer größeren Literaturstudie zu diesem Fragenkreis.

PRAKTISCHE KONSEQUENZEN FÜR DIE ARGUMENTATION

Die photosynthetische Sauerstoffproduktion ist also kein leerer Wahn, sondern gemeinsam mit der photosynthetischen Substanzproduktion der wichtigste lebenserhaltende Fundamentalprozeß auf diesem Planeten. Auch für geschlossene und quasisgeschlossene Teilsysteme ist der direkt lebenserhaltende Einfluß der pflanzlichen O_2 -Entwicklung zur Stabilisierung der CO_2/O_2 -Bilanz unbestreitbar.

Bei den wenigen städtischen Grünräumen aber handelt es sich um offene, terrestrische Systeme in mehr oder weniger freiem Austausch mit der Atmosphäre (wenn auch die hohen Schadstoffanreicherungen in der Großstadtluft zeigen, daß der Austausch mit der übrigen Atmosphäre doch nicht so frei ist, wie man gerne glauben möchte). Jedenfalls übertreffen die sauerstoffzehrenden Prozesse der Ballungsräume (Autos, Verbrennung, Atmung) die pflanzliche O_2 -Produktion, die hier möglich ist, um Größenordnungen.

Man sollte auch nicht den Eindruck erwecken, man stünde unter einem Baum wie unter einer Sauerstoffdusche. O_2 kann die Pflanze nur in dem Maße bilden, wie sie CO_2 in der Außenluft zur Verfügung hat. Da der CO_2 -Gehalt der Luft selbst im Stadtbereich nur selten über 0,1 Prozent steigt, kann man sich ausrechnen, daß die Abgabe äquivalenter O_2 -Mengen nicht zu dramatischen lokalen Konzentrationserhöhungen des O_2 -Spiegels führen kann. (Wenn es sich auch im Fließgleichgewicht um eindrucksvolle Liter-Zahlen handeln kann.)

Hingegen vermag die Fähigkeit des Laubwerks zur Absorption bestimmter Gase in dicht begrüntem Beständen eine deutliche Verarmung an gasförmigen Schadstoffen zu bewirken (vergleiche zum Beispiel die extrem niedrigen CO -Werte, die sogar in relativ verkehrsnahen Grünanlagen gemessen werden). Hier sind aber noch genauere Untersuchungen nötig.

Wir haben die ökologischen Aspekte der photosynthetischen Sauerstoffbildung ausführlich diskutiert, um den scheinbaren Widerspruch aufzulösen, der bisher darin bestand, daß sie zwar unbestreitbar

- a) **der wichtigste biologische Fundamentalprozeß auf der Erde ist, und dennoch**
b) **in Fragen der Stadtdurchgrünung aus der Argumentation herausgehalten werden sollte.**

Behauptungen, die Sauerstoffproduktion der Pflanze sei ein Mythos, sind ebenso unwissenschaftlich und falsch wie Meldungen im anderen Extrem: „20 Bäume gefällt — wieder ein Stück näher dem Erstickungstod“.

Damit keine Verwechslung aufkommt: Eine Argumentation wie diese ist nicht emotional (wie gerne behauptet wird). Sie ist schlichtweg falsch — das ist ein wesentlicher Unterschied! **Emotionale** Argumente gegen das Fällen der erwähnten Bäume wären etwa folgende:

- „Wieder wird das Stadtbild ärmer um ein Stück Naturerinnerung— an dem noch der Wandel der Jahreszeiten erlebbar war
- Blütenduft, Blätterrauschen, Vogelstimmen
- Wieder ein Schritt näher der totalen Versteinerung städtischen Lebens
- Wieder ein Stück weniger, welches noch zur Unverwechselbarkeit dieses Viertels beigetragen hat und damit seinen Bewohnern Identifikationsmöglichkeit und Heimatgefühl geschenkt hat ...“

Das wären emotionale Argumente — **und diese würden stimmen!** Sie sind unanfechtbar und berechtigt im Hinblick auf eine ganze Reihe menschlicher Grundbedürfnisse. Nur wenn man die emotionale Seite des menschlichen Daseins leugnet (was übrigens unwissenschaftlich ist, weil man eine Realität abstreitet), was auch bereits zu grausamen Fehlentwicklungen im modernen Städtebau geführt hat, zwingt man die Menschen, ihr berechtigtes Unbehagen hinter pseudorationalen Argumenten zu verschanzen — weil ja nur das **Rationale** anerkannt wird in dieser smarten Erfolgsgeneration von Technokraten und Grundstückspekulanten — von denen Horst STERN treffend sagt, es sei sinnlos, mit ihnen zu streiten, denn „sie kennen den Preis von allem und den Wert von nichts.“

Die Erkenntnis, daß es sich bei der Pflanze um eine Funktionseinheit mit starkem **Emotionswert** und neuerdings auch wieder **Symbolcharakter** handelt, soll aber keineswegs von der Tatsache ablenken, daß wir heute eine ganze Reihe gewichtiger naturwissenschaftlicher Argumente für ihre Funktion als Kleinklimaregulator haben, welche die Grünelemente als wesentliche Faktoren einer ökologisch richtigen Lebensraumgestaltung erkennen lassen.

Pflanze und Stadtklima

1. DIE KLIMAWIRKUNG

a) Schattung

Laubblätter nutzen die Sonnenenergie (sie fungieren als „**Photorezeptoren**“). Deshalb beträgt die Oberflächenentwicklung einer Baumkrone das 3- bis 10fache der überdeckten Bodenfläche. Der Baum ist eine Lebensform, entstanden im Kampf um das Licht. Die resultierende Schattenwirkung seines Laubwerks verhindert das sommerliche Aufheizen von Asphalt- und Betonflächen sowie von Baukörpern. Die als „**Backofeneffekt**“ bekannte Wärmespeicherung urbaner Steinmassen läßt das Lokalklima immer wüstenähnlicher werden und bedingt zu bestimmten Tageszeiten eine Überhitzung des Zentrums gegenüber dem grünen Umland von 4 bis 11° C. Dadurch wird besonders die wohltuende abendliche Abkühlung verhindert, weil die künstliche,

wasserabweisende „Felsenlandschaft“ nach Sonnenuntergang die tagsüber gespeicherte Wärmeenergie bis über Mitternacht hinaus langsam abstrahlt. Günstig sind in diesem Zusammenhang Fassadenbegrünungen mit Veitsch (*Parthenocissus Veitschii*), da sie als Fassadenbeschattung und Luftbefeuchter (siehe unten) fungieren. Die heute bevorzugt verwendete verputzlose Bauweise eignet sich hierfür bestens. Als eine ebenfalls gegen die Überhitzung der Baukörper gerichtete Maßnahme kann die Einplanung **enger** Gassen betrachtet werden, wie sie in südeuropäischen Klimabereichen längst bewährt ist. Dies verlangt jedoch den Ausschluß des individuellen Kfz-Verkehrs aus solchen Bereichen. Die Aufheizung urbaner Steinmassen trägt auch wesentlich zur Ausbildung der Staubglocke („*dust dome*“) bei (siehe Abb. 8).

b) Luftbefeuchtung

Blätter sind nicht nur Photorezeptoren, sondern auch **Gaswechsellorgane**. Ihre Form ist auch aus dieser Funktion heraus erklärbar. (So gibt es auch im Tierreich Kiemen in Blattform — wie etwa die Blattkiemen der Eintagsfliegenlarven oder die Schwanzblätter der Kleinlibellenlarven.) Mann kann die Baumkrone als eine nach außen gestülpte Lunge auffassen. Ihre Hauptaufgabe ist allerdings die Absorption der atmosphärischen Kohlendioxid-Spuren (Stationärkonzentration 0,03 Prozent). Angesichts des mehrere Tonnen schweren, mächtigen Vegetationskörpers eines großen Baumes, erscheint es einem fast unglaublich, daß dieses Gebäude aus organischer Substanz mit keiner anderen Kohlenstoffquelle errichtet wurde als dem CO₂ der Luft. Um diese CO₂-Spuren zu gewinnen, müssen die Blätter ihre Spaltöffnungen während der Lichtperiode so lang wie möglich offenhalten. Das grüne Schwammgewebe im Blatt ist aber immer feucht (siehe Abb. 9). Daher verliert die Pflanze für jedes durch die Spaltöffnung absorbierte CO₂ auf dem gleichen Weg ein Vielfaches an Wasserdampf. Dies kann zu einer beträchtlichen Anspannung ihres Wasserhaushaltes führen — der Spaltenschluß dient dann als Schutz —, verhindert aber den Substanzgewinn. Die Pflanze pendelt also oft zwischen „Hunger und Durst“. Diesem mit der CO₂-Assimilation gekoppelten Wasserverlust (250 bis 5000 ml H₂O-liqu. pro Gramm Trockensubstanzgewinn) verdanken wir die große Wirkung der Pflanze auf die Luftfeuchtigkeit.

Die Spaltöffnungen nehmen im geöffneten Zustand nur 1 bis 3 Prozent der Blattfläche ein, das Blatt transpiriert über diese Poren aber dennoch bis zu 50 Prozent einer blattgroßen Wasseroberfläche. Blätter können täglich das 5fache ihres Eigengewichtes transpirieren, bei vitalen Bäumen kann dies einige hundert Liter pro Tag ausmachen. Nach unseren Abschätzungen vermag eine sehr leistungsfähige Buche (Bodenbedeckung zirka 25 m²) das Mikroklima eines Innenhofes (zirka 8000 m³) sehr deutlich zu verändern (Anfeuchtung von 40 auf 70 Prozent). (Siehe Abb. 10.)

Jedoch sind einzelnstehende Bäume (Solitär bäume) selten im optimalen Zustand — wünschenswert sind Baum- und Buschgruppen, ideal dicht begrünte Innenhöfe, wo sich ein eigenes „Bestandsklima“ (ähnlich dem Wald) einstellt. Man kann auch von „Küvettenklima“ sprechen, da die Klimawirkungen der Pflanze (Schattung, Luftbefeuchtung, Schadstoff- und Staubbindung) hier in potenziert Form zur Wirkung kommen (Abb. 11, 19, 20).

Dies wird durch die relative Geschütztheit und Austauscharmut von Innenhofsystemen bedingt. Gerade diese Merkmale von „Küvetten“ werden aber zum Nachteil, wenn man statt Pflanzen Autos in umbaute Systeme hineinläßt. Hier pflegen die Schadstoffe durch längere Verweilzeit zur Belästigung und Schädigung besonders der Bewohner tieferer Stockwerke zu führen. Außerdem wird auch die Lärmfrage durch Resonanz an den umgebenden Wänden verschärft (siehe Abb. 21, 22, 23).

c) Transpirationskühlung

Der positive Effekt von Grünbeständen auf das Bioklima ergibt sich auch aus dem großen Wärmeverbrauch, der mit der Verdunstung von Wasser verbunden ist. Um

1 g Wasser zu verdampfen, sind zirka 590 cal (0,59 Kal) nötig, das bedeutet, daß der schon erwähnte leistungsfähige Laubbaum seiner Umgebung täglich 300.000 Kal entziehen müßte. Dieser Effekt kann auch ohne Meßgeräte subjektiv als „kühles Lüftchen“ registriert werden, welches aus Baumkronen abzustreichen pflegt.

Selbstverständlich tragen nicht nur Bäume und Büsche, sondern auch andere Vegetationsflächen — ganz **allgemein** „offenes — nicht verbetoniertes — Erdreich“ zur Luftbefeuchtung und Transpirationskühlung und damit zur Milderung sommerlicher Extreme in Baugebieten bei (Abb. 12).

Das sofortige Abführen von Niederschlägen über den „künstlichen Felsen“ in die Kanalisation und das Gießen der dadurch unter Trockenstreß leidenden Vegetation mit (immer kostbarer werdendem) Leitungswasser ist ökologisch gesehen unsinnig, worauf auch R. RAINER wiederholt hingewiesen hat.

d) Staubbinding

Durch den Temperaturunterschied zwischen Grünbereichen und Baukörpern kommt es zu Luftzirkulationen, die nicht nur mithilfe, drückende Stagnationen zu überwinden, sondern auch ein wirksames **Auskämmen von Staubteilchen** in den oberflächenintensiven Laubkronen von Bäumen und Büschen mit sich bringen (siehe Abb. 13).

Die aus Grünanlagen abströmende Luft ist demnach nicht nur kühler und feuchter, sondern auch erheblich staubärmer (ein Achtel bis ein Sechstel der ursprünglichen Staubpartikeldichte). Der im Laubwerk gebundene Staub wird mit Niederschlägen ins Erdreich abgewaschen.

Auch die Bindung gasförmiger Schadstoffe ist innerhalb gewisser Grenzen möglich (Kohlenmonoxyd, Schwefeldioxyd).

2. ABSCHIRMUNGSFUNKTION VON HECKEN UND BAUMPFLANZUNGEN

a) **Zutritt- und Sichtschutz** — zum Beispiel Dorngebüsche vor Fenstern ebenerdiger Wohnungen, lebende Zäune um privates Grün.

b) Immissionsschutz

Nach Untersuchungen von KELLER (Eidgenössische forstliche Versuchsanstalt) vermögen Hecken als Straßenrandpflanzungen erhebliche Schadstoffmengen zu binden: So vermochte eine **nur 1 m hohe** und 75 cm breite Hecke an einer stark frequentierten Bundesstraße (12.000 Fahrzeuge/Tag) die Bleibelastung um 50 Prozent zu reduzieren (siehe Abb. 14). Hecken entfalten durch ihre „poröse“ Struktur eine echte Filterwirkung, die schadstoffbeladene, bodennahe Luft **streicht durch** (und wird dabei gereinigt) — während sie sich über eine gleich hohe (1 m) kompakte Mauer lediglich darüberwälzen würde (siehe Abb. 14).

c) Windschutz

Windschutzpflanzungen sollten bei der Planung sowohl von Bau- als auch von Grünanlagen von vornherein vorgesehen werden.

d) Lärmdämmung?

Hingegen werden die Lärmschutzeigenschaften von Pflanzungen meist überschätzt. Die Schallpegelverringerung durch dichten Bewuchs (als Riegel ausgeführt) beträgt **lediglich 1 dB(A) je 10 m** (Schallpegelverringerung um 10 dB(A) würde jeweils Halbierung bedeuten). Im Vergleich dazu vermögen bauliche Maßnahmen

- Abschirmung durch geschlossene Gebäudezeilen 10 bis 25 dB(A),
- Abschirmung durch Lärmschutzwände, Wälle, Einschnitte bei 10 dB(A),
- Grundrißanordnung mit Aufenthaltsräumen auf der dem Schall abgewandten Seite (Hoforientierung) bis 25 dB(A)

an Schallpegelverringerung zu bringen. (Siehe Auto und Umwelt, Gutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen der BRD, 1973, Seiten 67 und 68.) (Vergleiche auch Abb. 11, Hoforientierung und Hofnutzung.)

Grundsätzlich darf es nicht Ziel von Neuplanungen sein, Lärm- und Schadstoffquellen in Wohngebieten zu dulden und dann „umweltkosmetisch abschirmen“ zu wollen (hierher gehören etwa auch schalldämmende Fenster, die zwar Pegelverringerungen bis 50 dB(A) bringen, aber wirkungslos werden, sobald man sie öffnen will.

Ist es nicht wie eine Kapitulation vor unserem eigenen Unverstand?

Wir hocken in abgedichteten Aluminium-Glas-Käfigen, weil man die von der Straße anbrandenden Schadstoffe, den Staub und Lärm nicht mehr aushält. Büroangestellte werden hinter nicht mehr öffnungsfähigen Riesenglasscheiben von der Sonne gebraten — die Räume werden total abhängig von künstlicher Klimatisierung. Das steigert den Stromverbrauch in schwindelnde Höhen — ein besonders wichtiger Gesichtspunkt, seit wir erkannt haben, daß selbst „saubere Energie“ am Ort ihrer Erzeugung Umweltbelastung und Landschaftszerstörung verursacht. In den Vereinigten Staaten, wo 6 Prozent der Erdbevölkerung 35 Prozent der Weltenergie verbrauchen, ist das „*air conditioning*“, die elektrische Klimatisierung, sehr wesentlich an der Eskalation des Strombedarfs beteiligt. Im Winter ist es der Ehrgeiz des Amerikaners, bei 24° C im Büro zu sitzen (in Hemdärmeln), im Sommer, wo es endlich draußen die 24° hätte, versteift er sich auf eine Innentemperatur von 18° (und zieht die Weste über). Klimaanlage, um die Jahreszeiten ganzer Wohnblocks umzukehren, gelten als Inbegriff des Fortschritts.

Zitat Chr. SCHÜTZE: „In der westlichen Welt, die sich die entwickelte nennt, ist das Überwinden natürlicher Hindernisse ein Sport geworden oder ein Programm der Persönlichkeitsbildung. Es geschieht vielfach nicht mehr aus Not, sondern deshalb, weil es Sozialprestige bringt. Skilauf in über dreitausend Metern Höhe, während zu Hause Sommer ist und die kleinen Leute ins Schwimmbad gehen, oder Wellenreiten am Strand von Marokko, während zu Hause die kleinen Leute vor der Haustür Skilaufen — das sind Verhaltensformen, die lächerlich sein sollten, es aber nicht sind.

Solche Hybris scheint nun an ihre Grenzen zu stoßen, wenigstens vorläufig, solange die sogenannte Energiekrise anhält oder droht. Doch damit ist das Verhaltensmuster noch nicht wieder vergessen; es werden nur umso mehr Menschen danach verlangen, **mit hohem Energieaufwand wider die Natur zu leben**, je schwerer diese Wünsche für alle zu erfüllen sind“ (siehe auch Anmerkung ¹).

Viel vernünftiger wäre es also, eine städtische Umwelt anzustreben, in der man wieder „mit aufgekrepelten Ärmeln bei offenem Fenster sitzen kann“.

Und hierzu sind zwei Maßnahmen kombiniert zu ergreifen

1. Fernhaltung des Kraftfahrzeuges (in seiner gegenwärtigen Form),
2. Grünpflanzungen (Pflanzen statt Autos, nicht als **Alibipflanzungen** gegen Autos!).

Besonders schlechte Beispiele — leider heute fast die Regel — sind etwa Grundrißanordnungen mit Öffnung zur Straße hin (Abb. 15).

Roland RAINER hat diese Gedanken folgendermaßen zusammengefaßt: „Es ist das Unglück dieser Zeit, daß sie versucht, alle Probleme mit **technischen** Mitteln zu lösen. Vergleichen Sie den Baum vor dem Fenster mit einer **technischen** Klimaanlage. Der Baum gibt Schatten, und zwar dann, wenn man ihn braucht, im Sommer — im Winter läßt er die Sonne durch. Er gibt Windschutz, bindet Staub und befeuchtet

¹ Auf dieser Ebene liegen die Projekte, den Wiener Graben mit Glas zu überdachen. Es entspricht dies dem Wunschtraum einer bestimmten Kategorie von Architekten, „die ganze Welt zum Haus zu machen“.

die Luft. Er kostet in der Anschaffung fast nichts, wird mit jedem Jahr schöner und leistungsfähiger, wogegen eine Klimaanlage sehr viel kostet, mit jedem Jahr reparaturanfälliger wird und eine kürzere Lebensdauer hat.“

BEGRÜNUNGSTYPEN IN BAUGEBIETEN

Selbst vorwiegend technisch ausgerichtete Baufachleute kritisieren heute die Unzulänglichkeit der üblichen Flächenwidmungen und Bebauungspläne. So werden für Autos je Fahrzeug 25 m² Einstellflächen gefordert; für jeden Einwohner rechnet man mit mindestens 3,5 m² Friedhofsfläche. Hingegen fehlen nach wie vor für die Anlage von Grünflächen und Kinderspielplätzen verbindliche Normen, **die auch mit Rechtsmitteln durchgesetzt werden könnten** (BERNATZKY, 1971).

Die Erarbeitung entsprechender Richtlinien ist daher zur vordringlichen Aufgabe geworden.

Eine simple Flächenrelation wie für Auto- oder Friedhofsflächen dürfte dem Durchgrünungsproblem nicht gerecht werden. Die Wirkung von Grünelementen auf Kleinklima und Lebensqualität von Wohnbereichen etwa ist keine einfache Funktion ihrer absoluten Fläche, sondern mehr eine Frage ihrer geschickten Einbeziehung in die Bausubstanz. Weitgehend nutzlos sind „sterilgrüne Gemeindewiesen“ zwischen Straße und Wohnsilo — optimal wirken umschlossene Hofgärten, in denen sich ein eigenes **Bestandsklima** ausbilden kann und die gegenüber Verkehrsgeschehen und Fremdeinsicht **abgeschirmt** sind. Grünanlagen des zweiten Typs sind durchaus mit der Forderung nach relativ hohen Bebauungsdichten vereinbar. Bevor Richtlinien erarbeitet werden können, ist es nötig, die objektivierbaren Funktionen verschiedener Begrünungstypen in Baugebieten zu analysieren.

1. SPIELGELEGENHEIT FÜR KINDER UND JUGENDLICHE

a) Atemklima

Die Lungenbläschen müssen, um den Gasaustausch gegenüber der Blutbahn zu erfüllen, mit einem Feuchtigkeitsfilm ausgekleidet sein, die heiß-trocken-staubige Luft versteineter, unbegrünter Stadtbereiche ist hier keineswegs optimal.

Es kommt zu erhöhter Schleimsekretion, Reizung, schließlich Austrocknung und erhöhter Infektionsanfälligkeit (übrigens leiden nicht nur Atemwege, sondern auch Augenschleimhäute und Augenlider unter erhöhter Trockenheit).

Weiters ist die Lunge wegen ihrer großen inneren Oberfläche (80 bis 130 m²) ein ausgesprochener Staubsammler (zum Beispiel bei Tagesdurchsatz von 12 m³ Luft im normalen Großstadtklima **tägliche** Staubinhalation von 10 mm³ Feststoff) (BERNATZKY, 1971).

1 cm³ Stadtluft 200.000 Partikel Feinstaub 10⁻⁵ bis 10⁻⁷,

270 Partikel über 5 × 10⁻⁵,

freie Naturlandschaft nur 4 Prozent davon.

Besonders gravierend wird die Staubinhalation bei Atmung über den offenen Mund. Kinder haben meist eine schlechte Atemtechnik, aber beim intensiven Spiel einen umso größeren Atemluftdurchsatz (vergleiche auch die bekanntgewordene beginnende klinische Bleivergiftung bei einem ehrgeizigen jugendlichen Radsportamateur, der im Wiener Stadtverkehr trainierte).

Kinderspiel- und Sportgelegenheiten im Grünen tragen genau den oben erwähnten atemphysiologischen Gegebenheiten Rechnung.

Die pflanzliche Luftbefeuchtung und Staubbinding gewährleisten ein optimales Atemklima.

Das bezieht sich nicht unbedingt auf den Bodenbelag, der aus pflegetechnischen Gründen an den frequentiertesten Stellen in irgendeiner Form „befestigt“ sein muß (möglichst staubarm). Die Forderungen richten sich mehr auf eine intensive Durch-, Um- und Übergrünung der Spielplätze (Hecken, Büsche, Baumkronen).

b) Naturformen

Das ästhetische Gefühl und die Phantasie eines Menschen werden nachhaltig von den Formerfahrungen seiner frühen Kindheit geprägt. Grünanlagen sind die ersten Erlebnisräume des Kindes, sie sind Biotope für Blumen, Schmetterlinge und Vögel. Sind sie auch oft nur „Ersatznatur“, geben sie dem „weltoffenen Neugierwesen Mensch“ (LORENZ) doch vielfältige Stimulation und Experimentiermöglichkeiten, vermögen zur Entwicklung von Naturliebe und Natursehnsucht beizutragen.

Kinder zwischen monotonen Betonfassaden großzuziehen und ihnen dann auch noch ihre Spielwelt zu verbetonieren und sich mit „kinderpsychologischen“ Stahlrohrgestellen ein Alibi verschaffen zu wollen, bedeutet eine erschütternde „Wohlstandsverarmung“, eine Fehlprägung mit gefährlichen seelischen Langzeitfolgen.

„Der junge Mensch ist noch arm an höherer geistiger Leistungsfähigkeit — er ist weitgehend ein triebbestimmtes Spielwesen. Er braucht deshalb seinesgleichen — nämlich Tiere, überhaupt Elementares, Wasser, Dreck, Gebüsch, Spielraum. Man kann ihn auch ohne das alles aufwachsen lassen ... Er überlebt es — doch man soll sich dann nicht wundern, wenn er später bestimmte soziale Grundleistungen nie mehr lernt, zum Beispiel ein Zugehörigkeitsgefühl zu einem Ort und Initiative“ (A. MITSCHERLICH cit. nach E. W. HEISS).

Als besonders positiv sind in dieser Hinsicht die „Robinson-Spielplätze“ des Wiener Grünraumplaners Prof. Dr. F. WOESS in einigen Wiener Randbezirken zu bewerten.

Grundsätzlich muß zur Frage der Spielraumplanung für Kinder betont werden, daß die Welt der Kinder nicht getrennt von der der Erwachsenen sein soll. Nicht „Kinder-Ghettos“ sollten das Ziel sein, sondern ein gesunder Lebensraum für alle — der so gestaltet ist, daß Kinder darin wieder Platz, Bewegungsmöglichkeit und Stimulation finden können (Beispiele: Bauernhof, Dorfstraße). Nur wo die Welt des Kindes und die der Erwachsenen einander durchdringen, können spielerisch die vielen kleinen Lebenserfahrungen gesammelt werden, die für die geistige Entwicklung des Kindes von größter Bedeutung sind (siehe auch R. RAINER, und aus ethologischer Perspektive O. KOENIG, 1973). Spielgelegenheiten für Kleinkinder im Blickfeld der Mütter — etwa vom Küchenfenster aus zu sehen —, also in unmittelbarer Nähe zur Wohnung, sind wünschenswert. Erst die Sportstätten für Jugendliche verlangen eine gewisse Trennung vom Wohnbereich.

2. PRIVATE GRÜNRÄUME

Hiefür kommen in Betracht Hausgärten, Hofgärten (Patios), Grünterrassen, Dachgärten.

Oberstes Gebot für das private Grün sollte **Sichtschutz**, also Intimität sein. Ist diese Forderung erfüllt, genügen private Grünräume in der Größe von 1½ bis 3 Zimmern.

Die Größe konventioneller Gärten erklärt sich ja meist aus dem Wunsch, den Nachbarn oder Fremden „auf Distanz zu halten“, bei Gärten über 1000 m² ist dies besonders deutlich: Intensiv benützt wird vom Eigentümer meist nur ein kleiner

Bereich rund ums Haus, die weitaus größere Fläche ist Kulisse und „Pufferzone“ gegenüber Außenstehenden (siehe auch LORENZ und LEYHAUSEN).

Argumente für den privaten Grünraum („grünes Zimmer“)

a) Intimität

Fitness-Training unter freiem Himmel (statt des Fahrradsimulators im Schlafzimmer), Sonnenbäder (UV-Konsum für Vitamin-D-Haushalt), Lesen, Handarbeiten im Freien. Gesicherter Spielraum für das Kleinkind. Bioklimatische und psychische Pufferzone vor der eigenen offenen Tür und dem Fenster.

b) Eigengestaltung

Möglichkeit zur selbständigen Gartengestaltung auf kleinstem Raum — Auswahl der Pflanzen, ständige Beobachtung von sich wandelnden Naturobjekten, Verwirklichung persönlicher Vorstellungen — damit verbunden

c) maximale Identifikation mit der Wohnstätte.

RAUMPLANERISCHE ÜBERLEGUNGEN

Das klingt sehr schön. Aber können wir uns den privaten Grünraum flächenmäßig leisten? Ist nicht das Hochhaus — der Menschensilo — die einzig rationelle Wohnhausform der Zukunft? Wird die Landschaft nicht ohnehin schon wild genug zersiedelt?

Man könnte antworten: Die Landschaft wird eben deshalb mit Hütten und Kleingärten zersiedelt, weil wir uns in der städtischen Lebensraumgestaltung über diese primitivsten Grundbedürfnisse des Menschen hinweggesetzt haben. Menschensilo und Zinskaserne werden immer wieder neue Schrebergärten gebären.

Diese Sehnsucht nach dem Grünen, diese Stadtkernflucht, ist eine Realität. Während die Einwohnerzahlen in der Wiener Innenstadt signifikant rückläufig sind, verzeichneten Außenbezirke und niederösterreichische Randgemeinden zwischen 1961 und 1971 Bevölkerungszunahmen um 54,1 Prozent (23. Bezirk) und um 122 Prozent (Maria Enzersdorf). Das bedingt den täglichen Radialverkehr zwischen randlichen Wohnbezirken und dem Zentrum — die ungesunden Autokolonnen, die langen täglichen Berufsanfahrten, die den Freizeitgenuß mindern und die Menschen vollends in die Abhängigkeit vom Auto treiben. Die Stadtkerne versteinern und ersticken in der Autolawine — die straßenseitigen Wohnungen sind entwertet —, manche Innenstädte werden zu Wohnghettos für sozial Unterprivilegierte (Rentner, Gastarbeiter). Wer es sich leisten kann, entzieht sich diesen Vitalitätsbeeinträchtigungen durch Grünwohnungen und Siedlungen am Stadtrand. Die Stadt frißt ihr Umland wie ein deletäres Carcinom (trotz der in Wien seit 1900 um 400.000 Einwohner gesunkenen Bevölkerungszahl!).

Die im Stadtkern Zurückbleibenden werden dadurch immer weitergehend vom Erholungsraum isoliert (die Endstationen der öffentlichen Verkehrsmittel liegen heute nicht mehr wie früher im Ausflugsgebiet, sondern in der ausgeferten Stadt. Wer kein Auto hat, muß lange, ungesunde Anmärsche am Straßenrand in Kauf nehmen. Man hat den Autofahrer zur Norm gemacht.

Das Zauberwort auf dem Wohnungsmarkt heißt „Grünlage“, „Grünblick“, „Hausgarten“. Es sind dies entscheidende Qualitätsbegriffe mit echtem Marktwert geworden (denn alles andere kann man an einer Wohnung ändern). Ist es nicht ein Unding? Das Bauland läuft der Vegetation nach und zerstört den bisher unantastbaren Grüngürtel, sobald es ihn einholt.

Das Gebot der Stunde lautet daher — die Vegetation dorthin zu holen, wo man sie braucht — in den Stadtkern!

Eine Stadt, aus der man nicht mehr flüchten muß. Und das ist nicht die Stadt der Wohntürme, der monoton gerasterten Betonklötze (es gibt zahlreiche ernst zu nehmende Berichte über die Zunahme von Psychosen und menschlichem Fehlverhalten in solchen gesichtslosen Neustadtvierteln).

Bringt das Hochhaus wirklich einen so großen Gewinn an nutzbaren Freiflächen, wie immer behauptet wird?

1) Das „Sterilgrün“ der Gemeindewiesen, die man zwischen diesen hochragenden „Wohntürmen“ und „Wohnscheiben“ ausbreitet, ist wertlos, weil es meist offen an der Straße liegt und von Tausenden Fenstern eingesehen wird.

Geschlossenheit wäre sowohl **bioklimatisches** und **psychologisches** Erfordernis.

2) Man kann sich leicht ausrechnen, welche Flächeneinsparung es bringt, wenn man **ein und dasselbe Bauvolumen** ebenerdig, zwei-, drei-, vier- oder zwölf- und zwanzigstöckig anordnet.

Der Gewinn an Freifläche ist zunächst erheblich:

Baut man ein bestimmtes Volumen statt ebenerdig zweistöckig, gewinnt man die Hälfte der Geschoßfläche als Grünland. Stockt man dasselbe Bauvolumen auf 3 Etagen, gewinnt man zusätzlich ein Sechstel Geschoßfläche, bei 4 Etagen ein Zwölftel, bei 5 noch ein Zwanzigstel und so weiter. Das heißt, der Flächengewinn sinkt nach einer $1/x$ -Kurve und wird bereits beim 4. bis 5. Stockwerk negligibel (Abb. 16, n. RAINER). Hochhäuser wegen ihrer Flächeneinsparung als landschaftserhaltende Maßnahme rechtfertigen zu wollen, schlägt auch noch aus anderen Gründen fehl:

Selbst wenn man die Hochbauten locker stellt, sind die dazwischen ausgebreiteten Flächen ebensowenig „Naturlandschaft“ geblieben wie in irgendeiner anderen Siedlungsform, außerdem bieten sie — überragt von vielenstrigen Betontürmen — nicht die erholsame Geborgenheit herkömmlicher Gärten. Hochhäuser erweisen sich darüber hinaus in verschiedener Hinsicht als wenig menschengerechte Wohnformen.

Schließlich ist die aufdringliche Fernwirkung von Hochhäusern ein viel störenderer Eingriff in eine Landschaftsstruktur, als es die geringfügig größeren Bauflächenansprüche mittelhoher, gut eingefügter Häuser wären.

Das Optimum, besonders für den ländlichen Siedlungsraum — wenn es also darum geht, eine gegebene Fläche mit der optimalen Dichte und Flächenaufteilung zu bebauen — dürfte das dreistöckige Haus sein. Es bietet die Chance, jedem Stockwerk privates Grün zu sichern:

Die unterste Etage hat den ebenerdigen Vorgarten, der 2. Stock eine grüne Wohnterrasse, der 3. Stock den Dachgarten.

Eine bessere Einplanung nutzbarer Terrassen und Dachflächen im Stadtbereich wurde von fortschrittlichen Architekten immer wieder gefordert, wobei man sich mit Recht auf menschengerechte Vorbilder aus Urbankulturen der romanischen Länder beruft.

Architekt BRAMHAS schreibt in einer seiner Studien:

„Man muß sich in Erinnerung rufen, wozu ein Flachdach gut sein kann, um diese Phantasielosigkeit zu begreifen: Tischtennis spielen, baden, sonnenbaden, Wäsche aufhängen, ... turnen, malen ... , Blumen züchten, ... Hühner halten, schlafen, Sternschnuppen zählen, Gitarre spielen, lieben. Das Ausmaß an dazugewonnener Freude ist nicht meßbar. Die Mehrkosten gegenüber einer Dach-Norm-Ausführung sind es schon. Das fällt kaum ins Gewicht — aber immerhin. Also spricht der kaufmännische Leiter: ‚Unwirtschaftlich‘.

Der Schrumpfmensch im Fertigteilbau wird noch oft nach Italien auf Urlaub fahren müssen, um zu begreifen, daß ‚Wirtschaftlichkeit‘ mitunter die Narkose ist, in der man ihn kastriert“. (E. BRAMHAS in „Die Donaustadt“, Selbstverlag des Autors, Dreimarksteingasse 16, 1190 Wien.)

Der Dachgarten muß als reizvolle Zusatzlösung gewertet werden. Er kann andere Begrünungstypen in der Stadt jedoch nicht ersetzen. Es muß davor gewarnt werden, ihn als planerisches Alibi für die Vernachlässigung anderer Grünräume verwenden zu wollen.

3) Sollten diese Argumente — daß Flächenopfer für privates Grün notwendig und baudichtemäßig zumutbar sind — nicht genügen, so ist es ratsam, sich die Flächenopfer für andere Zwecke vor Augen zu halten (siehe auch Abb. 17).

„Ein Parkplatz ist ebensogroß wie ein durchschnittlicher Arbeitsplatz, ein Autobahnkleeblatt braucht soviel Platz wie die historische Altstadt von Salzburg, die aus über 4000 Wohnungen in 920 Häusern, 430 Gewerbebetrieben, 16 Kirchen, 13 Schulen und einer alten Universität besteht. Trotzdem werden auch die weitreichendsten Forderungen der Verkehrstechniker meist widerspruchslos erfüllt, während beim Wohnungsbau und für kulturelle und andere Einrichtungen immer größere Flächeneinschränkungen zu Zusammenballungen mit höchst ungesunden und gefährlichen Verhältnissen führen“ (R. RAINER in „Lebensgerechte Außenräume“, 1972).

3. KOMMUNALE GRÜNANLAGEN

(Parkanlagen, Stadtwäldchen, Promenaden, „Grünstraßen“)

Ihre Bedeutung liegt — außer in der Klimatisierung von größeren Siedlungsbereichen — vor allem darin, **Kontakt** zwischen den Menschen zu ermöglichen, wenn diese ihn wünschen. Besonders wichtig ist dies für Kinder (Spielgefährten), weiters für deren Mütter, die einander dadurch kennenlernen, und für alle Menschen, die gleiche Probleme haben.

Nicht das Fernsehen, sondern vielmehr das Fehlen menschenwürdiger Kontaktzonen in den Städten hat zur Vereinsamung besonders älterer Großstädter beigetragen („Masseneremit“).

Die Straße, auf der früher Gespräche und Kontakte möglich waren, hat heute ja eher die Funktion, die Menschen „so rasch wie möglich aneinander vorbeizubringen“.

Kontakt ist ja nur zwischen Fußgängern möglich — nicht zwischen Autofahrern — oder wenn, dann höchstens aggressiv! Zwei wildfremde Menschen zu Fuß, die einander gegenseitig höflichst durch eine Türe komplimentieren — „nein — bitte nach Ihnen“ (das größte Hindernis der Deutschen ist die Tür), werden einander hinter dem Volant ihrer Wagen sitzend den Vorrang oder eine Parklücke wegschnappen, reagieren mit Beschimpfungen und verteidigen wütend die Rechte ihres fahrbaren „Mini-Territoriums“.

Das einzige veredelnde Gegengewicht bietet der süße Schmelz in der Stimme von „Autofahrers“ Rosemarie Isopp.

Die Stadtplaner hatten die längste Zeit vergessen, was eine Straße — außer Fahrbahn — noch alles sein kann:

Wohnstraßen — wo man durch künstliche Sackung und Grünanlagen den Durchzugsverkehr unterbindet.

Spielstraßen — im Winter Rodelstraßen.

Grünstraßen — Promenaden und Radwege mit Straßenläden, Terrassencafés.

Eine freie Mitarbeitergruppe unseres Institutes (Architekt FÜRST und Mitarbeiter) arbeitet derzeit gerade an der Konzeption eines „Grünstraßennetzes für Wien“. Es soll hier individuellen Verkehrsbedürfnissen (Fußgänger, Radfahrer, Elektrokarren) Raum gegeben werden, die normalerweise durch die Kfz-Lawine nicht mehr möglich oder zumutbar waren. Das Netz, in dem auch hohe Geschäftsumsätze und Wohnqualitäten zu erwarten wären, sollte es den Menschen ermöglichen, **ohne Auto** und

unbehelligt vom Kfz-Verkehr verschiedene Punkte der Stadt zu erreichen und erholungssuchenden Familien die Chance bieten, mit Fahrrädern bis ins Naherholungsgebiet zu gelangen.

Auch vermögen kommunale Grünanlagen — schon durch ihre Größe — auch vielfältigere und daher naturnähere Biotope zu sein, als es die privaten Grünelemente unter Punkt 2 sein könnten (vergleiche E. W. HEISS).

Als besonders belebend (klimatisch wie ästhetisch) erweist sich die Einbeziehung von Wasserflächen oder Bachläufen in die kommunalen Grünanlagen (vergleiche DAHMEN, RAINER). Besonders die andersartige Ufervegetation setzt zusätzliche Akzente.

Bei all diesen Überlegungen zur Funktion der Pflanze in Baugebieten sollte man nicht außer acht lassen, daß wir uns in einer Epoche unaufhaltsamer Verstädterung befinden.

DAS STADTBILD WIRD SCHICKSALHAFT ZUR LANDSCHAFT DES MENSCHEN VON MORGEN.

Die Entscheidungen darüber, wie diese Landschaft aussehen wird, fallen bereits heute¹.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Pflanze muß als echte Chance der urbanen Lebensraumgestaltung betrachtet werden. Sie ist in ihren physiologischen Leistungen und psychischen Wirkungen den negativen Trends der modernen Großstadt genau entgegengesetzt:

1) Sie mildert die heiß-trocken-staubigen Extreme des sommerlichen Großstadtklimas (wobei solche Wirkungen bereits sehr kleinräumig beobachtbar sind und daher auch für die Lebensraumgestaltung im ländlichen Siedlungsbereich Geltung haben).

2) Sie absorbiert die Produkte von Verbrennung und Atmung und übt verschiedenen Schadstoffen gegenüber eine meßbare Filterwirkung aus. Die Sauerstoff-Frage sollte jedoch aus der Argumentation herausgehalten werden.

3) Sie wirkt als Naturobjekt der psychisch bedrohlichen Denaturierung der technischen Ersatzwelt Großstadt entgegen. Sie ist emotionales Grundbedürfnis des Menschen, wenn er sich in seiner Umwelt orientieren, mit seinem Lebensraum identifizieren, erholen und ästhetisch erfreuen will.

Besonders für Kinder bringt die Vegetation mit ihrer Begleitfauna ein Höchstmaß an Stimulation für Phantasie und „ästhetische Prägung“.

4) Die Pflanze ist kein Gerät, das man aufstellt, sondern ein hochentwickelter Organismus mit bestimmten Lebensansprüchen. Neben dem noch immer gewaltig expandierenden Flächenbedarf des Kfz-Verkehrs ist die Pflanze im Ballungsraum einer Reihe von Bedrohungen ausgesetzt:

a) Die Extremisierung des Stadtklimas

erfordert erhöhten Pflegeaufwand — besonders bei Jungbäumen. Die Trockenheit und hohe Rückstrahlung über Betonflächen bei schlechter Wasserversorgung im Wurzelraum sowie schlecht durchgeführter Baumschnitt erhöhen die Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Pflanzenkrankheiten (siehe zum Beispiel WOLKINGER, 1973).

Trockenpflanzen (*Xerophyten*), welche von Natur aus an solche klimatische Extreme angepaßt wären, leisten wiederum fast nichts zu deren Milderung, da die Hitzebeziehungsweise Trockenresistenz solcher Pflanzen ja meist durch Reduktion der Oberfläche und Einschränkung der Transpiration erreicht wird.

¹ „... die Natur als Heimat und Lehrerin des Menschen dürfte für das sinnvolle Leben der meisten Einzelnen wie für das Funktionieren von Gesellschaften schwer entbehrlich sein. Die Ehrfurcht vor der Eleganz und Perfektion ihrer Problemlösungen kann gerade dem Menschen des technischen Zeitalters nur bekömmlich sein.“ (Chr. SCHÜTZE in „Die Grenzen der technischen Lösung“.)

Widerstandsfähig und doch zugleich produktiv sind zum Beispiel Platanen (*Platanus orientalis*) und Robinien (*Robina pseudacacia*) und der asiatische Götterbaum (*Ailanthus glandulosa*). Hingegen sind Linden und Roßkastanien für viele Großstadtstandorte bereits zu anfällig.

b) **Schadstoffe, besonders SO₂, Smogkomponenten, Fluorid u. a.**

c) **Bodenfaktoren**

Bodenverdichtung (Versteinerung von Baumscheiben durch parkende Autos), Bodenabschluß (Verbetonierung) und Salzstreuung sind heute zu einer existentiellen Bedrohung der städtischen Vegetation geworden.

d) **Der technomorphe Versteinerungstrend**

in der Haltung zahlreicher Verantwortlicher.

Es ist aber zu hoffen, daß die jüngsten, überraschend heftigen Meinungsäußerungen einer bis dahin schweigenden Mehrheit tatsächlich das Aufziehen einer neuen Geisteshaltung signalisieren.

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Bürgerinitiativen um einiger Bäume willen werden gerne als „emotional“ abgetan. Irrationale und emotionale Reaktionen begleiten aber jede geistige Revolution — und fast jede **kulturelle Leistung!**

„Die eigentlich menschenfeindliche Leistung unserer Gesellschaft ist nicht die Technik; es ist die große Denunziation der menschlichen Emotion. Die weit vorgeschrittene Vergötzung des Verstandes und die Verketzerung des Gefühls führten zu einer Computergläubigkeit mit schon religiösen Zügen ...“

„Die Emotion ist des Menschen menschlichster Teil, die leidenschaftliche Schwester des kalten Verstandes, und verwerflich nur dort, wo sie nicht mehr von Wissen kontrolliert wird und zur schieren Demagogie entartet.“ (Horst STERN, 1973.)

Die Gründe für die wertphilosophisch zutiefst bedenkliche Haltung, den Begriff „Emotion“ grundsätzlich nur mehr als Negativum zu gebrauchen, liegen auf der Hand. Emotionen sind unbequem, sie sind geschäftsstörend¹. Dazu Horst STERN, auf bundesdeutsche Verhältnisse abzielend:

„Der Fortschritt kennt hierzulande keine Parteien; er kennt nur die große Koalition deutscher Tüchtigkeit im Ausverkauf der Natur, und es ist oft der Staat, der hinterm Ladentisch steht. Man mache sich da nichts vor: Mehr Grün ist weder von mehr Schwarz noch von mehr Rot zu erwarten.“

Noch eine Gefahr liegt hier im politischen Handeln:

Ein System, das alle vier Jahre seine Probe von neuem bestehen muß, legt Wert auf kurzfristige Erfolge. Dazu R. RAINER: „Man stellt Betonkübel auf, pflanzt ein paar Blumen hinein und in einem Jahr wirken sie schon. Mit solchen ‚Botanischen Gartenzwerge‘ dekoriert man die Stadt — und damit sich selbst. Wer aber **nur** dekoriert, wird nicht ernstgenommen.“

Und an anderer Stelle:

„Man räumt dem Auto alles aus dem Weg — am liebsten Bäume — angeblich, um den Autofahrer zu schützen — dabei ist nachweislich noch nie ein Baum auf ein Auto losgegangen.“

Umgeschnitten ist so ein Baum (zwecks Parkplatz- oder Straßenerweiterung) in fünf Minuten. Bis ein neu gepflanzter zur vollen Leistung kommt, vergehen mindestens zehn Legislaturperioden!

¹ Sofern man sie nicht in der Werbung bedarfweckend einzusetzen vermag.

Deshalb ist es kein Nachteil, daß der Baum nun zum „Symbol für eine heile Welt“ geworden ist, denn ohne eine gewisse Tabuisierung wird er gegenüber den nach wie vor sehr starken (weil institutionalisierten) Zerstörungskräften nicht zu retten sein.

Mit **rationalen** Argumenten kann man wohl die **Vegetation in größeren Beständen** verteidigen, nicht aber den einzelnen Solitär- oder Alleebaum (Gefahr der „Salamitaktik“).

Deshalb entspricht die scheinbare Baumhysterie, welche auch einzelne Bäume wichtig nimmt, sogar einem gesunden Instinkt in der Bevölkerung. Die Entsprechungen auf künstlerischer und kultureller Ebene sind auffallend:

Erheitert nehmen wir es zur Kenntnis, wenn bildende Künstler in ihrer Auflehnung gegen das sterile technische Zweckdenken unserer Zivilisation mit halbverrückten Manifesten diesen Forderungen über Nacht eine Popularität verschaffen, wie das den Biologen in Jahrzehnten nicht geglückt ist:

- „Dein Fensterrecht, Deine Baumpflicht!
- Wir ersticken in unseren Städten an Luftverpestung und Sauerstoffmangel.
- Die Vegetation, die uns leben und atmen läßt, wird systematisch vernichtet.
- Unser Dasein wird menschenunwürdig.
- Wir laufen an grauen, sterilen Häuserfassaden entlang und sind uns nicht bewußt, daß wir in Gefängniszellen eingewiesen sind.
- Wenn wir überleben wollen, muß jeder einzelne handeln.
- Du selbst muß Deine Umwelt gestalten.
- Du kannst nicht auf die Obrigkeit und auf Erlaubnis warten
-
- Es ist Deine Pflicht, der Vegetation mit allen Mitteln zu ihrem Recht zu verhelfen.
- Freie Natur muß überall dort wachsen, wo Schnee und Regen hinfallen, wo im Winter alles weiß ist, muß im Sommer alles grün sein.
- Was waagrecht unter freiem Himmel ist, gehört der Natur.
- Straßen und Dächer sollen bewaldet werden.
- In der Stadt muß man wieder Waldluft atmen können.
- Das Verhältnis Mensch — Baum muß religiöse Ausmaße annehmen.
- Dann wird man auch endlich den Satz verstehen: Die gerade Linie ist gottlos.“

FRIEDENSREICH HUNDERTWASSER

Gegeben zu Düsseldorf am 27. Feber 1972

Auf jeden Fall können wir aus der bisherigen Entwicklung eine große Lehre ziehen:

Wieso ist es eigentlich zur Denaturierung — zur Verunmenschlichung des großstädtischen Lebensraumes gekommen? Durch kein anderes Ziel, als dem Menschen (als Spitze der Schöpfung) immer bequemere, angenehmere Lebensbedingungen zu schaffen (Beispiel: innerstädtischer Individualverkehr).

Dies zeigt, daß es ein schlechter Dienst am Menschen ist, wenn man glaubt, **nur** ihm dienen zu können. Es ist dies eine Sicht, die sich gegen ihn kehrt!

Mensch — Zentrum oder Bestandteil der Natur? Die Frage ist heute in unserem Sinn entschieden. Und so sei es mir zum Abschluß gestattet, mit einer kleinen Frage zu schließen:

Warum ist eigentlich seit jeher GRÜN die Farbe der Hoffnung? — Ich glaube, wir sind um eine Antwort reicher!

Zitierte oder zur Thematik empfohlene Literatur:

- Auto und Umwelt - Gutachten vom September 1973.** Herausgegeben vom Rat der Sachverständigen für Umweltfragen. Verlag W. Kohlhammer GmbH., Stuttgart und Mainz, S. 67.
- Bernatzky, A., 1971 - Die grüne Großstadt. In: Umwelt aus Beton - oder - Unsere unmenschlichen Städte.** Rowohlt-Taschenbuch, 1971.
- Bernatzky, A., 1973 - Sauerstoff und Bäume.** Baum-Zeitung, Nr. 1/1973.
- Bernatzky, A., 1973 - Grünplanung in Baugebieten.** Deutscher Fachschriftenverlag.
- Biebl, R., 1972 - Die Pflanze im verschmutzten Lebensraum (Vortrag).** CD-Press 8, 1972.
- Biological Science, 1968 - An Inquiry into Life.** Harcourt, Brace & World Inc., New York - Chicago - San Francisco - Atlanta - Dallas.
- Bramhas, E., 1972 - Die Donaustadt.** Selbstverlag des Autors, Dreimarksteingasse 16, 1190 Wien.
- Buchwald, K., 1972 - Heimat für eine Gesellschaft von heute und morgen. (Gedanken zur Aktualität des Heimatbegriffes. Kann Großstadt noch Heimat sein?)**
Festvortrag Österreichischer Naturschutztag, Altmünster, 21. Oktober 1972. Drucklegung DZU beziehungsweise Geschäftsstelle des Österreichischen Naturschutzbundes, A-8010 Graz, Hamerlinggasse 8/1.
- Burian, K., 1972 - In „Frischzellen für die Stadt“, Vorprojekts-Studie der COOP-HIMMELBLAU, Wien - München. Atelier 1020 Wien, Ungargasse 27/3/3.**
- Dahmen, F., 1972 - Umwelt - Schlagwort oder rettende Einsicht? Albert-Skizzen, Sonderausgabe der Werkszeitschrift Albert, Frankenthal, Nr. 9/72. Separata über Verfasser D-52 Siegburg 1, Kningelbach 30.**
- Eisenreich, D., 1973 - Die Wirkungen des Stadtklimas auf die Pflanze.** Hausarbeit aus Naturgeschichte. Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Wien (Doz. Dr. K. Burian).
- Eley, J. H. and Myers, J., 1964 - Study of a Photosynthetic Gas Exchanger, A Quantitative Repetition of the Priestley Experiment.** The Texas Journal of Science, 16, 296-333.
- Filipsky, K. P., 1970 - Unsoziales Grün. In: Grün im städtischen Bereich.** Symposiumbericht Ljubljana, 3. und 4. September 1970.
- Filipsky, K. P., und Groebner, J., 1973 - Die naturkonditionierte Stadtwelt.** Symposium „Umweltplanung im Wohnbereich“, Universität Ljubljana, 1973, Lehrstuhl für Garten- und Landschaftsbau. Adresse des Autors: Prof. K. P. Filipsky, Atelier A-8010 Graz, Wastiangasse 1.
- Fürst, H., 1973 - Grünstraßennetz für Wien (Vorprojektstudie).** Architekt H. Fürst, 1030 Wien, Krieglergasse 13/9, Telefon 7389643.
- Geiger, R., 1961 - Das Klima der bodennahen Luftschicht.** München, 1961.
- Golueke, C. G. and Oswald, W. J., 1964 - Role of Plants in Closed Systems Annual Review of Plant Physiology.** Vol. 15, 387-408.
- Graefe, G. - Erlebnisraum Donaukanal.** Hinweise von der Verhaltensforschung. Studie im Auftrag des Städtebauteams, 1010 Wien, Schönlaterngasse 8.
- Gruen, V., 1973 - Das Überleben der Städte.** Verlag F. Molden, Wien - München - Zürich.
- Haider, M., 1972 - Psychophysiologische Untersuchungen zur Frage der Wohnbehaglichkeit.** Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, interne Unterlage, 1972.
- Haider, M., 1972 - Umwelteinflüsse im Wohnbereich.** Mitteilungen der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, 1972. Univ.-Prof. DDr. M. Haider, Institut für Umwelthygiene, Medizinische Fakultät der Universität Wien.
- Heiss, E. W., 1967 - Neue Stadt Wulfen.** Grundsätze und Methodik des Grünaufbauplanes für die neue Stadt Wulfen. Das Gartenamt, Heft 10/1967.
- Ingen-Housz, J., 1779 - Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the common air in the sun-shine, and of injuring it in the shade and at night.** P. Elmsly and H. Payne, London, 1779 (Bibliothek des Pflanzenphysiologischen Institutes der Universität Wien).
- Ingen-Housz, J., 1780 - Versuche mit Pflanzen und so weiter.** Aus dem Englischen. Weygand'sche Buchhandlung Leipzig, 1780.
- Ingen-Housz, J., 1786 - Versuche mit Pflanzen und so weiter.** Aus dem Französischen übersetzt von J. A. Scherer. C. F. Wappler, Wien, 1786.
- Keller, Th. - Zum Problem der verkehrsbedingten Bleirückstände in der Vegetation.** Arbeiten der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Schweiz.

- Knaack, J.**, 1956 - In: O. Wagner, *Aquarienchemie*, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1956.
- Koenig, O.**, 1973 - In: *Das Kind in der Großstadt*. Symposiumbericht des Wiener Jugendhilfswerkes. Verlag Jugend und Volk, Wien — München.
- Krapfenbauer, A., Glatzel, G., Wu Z. H.**, 1973 - *Die Schädigung von Bäumen*. Manuskript, Institut für forstliche Standortforschung, Hochschule für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien.
- Lorenz, K.** - *Vom Weltbild des Verhaltensforschers* (darin: Von den Voraussetzungen der Menschwerdung). dtv, 1968.
- Lorenz, K., und Leyhausen** - *Antriebe tierischen und menschlichen Verhaltens* (zum Thema Territorialität und so weiter). Piper-Verlag.
- Lorenz, K.**, 1973 - *Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit*. Piper-Verlag, München, 1973.
- Lötsch, B.**, 1974 - *Photosynthese. Multimediale Unterrichtseinheit*. (4 Filme, 24 Dias, Lehrerband Klett 7951, Arbeitsheft). FWU München — Klett-Verlag, Stuttgart, 1974.
- Lötsch, B.**, 1974 - *Zur Funktion von Grünelementen in Baugebieten*. Gutachten für die Planungsabteilung der Niederösterreichischen Landesregierung — zur Erarbeitung von Richtlinien für die Errichtung neuer Siedlungseinheiten.
- Lötsch, B.**, 1974 - *Stadtgrün - Teilstudie I*. Studie im Rahmen einer von der „Österreichischen Gesellschaft für Natur- und Umweltschutz“ geförderten Arbeit „Wissenschaftliche Grundlagen der Stadtdurchgrünung“. Selbstverlag des Institutes für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Wien.
- Lötsch, B., und Tisserand, A.**, 1974 - *Autoabstellplätze in Innenhöfen*. (Stadtgrün - Teilstudie II.) Selbstverlag des Institutes für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Wien.
- Mitscherlich, A.**, 1969 - *Die Unwirtlichkeit unserer Städte. Anstiftung zum Unfrieden*. Edition Suhrkamp 123, 7. Auflage, 1969, Frankfurt am Main.
- Mitscherlich, A.**, 1971 - *Thesen zur Stadt der Zukunft*. Suhrkamp, Frankfurt, 1971.
- Piperek, M.**, 1971 - *Grundaspekte einer Baupsychologie*. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, 1971.
- Priestley, J.**, 1774—77 - *Experiments and observations on different kinds of air*. 3 vols. J. Johnson ed. London, 2nd ed. cor. 1775—84 (Universitätsbibliothek Wien).
- Rainer, R.**, 1972 - *Lebensgerechte Außenräume*. Artemis-Verlag, Zürich, 1972.
- Rainer, R.**, 1973 - *Lebensgerechte Städte!* Vortrag zum 60jährigen Jubiläum des Österreichischen Naturschutzbundes, Baden bei Wien, 10. November 1973, gedruckt in den Schriften des Niederösterreichischen Naturschutzbundes, 1014 Wien, Herrengasse 9.
- Rainer, R.** - Interview für die Zeitschrift „Academia“, Sondernummer „Umwelt“. Diskussionspartner Burian, Lötsch. Tonband im Archiv des Institutes für Umweltwissenschaften und Naturschutz.
- Schlegel, H. G.**, 1968 - *Sauerstoff in Raumkapseln durch Bakterien*. Kurze Mitteilung in „Umschau in Wissenschaft und Technik“, 1968, Heft 10.
- Schütze, Chr.**, 1973 - *Die Grenzen der technischen Lösung*. Radius 3, September 1973.
- Stern, H.**, 1973 - *Mut zur Emotion*. Rede anlässlich der Verleihung des Bayerischen Naturschutzpreises 1973 an Horst Stern und Konrad Lorenz.
- Strotzka, H.**, 1965 - *Spannungen und Lösungsversuche in städtischer Umgebung - Psychologische Erwägungen zur Stadtplanung*. Der Aufbau 6 + 8, 1965.
- Strotzka, H.**, 1971 - *Zusammenhänge zwischen Wohnbedingungen und psychischen Störungen*. Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, interne Unterlage, 1971.
- Woess, F.**, 1974 - *Generelle Landschaftsplanung für den 19. Bezirk der Stadt Wien*. Anthos, 1/74.
- Woess, F. und Mitarbeiter** - *Hundert-Jahr-Feier der Hochschule für Bodenkultur*. Fachveranstaltungen, Band III: Studiengang Grünraumgestaltung und Gartenbau (insbesondere Vortrag: Ökonomische Verwendung von Gehölzen in öffentlichen Grünanlagen).
- Wolkinger, F.**, 1973 - *Holzzerstörende Basidiomyceten auf Aesculus hippocastanum und Sophora japonica im Stadtgebiet von Graz*. Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines Steiermark, Band 103, S. 205—220, Graz, 1973.
- Wolkinger, F.**, 1972a - *Ohne Grün kein Leben*. Gartenbauwirtschaft 5: 85—86.
- Wolkinger, F.**, 1972b - *Baumpflege in der Gartenstadt Graz*. Natur und Land 58: 75—78.
- Zuraw, E. A., Christiansen, G. S., Kippax, D. L., Benoit, R. J., Richards, N. L., Huppert, I. N., Leone, D. E., Gaucher, T. A., Trainor, F. R. and Noe, F. F.**, 1960 - *Photosynthetic Gas Exchange in the Closed Ecosystem for Space*. Report on NASW—95 to NASA by Electric Boat Division, Groton, Conn.

BILDTEIL

ZUR ÖKOLOGISCHEN BEDEUTUNG DER GRÜNEN PFLANZE

Sauerstoff-Frage und Kleinklimawirkung

B. LÖTSCH

1974

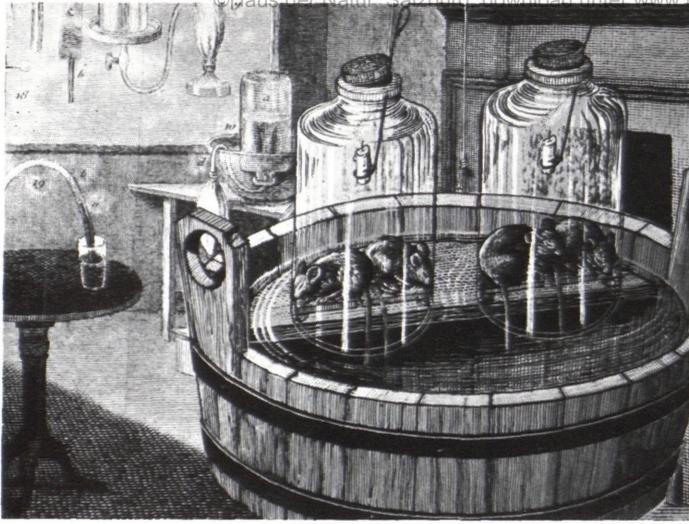


Abb. 1: Der englische Chemiker und Geistliche Joseph PRIESTLEY bereitete um 1771 „zwei Quantitäten verdorbener Luft“, indem er Mäuse unter Glaslocken, die in Wasser standen, atmen und ersticken ließ ($\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde).

Diese Luft ließ Kerzen augenblicklich verlöschen und jedes weitere Tier, das man hineinbrachte, erstickte an den Atmungsprodukten seiner Vorgänger innerhalb von Sekunden.

(Vereinfachte Versuchsrekonstruktion, Grafik O. FRANK u. B. LÖTSCH)



Abb. 2: PRIESTLEY interessierte die Frage: Sterben auch Pflanzen in dieser „tödlichen Luft“?

Durch die „Sperrflüssigkeit“ hin durch konnte er Mäuse und Pflanzen ein- und ausführen, ohne dabei die Gaszusammensetzung unter der Glocke zu verändern.



Abb. 3: Nach Ablauf von 7 Tagen: Zu seiner Überraschung war der Minzensproß bestens gediehen. Im leeren Kontrollgefäß verlöschte eine Kerze wie bei Versuchsbeginn und ebenso erstickten eingebrachte Mäuse augenblicklich, rascher als er sie wieder zurückziehen konnte.

Im Gefäß mit der Pflanzenluft hingegen brannte die Kerze wieder und die Versuchstiere blieben quicklebendig – in derselben Luft, in der eine Woche zuvor zwei Kolleginnen elend erstickt waren.



Abb. 4: Elodea, wenige Sekunden nach Belichtung. Durch Untertauchen von Pflanzen konnte INGENHOUSZ 1779 das „heilsame Gas“ als Bläschen sichtbar machen und damit den genauen Zeitpunkt der Gasentwicklung feststellen. Auf diese Weise entdeckte er die strenge Lichtabhängigkeit der Sauerstoffentwicklung – jenen Faktor, den PRIESTLEY übersehen hatte. (Photo LÖTSCH)

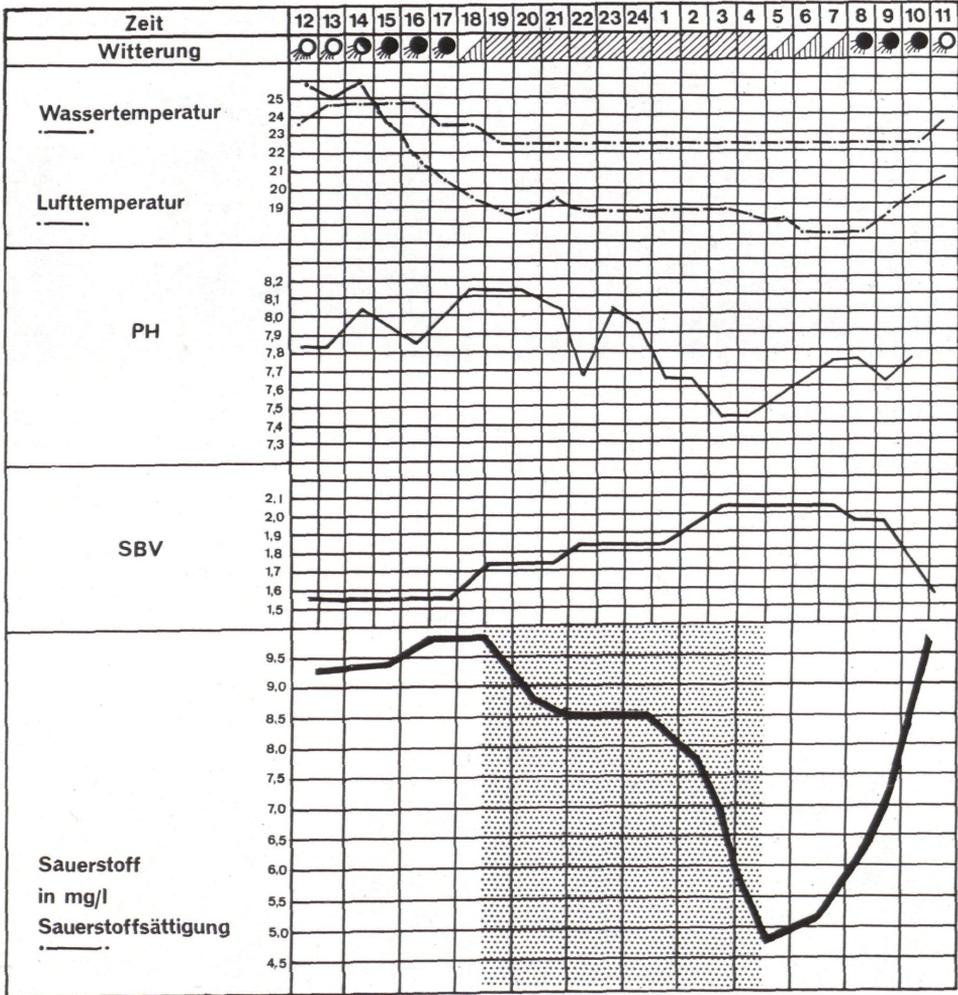


Abb. 5: Tagesgang der Sauerstoffkonzentration in einem gut bepflanzten 120-Liter-Fischbecken (nach J. KNAACK, 1956). Die Photosynthesetätigkeit führt während der Lichtperiode zu erheblichen Übersättigungen (9,7 mg O₂/l). Nach Einbruch der Dunkelheit nimmt die O₂-Konzentration ab und unterschreitet um Mitternacht die Sättigungslinie (8,6 mg O₂/l). Durch die biologische Sauerstoffzehrung sinkt die O₂-Konzentration bis zum Morgengrauen auf einen Tiefpunkt von 4,8 mg O₂/l. (Die O₂-Eindiffusion aus der Luft ist hier also keineswegs bedarfsdeckend.) Im Licht steigt die O₂-Konzentration wieder beständig an, um bereits am Vormittag die Sättigungslinie zu überschreiten. Gegenläufig zur O₂-Linie schwankt die freie Kohlensäure (kenntlich am pH-Verlauf) und das Bikarbonat (abzulesen am HCl-Säurebindungsvermögen, SBV).



Abb. 6 a: Elodea-Sproß in Indigokarminlösung. Der austretende Sauerstoff bildet tiefblaue Oxydationschlieren in der vorher hellgelben Reagenzlösung. (Photo LÖTSCH)



Abb. 6 b: Versuch zur Abhängigkeit der Sauerstoffentwicklung vom CO_2 -Angebot: die Indigokarminlösungen wurden aus Wassersorten mit steigenden CO_2 -Gehalten bereitet.

Links: CO_2 -freier Ansatz – keine O_2 -Produktion.

Mitte: Leitungswasser (enthält immer etwas CO_2 und HCO_3^-): Erhebliche O_2 -Produktion.

Rechts: CO_2 -gedüngter Ansatz (Zusatz von etwas Natriumwasser und KHCO_3): Maximale Photosynthese.

(Photo LÖTSCH)

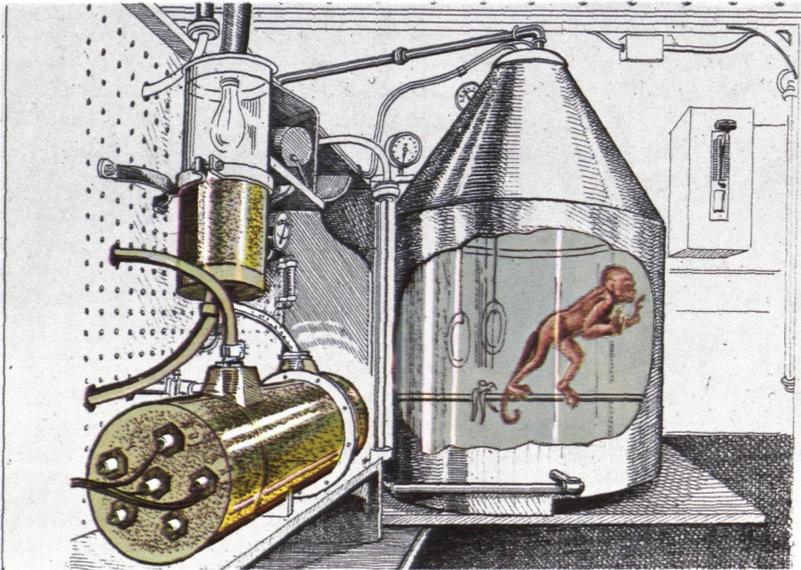


Abb. 7: NASA-Experiment mit Cebus-Äffchen (1,22 kg) und Chlorella-Algenkultur (55 Liter) im geschlossenen Gaskreislauf. Während des 50stündigen Versuches wurde die Atmung des Tieres überkompensiert: Die O_2 -Konzentration stieg von 21% auf 24,5%, die CO_2 -Konzentration bewegte sich zwischen 0,2 bis 1%. (Grafik LÖTSCH)



Abb. 8 a: Stadtklima: „Backofeneffekt“.

Die Steinmassen speichern die tagsüber eingestrahelte Sonnenenergie. Dies führt zu einer zeitweiligen Überhitzung der Kernbereiche gegenüber dem grünen Stadtrand von 4–11° C. Dadurch wird das Stadtklima immer wüstenähnlicher, die wohlthuende abendliche Abkühlung verhindert und außerdem werden aufsteigende Warmluftströmungen über dem Zentrum erzeugt.

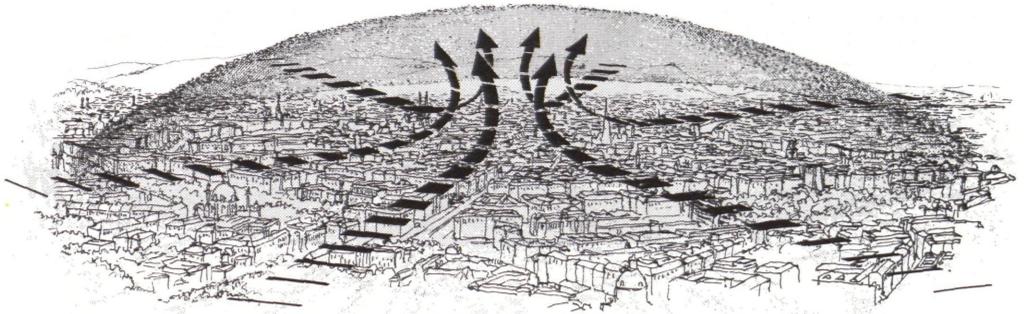


Abb. 8 b: Stadtklima: Staublocke.

Die aufsteigenden Konvektionen über dem Stadtkern führen zum radialen Nachströmen kühlerer Luftmassen aus dem Umland, den sog. „Flurwinden“. Auf ihrem Weg zum Zentrum erwärmen und beladen sie sich mit Abgasen und Schmutzpartikeln, die schließlich hochgetragen und in einer bestimmten Höhe verteilt werden („Staublocke“ oder „dust dome“). Verschiedentlich wurde die Schaffung konzentrischer Grüngürtel als „Filter“ für die Flurwinde vorgeschlagen. (Graphik B. LÖTSCH und H. KATZMANN)

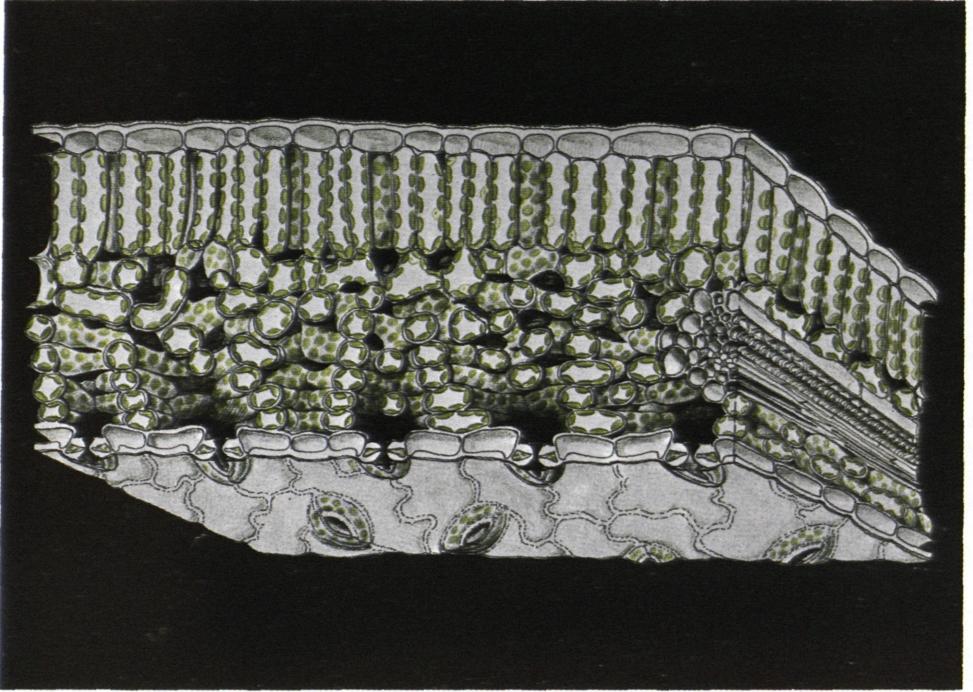


Abb. 9: Ausschnitt aus einem Laubblatt (400 \times , nach der Natur gezeichnet, räumlich umgesetzt und geringfügig schematisiert).

Die Spaltöffnungen (Stomata) an der Blattunterseite sind die Eintrittspforten des Kohlenstoffs in das Blatt. Um sich zu ernähren und zu wachsen, muß die Pflanze die CO_2 -Spuren (0,03 Vol%) aus der Atmosphäre gewinnen, d. h. sie muß ihre Stomata während der Lichtperiode möglichst lange offenhalten. Das grüne Assimilationsgewebe im Blatt ist aber immer feucht. Daher verliert die Pflanze für jedes durch die Spaltöffnung absorbierte CO_2 auf dem gleichen Porenweg ein Vielfaches an Wasserdampf. Dies kann zu einer beträchtlichen Anspannung ihres Wasserhaushaltes führen – der Spaltenschluß dient dann als Schutz, verhindert aber die Substanzbildung. Die Pflanze pendelt also oft „zwischen Hunger und Durst“. Diesem, mit der CO_2 -Assimilation gekoppelten Wasserverlust (0,2 bis 5 Liter Wasser pro Gramm Substanzgewinn) verdanken wir die große Wirkung der Pflanze auf die Luftfeuchtigkeit. (Zeichnung LÖTSCH)

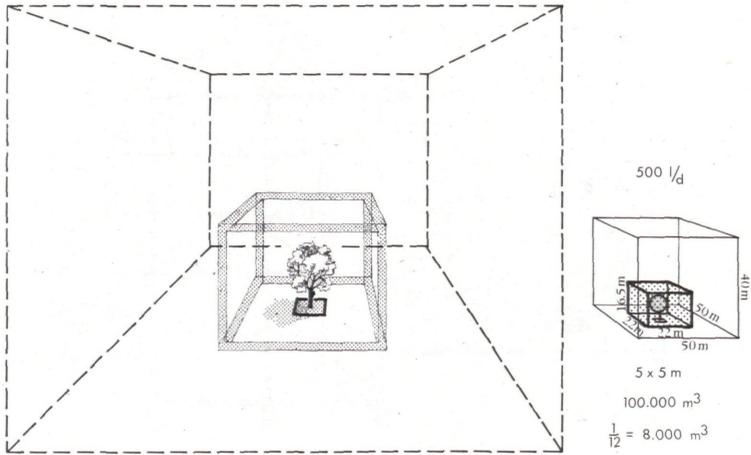


Abb. 10 a: Transpirationsleistung eines Baumes.

Eine gesunde Rotbuche mit 25 m^2 Bodenbedeckung (Grundriß) vermag unter optimalen Bedingungen 500 Liter Wasser (liqu.) als Dampf abzugeben. Im geschlossenen System (z. B. in einem Riesenglashaus) könnte sie damit ein Luftvolumen von 100.000 m^3 von 40% auf 70% rel. LF. anfeuchten.

Unter realen Verhältnissen kalkulieren wir aufgrund verschiedener Einschränkungen (keine optimale Licht- und Wasserversorgung, kein geschlossenes, sondern bestenfalls durch Baukörper seitlich umgrenztes System) mit einem Korrekturfaktor von $\frac{1}{12}$, das heißt, der durch den Baum klimatisierbare Raum beschränkt sich auf seinen Nahbereich (8000 m^3).

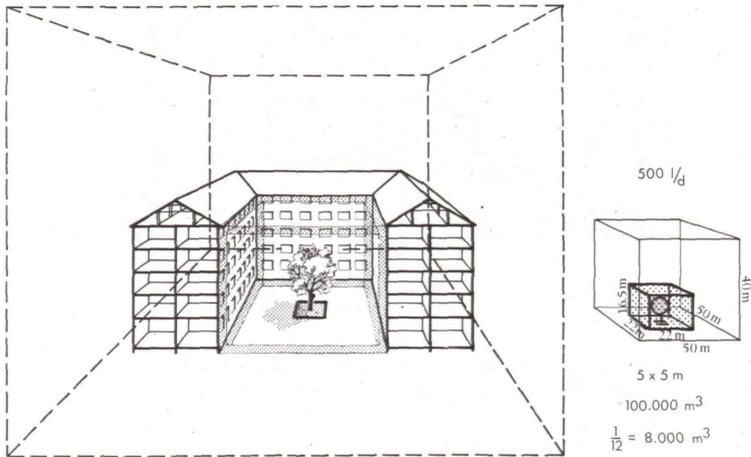


Abb. 10 b: $\frac{1}{12}$ des Maximalvolumens – also 8000 m^3 – entsprechen immer noch der Kubatur eines durchschnittlichen Innenhofes.

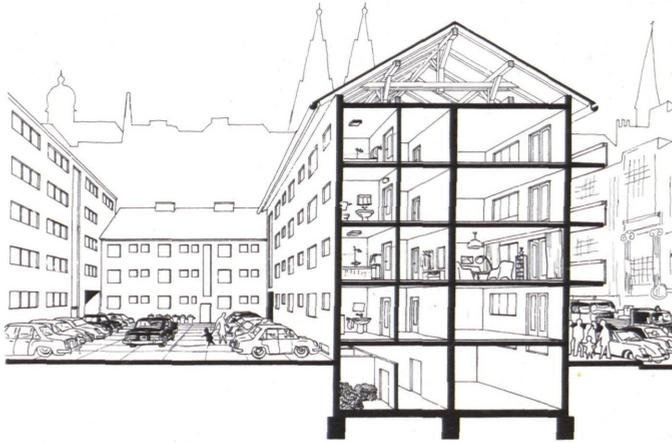


Abb. 11 a: Nicht auszurotten ist die Gedankenlosigkeit ganzer Architektengenerationen, die wertvollen Wohn- und Schlafräume samt Balkons auf verkehrsreiche Straßen hinauszurichten und auch noch den geschützten Innenhof den Autos hinzuofern. Wesentliche Mitschuld hat das Garagengesetz, welches das Vordringen der Lärm- und Schadstoffemittenten in die letzten Refugien menschlicher Wohnnutzung nicht nur gestattet, sondern vorschreibt.

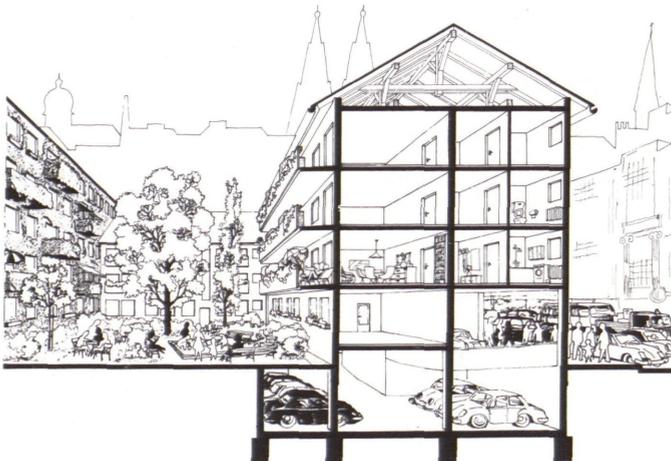
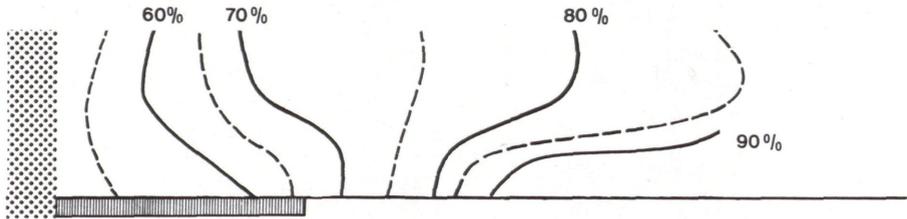


Abb. 11 b: Erster Schritt zur Sanierung: Uorientierung der „guten Räume“ in den Innenhof. Der Hof wird durch Begrünung zur mikroklimatischen „Frischzelle“ in der Bausubstanz.

Die Autos werden (sofern es nicht gelingt, ihre Zahl durch verkehrsorganisatorische Maßnahmen im Wohnviertel drastisch zu reduzieren) in Tiefgaragen und am Straßenrand untergebracht. Im dargestellten Fall eines Innenhofes von 18×18 m stehen bei Verstellung der Hoffläche maximal 5 Parkplätze für jedes der 3 Häuser zur Verfügung. Bei Nutzung des Kellers als Garage ergeben sich 6 Stellplätze pro Haus. (Graphik H. KATZMANN und B. LÖTSCH)

a) Relative Luftfeuchtigkeit



b) Lufttemperatur

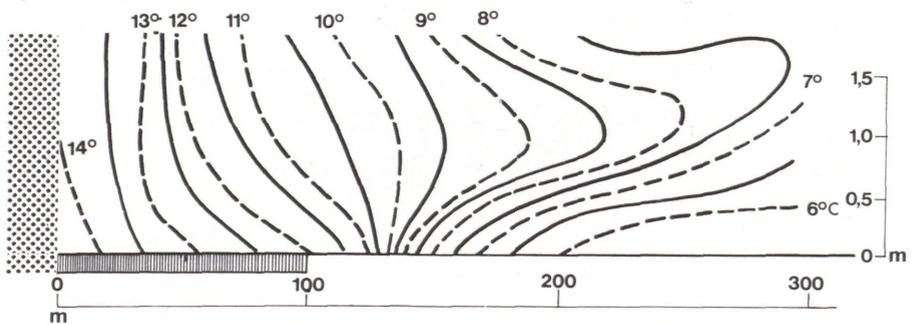


ABB. 12: KLEINKLIMA ÜBER BEPFLANZTEM UND VERBAUTEM TERRAIN.

„Über Grünflächen sind, wie GEIGER nachgewiesen hat, im Sommer die Temperaturen niedriger und die Luftfeuchtigkeit höher als über den benachbarten Straßenflächen.“ (Aus R. RAINER „Lebensgerechte Außenräume“, Graphik umgezeichnet.)

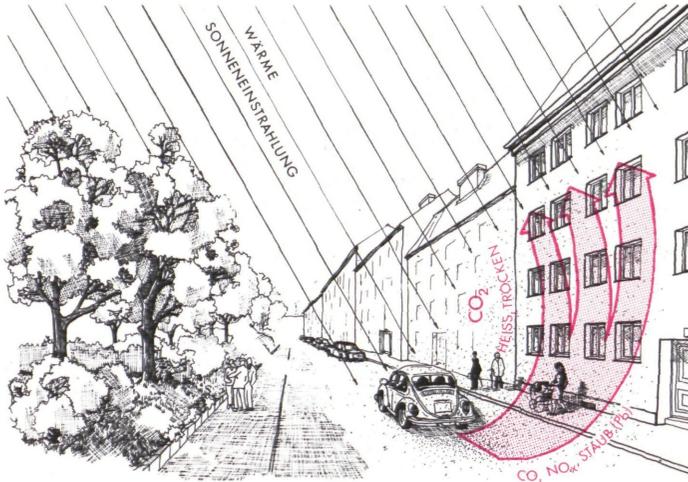


Abb. 13 a: Die Sonneneinstrahlung heizt Asphalt und Hauswände auf (s. Backofeneffekt) und erzeugt einen aufsteigenden heiß-trocken-staubigen Luftstrom, der auch die Luftverunreinigungen hochwirbelt. (1 cm³ Stadtluft enthält 200.000 Partikel Feinstaub, in freier Naturlandschaft findet man nur 4% davon.)

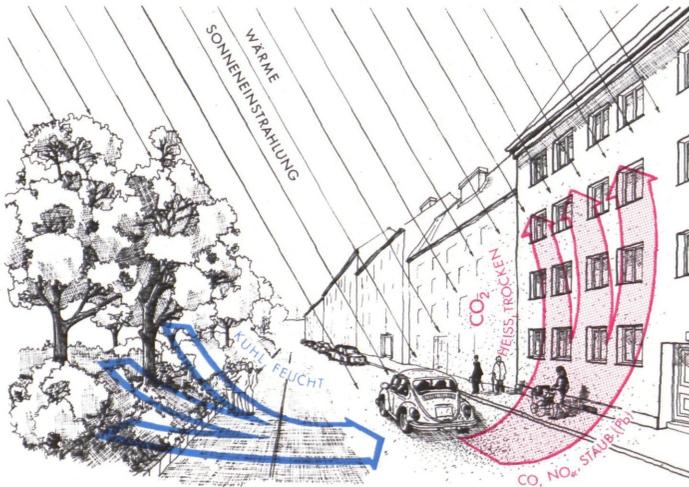


Abb. 13 b: Grünanlagen sind kühler als die Umgebung (Schattung, Transpirationskühlung). Selbst nur 50–100 m breite Grünflächen kühlten bei Messungen in Frankfurt an heißen, windstillen Sommertagen die Temperatur bis 3,5° gegenüber dem angrenzenden Häusermeer ab, obwohl ein großer Teil der kühleren, feuchteren Luft dauernd seitlich in die Steinmassen abfloß.

Die erwähnten Temperaturunterschiede zwischen Parkanlage und „Steinwüste“ rufen kleine und kleinste Luftkreisläufe hervor, welche drückende Stagnationen überwinden und ein regelrechten „Auskämmen“ der Luftverunreinigungen im Laubwerk bewirken. Die Luft aus Grünanlagen enthält nur $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ der stadtüblichen Staubpartikeldichte (nach Ergebnissen von BERNATZKY, LAMP sowie GRÄFE u. SCHÜTZ, Graphik B. LÖTSCH u H. KATZMANN).

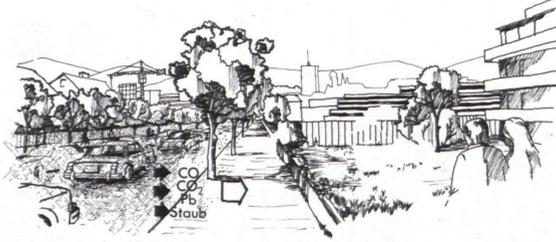


Abb. 14 a: Häufige Stadtsituation: Fahrbahn, Gehsteig und zur Straße hin offene (und daher nicht voll nutzbare) Grünfläche vor den Baukörpern.

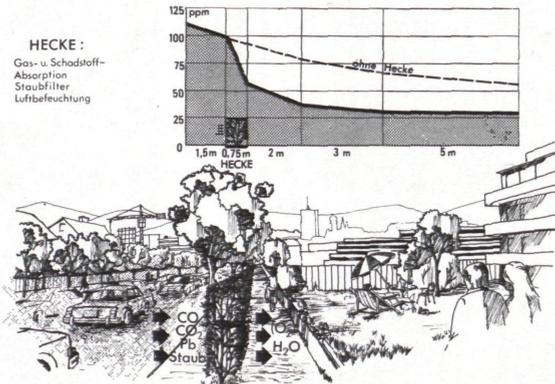


Abb. 14 b: Dieselbe Situation – aber nach Pflanzung einer Schutzhecke: Die Ausfilterung der partikulären Schadstoffe und die übrigen mikroklimatischen Effekte schaffen verbesserte menschliche Nutzungsmöglichkeiten jenseits der Hecke. Als Beleg dafür wurde oben die Bleistaub-Absorptionskurve einer viel niedrigeren (nämlich nur 1 m hohen und 75 cm breiten) Hecke in 1,5 m Abstand von einer stark befahrenen Schweizer Autostraße (nach KELLER) eingefügt.

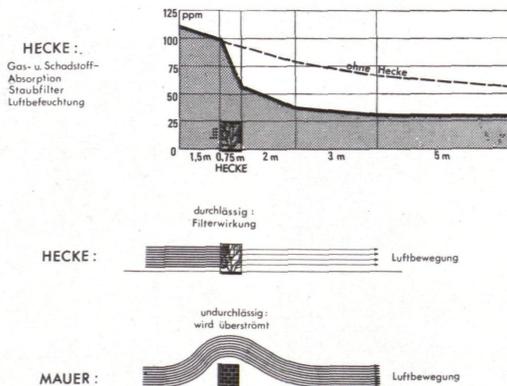


Abb. 14 c: Der unerwartet ausgeprägte Einfluß der Hecke auf den Bleigehalt der Umgebung erklärt sich gerade aus der Luftdurchlässigkeit der grünen Wand, die eine echte Filterwirkung ermöglicht. Demgegenüber würde eine gleich niedrige, aber kompakte Mauer von der staubigen Luft lediglich überwälzt werden. (Graphik B. LÖTSCH und H. KATZMANN)

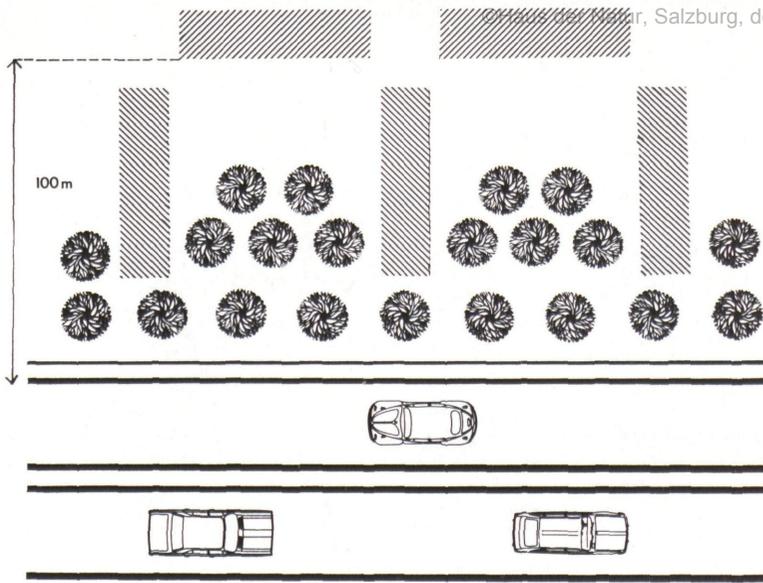


Abb. 15: Häufige Grundrißanordnung im heutigen Städtebau. Die Schallschutzwirkung von Grünelementen wird meist überschätzt. Nur so ist es erklärlich, daß Grundrisse wie der obige in einschlägigen Fachbüchern als „günstige Anordnung“ empfohlen werden: Der Wohnbereich wird zur Straße hin geöffnet, und einige Baumkronen sollen die Reflexion des Autolärms an den Hauswänden dämpfen. Eine leider sehr häufige Entgleisung moderner Wohnbauarchitektur. (Aus F. J. MEISTER: Städtebauliche Abhilfen, in: P. VOGLER ed.: Medizin und Städtebau, Band 2; umgezeichnet.)

Abb. 16: Stockwerkszahl und Flächeneinsparung. (Skizze nach R. RAINER „Lebensgerechte Außenräume“, umgezeichnet.) Ordnet man ein bestimmtes Bauvolumen statt ebenerdig zweistöckig an, gewinnt man die Hälfte der Geschoßfläche als Grünland (symbolisiert als Baumkronen). Stockt man dasselbe Bauvolumen auf 3 Etagen gewinnt man gegenüber der zweistöckigen Lösung noch $\frac{1}{3}$ der Geschoßfläche, bei 4 Etagen noch $\frac{1}{4}$, bei 5 noch $\frac{1}{5}$ usw. Die überbaute Fläche sinkt also nach einer $\frac{1}{x}$ -Kurve, so daß der Freiflächengewinn vom 4. Stockwerk an vernachlässigbar wird.

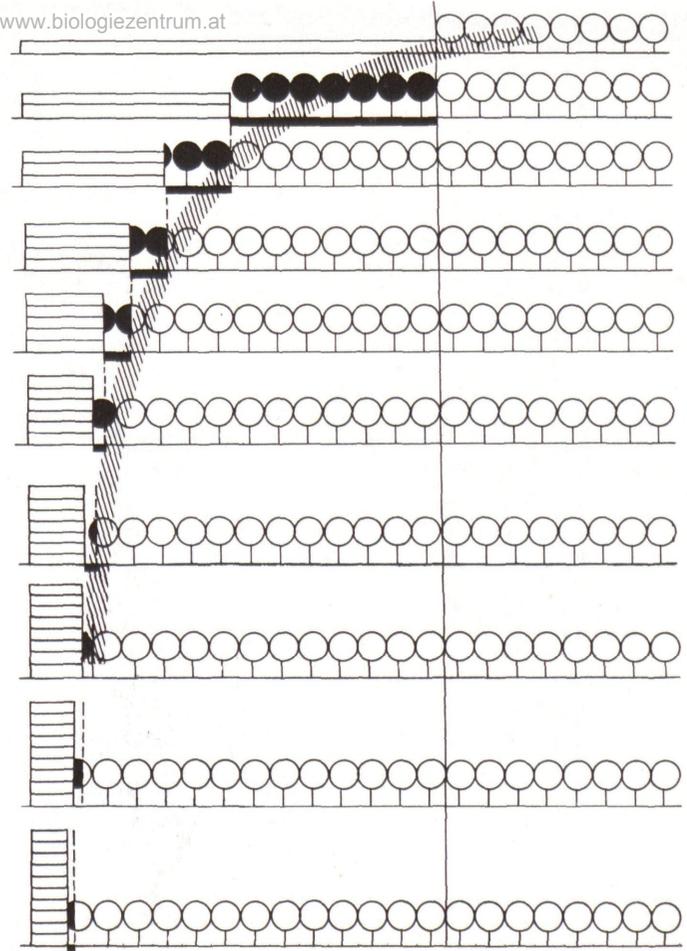




Abb. 17 a: Wien-Simmering: Gedrängte Wohnsilos – luxurierende Verkehrsflächen. So spart man Fläche? (Photo ERNST)



Abb. 17 b: Sinnlose Grünflächen: Sterilgrüne Gemeinderasen. – Nackt und offen an der Straße liegend, sind sie weder als Erholungs- oder Spielfläche nutzbar, noch schützen sie die Wohnungen gegen das Verkehrsgeschehen. (Photo LÖTSCH)



Abb. 18: Salzsäden: Während die Blätter durch Transpiration destilliertes Wasser an die Atmosphäre abgeben, saugen die Wurzeln eine verdünnte Salzlösung aus dem Boden nach. Bei Versalzung des Erdreiches wird das Wahlvermögen der Wurzeln teilweise überrannt, so daß der Transpirationsstrom schließlich lebensbedrohende Konzentrationen – besonders an Chlorid – im Blatt anreichert. („Salzpfanneneffekt“, der auch bei Überdüngung bekannt ist.) Die einzige



Ausscheidungsmöglichkeit der Pflanze ist der Abwurf der versalzten Blätter, und dies ist dann auch an vielen Straßenbäumen Wochen bis Monate vor dem natürlichen Laubfall beobachtbar. Aber schon vorher vermag Salzstreß die physiologischen Leistungen und die Widerstandskraft der Pflanze zu beeinträchtigen. (Photos LÖTSCH, Ringstraße Wien)



Abb. 19 a: Wohnhaus mit Garten an verkehrsreicher Straße, Florenz. In den alten romanischen Urbankulturen werden Hausgärten seit jeher gegen die Außenwelt abgeschirmt und nach innen entwickelt.



Abb. 19 b: Grüner Innenhof der Villa Rufulo, Ravello. Mauerbegrünung und Hängepflanzen sorgen für maximale Belaubung des engen Hofsystems bei voller Wahrung menschlicher Nutzungsmöglichkeiten.

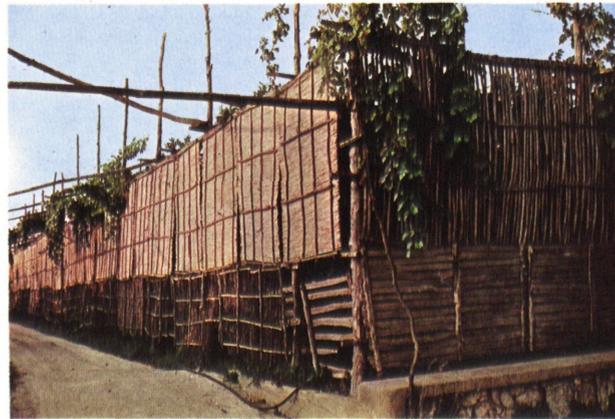


Abb. 19 c, d: Gemischte Obst-Weinkulturen bei Sorrent. Seitlich angebrachte Matten sorgen für ein optimales „Küvettenklima“, erfüllen also die Rolle eines „Kollektiven Verdunstungsschutzes“, da mit ihrer Hilfe eine höhere Luftfeuchtigkeit im Bestand gehalten wird. (Photos LÖTSCH)



Abb. 20: Grüne Oase im Häusermeer von Linz. Die Vegetation hat hier (obwohl nicht direkt begehbar) für die Anwohner einen unbezahlbaren Erholungswert. Zahlreiche alte Menschen leben beim offenen Fenster „ins Grüne hinaus“.



Abb. 21: Erste Versteinerungssymptome: Der einzige Neubau in der Häuserzeile mußte – da bereits unter das Garagengesetz fallend – befestigte Autoabstellplätze schaffen und belästigt die übrigen Anwohner, profitiert kleinklimatisch aber noch von der umliegenden Vegetation (bis das Garagengesetz auch diese vernichtet).



Abb. 22: „Autos erwünscht – Kinder geduldet.“ Den Autos der Anwohner stehen gedeckte Garagen und ein Tausende Quadratmeter großer Asphaltplatz zur Verfügung. Für sämtliche Kinder des Wohnblockes gibt es einen 2 m „breiten“ Gras-



Abb. 23: Garagenhof – Endpunkt einer Entwicklung – konsequente Erfüllung des gesetzlichen Auftrages. (Photos LÖTSCH, aus der jüngeren Bautätigkeit in Linz.)



Abb. 24: Kinderspielplatz in der Großstadt: Stimulierende Zementröhren, umtost von Kraftfahrzeugverkehr, offen und ungeschützt gegenüber seinen Schadstoffen. (Photo ARCHLEB)



Abb. 25: Ein Hauch von Stadtdurchgrünung. Eternitschlüsseln verleiten gedankenlose Passanten, sich am schadstoffintensivsten Verkehrsstrang der Wiener Innenstadt niederzulassen. (Photo LÖTSCH)

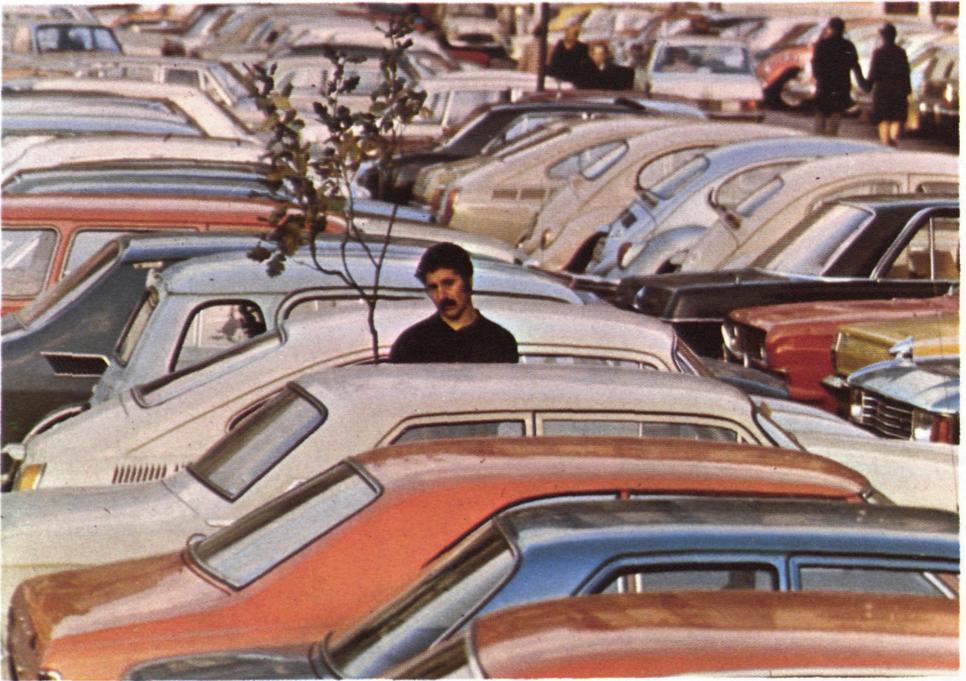


Abb. 26: BLECHPLANUNG – DAS ENDE DER GRÜNPLANUNG.
„Sag mir wo die Bäume sind – wo sind sie geblieben . . .“
Stadtverödung für die Generation von morgen. (Photo LÖTSCH)

ENDE

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem Haus der Natur Salzburg](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Löttsch Bernd

Artikel/Article: [Die Pflanze im menschlichen Lebensraum. Zur ökologischen Bedeutung der grünen Pflanze. Sauerstoff-Frage und Klimawirkung- In: TRATZ Eduard Salzburg 1973, Berichte aus dem Haus der Natur in Salzburg V. Folge 1973. 65-84](#)