

**Zeitschrift:** Boissiera : mémoires de botanique systématique  
**Herausgeber:** Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève  
**Band:** 38 (1987)

**Artikel:** Inventur städtischer Baumbestände durch Fernerkundung und Photogrammetrie  
**Autor:** Hildebrandt, G:  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-895596>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 24.01.2026

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



Parcs et Promenades  
de la Ville de Genève

Conservatoire  
et Jardin Botaniques

## L'ARBRE en VILLE

# Inventur städtischer Baumbestände durch Fernerkundung und Photogrammetrie



G. HILDEBRANDT

## RÉSUMÉ

Inventaire de population d'arbres en ville par télédétection et photogrammétrie — G. HILDEBRANDT

Les populations d'arbres en ville subissent un environnement très difficile. De plus, les contraintes du développement urbain font sans cesse apparaître des besoins en terrains qui menacent en premier lieu les espaces verts. De ce fait, il devient de plus en plus nécessaire d'effectuer la saisie, la documentation et l'observation de son évolution; il faudra prendre en considération la distribution des arbres, groupés ou isolés, dans les rues, les jardins et les parcs, ainsi que leur répartition dans les différents quartiers de la ville et leur état sanitaire. On exposera les possibilités d'application des techniques de télédétection, en particulier l'utilisation de clichés aériens, les démarches méthodologiques à adopter, et la manière d'analyser les résultats pour les rendre utiles à différents domaines de l'aménagement urbain.

## ZUSAMMENFASSUNG

Inventur städtischer Baumbestände durch Fernerkundung und Photogrammetrie — G. HILDEBRANDT

Städtische Baumbestände sind erheblichen Umweltbelastungen ausgesetzt. Es treten dazu im Zuge von Massnahmen der Stadtentwicklung ständig Flächenbedürfnisse auf, die häufig auch auf baumbestandenem Grund gerichtet sind. Aus beiden Fakten resultiert die Notwendigkeit und ein steigendes Bedürfnis der Erfassung, Dokumentation und kurzperiodischen Beobachtung der Grünbestände der Städte. Bestandesaufnahmen und Beobachtung der Entwicklung sind dabei zu richten auf das Vorkommen der Bäume, einzeln oder in Gruppen, Parks und den verschiedenen Stadtquartieren im ganzen sowie auf den Gesundheitszustand der Bäume. Es wird dargestellt, wie Fernerkundung, insbesondere Luftbilddauswertung, für diese Zwecke eingesetzt werden kann, welche methodologischen Wege zu beschreiten sind, wie die Ergebnisse analysiert und damit von verschiedenen Bereichen der Stadtplanung genutzt werden können.

## SUMMARY

Inventory of the urban tree population through remote sensing and photogrammetry — G. HILDEBRANDT

Urban tree populations are exposed to serious environmental stress. In the course of urban development, surface requirements are constantly increasing, and are often directed toward the tree populated areas. Both factors result in the need, and the growing desire for the registration, documentation and short, periodical observation of the green populations in cities. Inventory and developmental observations should be directed toward the locations of tree populations and individual trees in streets, gardens, parks and various neighbourhood/sectors as a whole, as well as toward the health of the trees. A description of how remote sensing and especially of how the analysis of aerial photographs can be used for this purpose is given, along with which methods are to be followed, and how the results can be analysed, thus rendering useful various areas of urban planning.

Die ökologische und klimatologische Situation in Stadtgebieten wird in einem nicht geringen Masse von Umfang, der Art und der Verteilung der Vegetationsbestände im Stadtgebiet und dem die Stadt umgebenden Umfeld mitbestimmt. In beiden Fällen gehen überwiegend positive Wirkungen von diesen Beständen aus — seien es Bäume oder Büsche, sei es Grün- oder Gartenland.

Andererseits sind städtische Vegetationsbestände, insbesondere die Baumbestände entlang der Strassen, erheblichen Umweltbelastungen ausgesetzt. Die sehr spezifischen Standortsbedingungen und vielfältige, direkte — zumeist anthropogene — Schadfaktoren wirken dabei Hand in Hand. Schliesslich treten dazu im Zuge von Massnahmen der Stadtentwicklung ständig Flächenbedürfnisse auf, die häufig auch auf vegetations- oft genug auf baumbestandenem Grund gerichtet sind.

Aus diesen Fakten resultiert für Stadtplanung und Stadtverwaltung die Notwendigkeit und ein steigendes Bedürfnis die Vegetationsbestände — wie übrigens auch alle verfügbaren, noch vorhandenen, d.h. hier noch nicht endgültig versiegelten oder überbauten Freiräume — quantitativ und qualitativ zu erfassen, ihren Bestand zu dokumentieren und in ihren Veränderungen fortlaufend, zumindest kurzperiodisch unter Beobachtung zu nehmen.

An dieser Stelle soll die Betrachtung für einen Moment ins Allgemeine erhoben werden: Wer über Raum — Lebensraum für Menschen, Pflanzen, Tiere — verfügt, Raum verwaltet oder bewirtschaftet und dies im Bewusstsein seiner Verantwortung vor der Gegenwart *und* der Zukunft zu tun gedenkt, kann seine mittel- und langfristigen Planungen nicht ohne Kenntnis des Zustandes seines Planungsobjektes in allen seinen Teilen durchführen, kann auch akute Entscheidungen im einzelnen nicht ohne solche Kenntnisse treffen. "Jede Planung beginnt mit der Inventur und der Analyse ihrer Grundlagen" (SPEIDEL, 1967). Auch das notwendige Abwägen der Folgen einer Planung oder jeder Entscheidung im einzelnen ist — bei aller möglichen Unsicherheit solchen Abwägens — nicht ohne Kenntnisse des Zustands und der daraus resultierende strukturellen Zusammenhänge möglich.

Und abschliessend hierzu noch — in Anlehnung an ein Wort von HEINRICH COTTA, eines Klassikers der Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, aus dem Jahre 1820 — die Bemerkung, dass man sich bei langfristigen Planungen bescheiden muss, "dass wir weder unfehlbar, noch allwissend sind, dass wir weder alles sogleich vollkommen gut machen — noch alle später kommenden Ereignisse im voraus ermessen können". Daraus folgt, dass Inventur und Planung eine fortdauernde Sache sein muss: Um Veränderungen zu erkennen, Planungen vernünftig fortschreiben und sachgerecht weiterentwickeln zu können.

Vom Allgemeinen zurück zum Besonderen: Zur Inventur und Analyse der Grünbestände in unseren Städten als Grundlage für Stadtentwicklung und speziell der Grünplanung, die wir als Notwendigkeit aus der allgemeinen Betrachtung heraus begründet haben.

Bestandesaufnahmen und Beobachtung der Entwicklung sind zu richten auf

- die Gesamtheit der Vegetationsbestände und ihre Zusammensetzung nach Vegetationsformen, bei Strassen- und Parkbäumen sicher oft auch nach Arten;
- das lokale Vorkommen von Baumbeständen, Einzelbäumen, Sträuchern, Grün- und Gartenland in den verschiedenen Stadtquartiere, gegebenenfalls bis hinab zu einzelnen Siedlungsblöcken;
- den Gesundheitszustand dieser Vegetation.

### **Prinzipielle Möglichkeiten für städtische Vegetationsinventuren**

Wie nun kann solche Inventur und Beobachtungsarbeit ausgeführt werden?

Drei prinzipielle Möglichkeiten sind gegeben:

- die Erhebung durch Befragung aller oder einer Stichprobe von Grundeigentümern;
- die vollständige, flächendeckende oder stichprobenweise Erhebung im Feld durch Inventurtruppen;
- die Erhebung durch Fernerkundung und die Kartierung von Erhebungsergebnissen durch photogrammetrische Methoden oder Computerausdrucke.

Die erste Möglichkeit würde für alle Grünbestände auf öffentlichem Grund und Boden entweder den Rückgriff auf bestehende Nachweisungen oder die Durchführung einer Inventur nach einer der beiden anderen Erhebungsarten bedeuten. Qualitative Merkmale z.B. Angaben über Gesundheitszustand von Bäumen können bei Enqueten nicht zuverlässig erhoben werden.

Bei Felderhebungen ist begrenzend — neben dem hohen Zeitaufwand — das Problem der Zugänglichkeit oder auch des Betretungsrechts privater Grundstücke zu bedenken.

Bei Auswertungen von Luftbildern, als dem hier zu bevorzugenden Medium der Fernerkundung, können Grenzen der Interpretierbarkeit auftreten, so z.B. in der Artenansprache, der Erfassung von Stammschäden an Bäumen oder auch frischer Anpflanzungen oder spärlicher Bodenvegetation.

Jede der genannten Inventurmethode hat spezifische Vor- und Nachteile, schliesst die Erfassung bestimmter Sachverhalte aus oder ist dazu in besonderer Weise geeignet. Es kann sich daher gegebenenfalls je nach Art der Inventur- oder Kartierungsaufgabe eine Kombination von Felderhebungen und Luftbilddauswertung als der richtige Weg erweisen. Welche Erhebungsmethode gewählt wird, in welcher Weise methodologische Elemente aus verschiedenen Verfahren kombiniert



werden, ob eine flächendeckende Aufnahme oder eine Stichprobeinventur eingesetzt werden soll, ist abhängig davon

- ob die Gesamtheit der Vegetation (alle Vegetationsformen, öffentliche *und* private Vegetation) oder nur bestimmte Bestände (z.B. Strassenbäume) zu inventarisieren sind;
- ob und in welcher Weise die Zusammensetzung der Vegetation erfasst werden soll, z.B. nach Vegetationsformen, pflanzensoziologischen Klassen, Pflanzenarten;
- ob und in welcher Weise das lokale Vorkommen (nach Stadtteilen, Quartieren, Strassen) erfasst und dargestellt werden soll;
- ob die Vegetationsbestände oder bestimmte Bestände (z.B. Bäume) auch nach ihrem Gesundheits- oder Vitalitätszustand zu klassifizieren sind;
- ob und in welcher Weise die Inventurergebnisse zu anderen städtischen Daten in Bezug gesetzt werden sollen (z.B. Bevölkerungs- oder Gewerbe- oder Verkehrsstatistik, Planungsdaten, stadtklimatologische Verhältnisse);
- ob künftig auch quantitative, qualitative oder lokale Entwicklungen durch eine Sequenz von Inventuren beobachtet werden sollen;
- und natürlich auch, welche Kapazitäten für die Durchführung der Inventur zur Verfügung stehen: Zeit, Geld, Personal, nach Ausbildungsstand und Menge, vorhandene, einbeziehbare Unterlagen (z.B. Karten, statistische Daten, Baumkataster).

### **Fernerkundung für die städtischen Inventur- und Beobachtungsaufgaben**

Was kann im Zusammenhang mit Inventur und Beobachtung von Veränderungen des Vegetationsbestandes in Städten die Fernerkundung leisten? Zur Beantwortung dieser Frage zunächst eine Definition und ein Blick auf die wichtigsten, von der technischen Seite her für operationelle Einsätze verfügbaren Fernerkundungssysteme.

Fernerkundung ist die Untersuchung von Objekten, hier also eines Stadtgebietes oder einzelner Teile davon — ohne mit dem Objekt direkt in körperlichen Kontakt zu kommen. An flächenabbildenden Systemen stehen gegenwärtig — ohne dass hier auf die physikalischen Grundlagen und die technologischen Details eingegangen wird — die in Tabelle 1 zusammengestellten zur Verfügung.

Für die hier diskutierten städtischen Vegetationsinventuren haben sich in zahlreichen Untersuchungen und praktischen Inventuren von Flugzeugen aufgenommene gross- und mittelmassstäbige Luftbilder als brauchbar, nützlich und operationell einsetzbar erwiesen sowie auch bei praktischen Arbeiten dann bewährt, wenn sie sachkundig vorbereitet und ausgewertet wurden.

Daneben haben im letzten Jahrzehnt für stadtklimatologische Untersuchung und zur thermischen Gewässerüberwachung Thermal-Infrarot-Aufnahmen Bedeutung gewonnen. Gute Planung und vor allem sachkundige Auswertung sind auch hier Voraussetzung für erfolgreiche Arbeit und tragfähige Ergebnisse.

Gleichwohl wir uns damit von der Frage der Vegetationskartierung entfernen, wird hier der Vollständigkeit wegen ein kurzer Hinweis zur Thermalbildauswertung eingefügt.

### **Thermalbilder für stadtklimatologischen Untersuchungen**

IR-Thermalaufnahmen können im Aufgabenbereich der Stadtplanung herangezogen werden

- für die Untersuchung der allgemeinen stadtklimatologischen Situation einschliesslich der Frischluftzuführung,
- für Untersuchungen zur Baukörperklimatologie,
- für Untersuchungen der Abwärmelastung der Gewässer des Stadtgebietes und seines Umfeldes,
- für die Bewertung der Wirkung lokaler Grünzüge und Grünflächen für das Stadtklima.

	<i>Photographische Systeme</i>	<i>Opto-mechanische und Opto-elektrische Systeme</i>	<i>Opto-mechanische Systeme</i>	<i>Flächenabbildende Radarsysteme</i>
Wellenbereiche	Stichtbares Licht nahes Infrarot $\lambda = 0,3-1,0 \mu\text{m}$	Sichtbares Licht nahes, mittleres <sup>1</sup> IR $\lambda = 0,3-2,5 \mu\text{m}$	Thermales Infrarot $\lambda = 3-5$ und $8-14 \mu\text{m}$	Mikrowellen in versch. Bandbereichen $\mu = 1-30 \text{ cm}$
Informations- quelle	von den Objekten reflektiertes Sonnen- und Himmelslicht	von den Objekten reflektiertes Sonnen- und Himmelslicht	von den Objekten emittierte Wärme- strahlung	von den Objekten reflektierte, zuvor von einem Sender abgestrahlte Energie
Einsatz- möglichkeit bei:	Tageslicht und Wolkenfreiheit	Tageslicht und Wolkenfreiheit	Tag und Nacht, Wolkenfreiheit	Tag und Nacht auch bei Bewölkung
Aufnahmeplatt- formen 1- 15 km 250-400 km 800-900 km	Flugzeug bemannte Welt- raumflugkörper —	Flugzeug bemannte Welt- raumflugkörper unbemannte Satelliten	Flugzeug — unbemannte Satelliten	Flugzeug bemannte Welt- raumflugkörper unbemannte Satelliten
Geometrische Auflösung der Aufnahme <sup>2</sup> aus Flughöhen bis 5000 m bis 15.000 m 250-400 km 800-900 km	Zentimeterbereich Meterbereich 20-30 m <sup>3</sup> —	Meterbereich Zehnmeterbereich Zehnmeterbereich <sup>4</sup> 10-30 m	Meterbereich Zehnmeterbereich — <sup>5</sup> Hundertmeterbereich	Dezimeterbereich Meterbereich Zehnmeterbereich Zehnmeterbereich <sup>7</sup>
Besondere Kapazität	Stereoaufnahmen (= Raumbilder)	Simultane Mehr- kanalaufnahmen (= Mutispektralaufn.) <sup>6</sup>	Simultane Mehr- kanalaufnahmen	Aufnahme mögl. in unterschiedl. Polarisation
Primärprodukt der Aufnahme	Luftbild (Photographie)	Digitale Bilddaten auf Magnetband	Digitale Bilddaten auf Magnetband	Radarbild
Wandlungs- möglich- keiten in Digitaldaten in Bilder in Karten	Ja — Ja	— Ja Ja	— Ja Ja	Ja — Ja

*Anmerkungen zur Tabelle 1*

- <sup>1</sup> Mittleres IR = 1,0-2,5 m in jüngster Zeit oft auch als SWIR=shortwave infrared bezeichnet.
- <sup>2</sup> Geometrische Auflösung kann hier nur zur Orientierung angegeben werden. Sie ist vom eingesetzten Aufnahme-  
gerät und der Flughöhe abhängig. Die Erkennbarkeit ist dazu von den Reflexions bzw. Emissions-  
unterschieden benachbarter Objekte und deren Form abhängig. Lineare Elemente werden oft auch unterhalb  
der angegebenen Größenordnung erkannt (z.B. Strassen).
- <sup>3</sup> Bezieht sich auf Weltraumluftbilder aus dem NASA Spaceshuttle (Zeiss RMK., LFC) und sowjetischen Wel-  
traumaufnahmen (MSK 6).
- <sup>4</sup> Bezieht sich auf MOMS 01 und einen künftigen MOMS 02 (= 13 m).
- <sup>5</sup> Prinzipiell möglich aber nicht im Einsatz.
- <sup>6</sup> Bezieht sich auf SPOT- und Landsat TM-Aufzeichnungen.
- <sup>7</sup> Bezieht sich auf SEASAT- und künftige ERS-Aufzeichnungen.

Tabelle 1. — Flächenabbildende Systeme (Zivilbereich).

Zum näheren Studium dieser Möglichkeiten und der Grundlagen für die Thermalbildaufnahmen verweise ich auf eine ältere Arbeit von LORENZ (1973) und die ausgezeichnete Einführung von GOSSMANN (1982) in die "Grundlegende Probleme der Thermalbildauswertung über Landflächen". Von den praxisorientierten Anwendungen werden hier — als Beispiele — Arbeiten von STOCK (1978), HIRT (1975), GOSSMANN & NÜBLER (1977) und SCHNEIDER (1977) genannt.

Zwei zusammenfassende Thesen aus der schon erwähnten Arbeit von GOSSMANN (1982) müssen an dieser Stelle genügen, um die Bedeutung und die gegenwärtigen Grenzen der Thermalbildauswertung für stadtklimatologische Untersuchungen zu charakterisieren:

"Jedem, der in einem Raum mit klassischen Verfahren klimatologisch arbeitet und der mit einer Raumgliederung nach klimatologischen Gesichtspunkten befasst ist, liefert das Thermabild bei sachgerechter Interpretation ergänzende Informationen von hohem Wert." "Eine automatisierte klimatologische Thermalbildauswertung über Landflächen — etwa vergleichbar mit einer Landnutzungsklassifizierung aus Fernerkundungsdaten — wird es noch lange Zeit nicht geben."

Der Vollständigkeit halber sei noch darauf verwiesen, dass auch schon Untersuchungen — z.B. aus Zürich — vorliegen, von Erdbeobachtungssatelliten aufgenommene Thermalbilder für städtische Inventurzwecke einzusetzen (BAUMGARTNER & ITTEN, 1984).

### **Infrarot-Farbluftbilder für Inventuren städtischer Vegetationsbestände**

Als Grundlage für die quantitative und qualitative Inventur, Analyse und Kartierung von Vegetationsbeständen — sowohl in Städten als auch vor allem für forstwirtschaftliche Zwecke — sind dagegen Luftbilder seit langem eingeführt und bewährt. Erste versuchsweise Arbeiten zu Waldbestandsbeschreibungen gehen noch ins letzte Jahrhundert zurück. Seit Anfang der 50er Jahre unseres Jahrhunderts werden Luftbilder routinemässig als Arbeits- und Informationsmittel für Forsteinrichtung, Forstkartierung und grossräumige Waldinventuren eingesetzt. Die operationelle Verwendung von Luftbildern für städtische Inventur- und Planungsarbeiten hat dagegen — abgesehen von photogrammetrischen Auswertungen für Teilaufgaben der Stadtvermessung und einer Reihe von Studien und Analysen über sozio-ökonomische Verhältnisse und Siedlungsstrukturen — später eingesetzt. Dies gilt insbesondere für die Erfassung und Charakterisierung der städtischen Vegetationsbestände. Ein Grund hierfür liegt in dem Umstand, dass für diese Interpretationsaufgabe die früher allein verfügbaren Schwarz-weiss-Luftbilder nicht ausreichten, dass solche Arbeiten erst einsetzen konnten, als Farb- und insbesondere Infrarot-Farb-Luftbildfilme ausreichender Qualität verfügbar waren. Dies aber war — für zivile Zwecke — erst seit Beginn der 60iger Jahre der Fall.

Es zeigte sich in entsprechenden Untersuchungen sehr bald, dass vor allem der Infrarot-Farbfilm für die Erfassung und Differenzierung belebter Vegetation, für die Erkennung von Pflanzenschäden und Vitalitätsunterschieden sowie für die Erkennung auch spärlicher Vegetationsformen geeignet war.

Bevor auf verschiedenartige Beispiele praktisch durchgeführter städtischer Vegetationsinventuren eingegangen wird, sind einige Hinweise darauf angebracht, was bei der Auftragserteilung einer Luftbildaufnahme für die zur Diskussion stehenden Zwecke beachtet werden muss.

Es sollte für die Luftbildaufnahme mit dem bezüglich seiner sensitometrischen Eigenschaften "schwierigen" Infrarot-Farbfilm eine mit diesem Film erfahrene Firma oder Institution beauftragt werden. Sie muss Gewähr bieten für

- die *richtige Lagerung* der Filme vor und nach der Exposition bei den für den Film vorgeschriebenen Temperaturen,
- die *sachgerechte* und dem Interpretationszweck angepasste Bildaufnahme — möglichst nach sensitometrischer Messung der zu verwendeten Filmemulsion,
- die *zeitgerechte* Bildaufnahme, die in einem, durch die phänologischen Entwicklungen relativ begrenzten Zeitraum erfolgen muss,

- die sachgerechte Entwicklung der Filme im eigenen Haus oder bei einer verlässlichen Vertragsfirma.

Der Bildflugauftrag wird im Falle von Inventuren der Gesundheits- bzw. Vitalitätsverhältnisse städtischer Vegetation gerichtet sein auf

- flächendeckende Luftbildaufnahmen mit 60% Längsüberdeckung der Bilder im Flugstreifen.
- Aufnahme mit Infrarot-Farbfilm Kodak-Aerochrome Infrared 2443 ggf. auch mit dem hoch auflösenden "Special order"-Film Kodak-SO 131.
- Aufnahme im Bildmassstab nicht kleiner als 1:10.000, Bewährt haben sich vor allem Massstäbe um 1:5000, Massstäbe bis 1:2000 können in Frage kommen, wenn das Aufnahmegebiet nicht sehr gross und die zu interpretierenden Pflanzenverbände von geringer Grösse sind. Gesichtspunkte der Auswertung und ökonomische Gründe sind dabei abzuwägen.
- Aufnahme unbedingt mit Normalwinkelobjektiv (Brennweite 30 cm) und einer grossformatigen Reihemesskammer (23 × 23 cm). Aufnahme mit Kleinbildkamern kommen nur in Einzelfällen in Frage.
- Aufnahme im phänologisch richtigen Zeitpunkt. Für die hier diskutierte Aufgabe empfiehlt sich unter mittel- und westeuropäischen Verhältnissen in der Regel die erste Hälfte des August.
- Aufnahme in der Regel bei klarem Himmel (oft wird bei Aufträgen eine Bewölkung bis 1/8 über Flughöhe zugelassen) und in einem engen Zeitraum um die Stunde des Sonnenhöchststandes (Schattenminimierung!).
- Auslieferung der Luftbilder in kürzest möglicher Zeit nach der Aufnahme; möglichst in Klarsichthüllen eingetascht.

Für die *Interpretation der Luftbilder* ist sehr darauf zu achten, dass nur erfahrene und sachkundige Interpreten eingesetzt oder beauftragt werden. Es sollte gewährleistet sein, dass die Interpreten

- in der Luftbildinterpretation einschlägig, d.h. hier in der Erkennung und Klassifizierung verschiedenen Vegetationsformen und von Vegetationsschäden erfahren sind,
- bezüglich der zu interpretierenden Objekte (Bäume, Baumarten, Phänologie, Ökologie) sachkundig sind,
- die Auswertung stereoskopisch vornehmen und über gutes Stereointerpretationsgerät verfügen,
- zur sachgerechten Interpretation so schnell wie möglich nach der Bildaufnahme einen den gegebenen Luftbildern und den zu interpretierenden Objekten (z.B. Schadbilder) entsprechenden Interpretationsschlüssel erarbeiten.

### **Praktisch durchgeführte Anwendungsbeispiele**

Die wohl ersten Auswertungen von Infrarot-Farb-Luftbildern zur Inventarisierung und Klassifizierung von Strassenbäumen nach ihrem Gesundheitszustand wurden in Europa 1971 und 1972 aus Freiburg im Breisgau und Hamburg bekannt. Vor allem die in Freiburg durchgeführte vollständige Zustandsinventur aller Strassenbäume durch Luftbildauswertung erlangte weg- und richtungsweisende Bedeutung (KADRO, 1972; KENNEWEG & KADRO, 1973).

Das methodische Konzept war einfach: Verfügbar waren Infrarot-Farbluftbilder 1:10.000 und ein vom Stadtgartenamt geführter Strassenbaumkataster, aus dem die Baumarten entommen werden konnten. Baumarten lassen sich zwar weitgehend im grossmassstäblichen Luftbild unterm







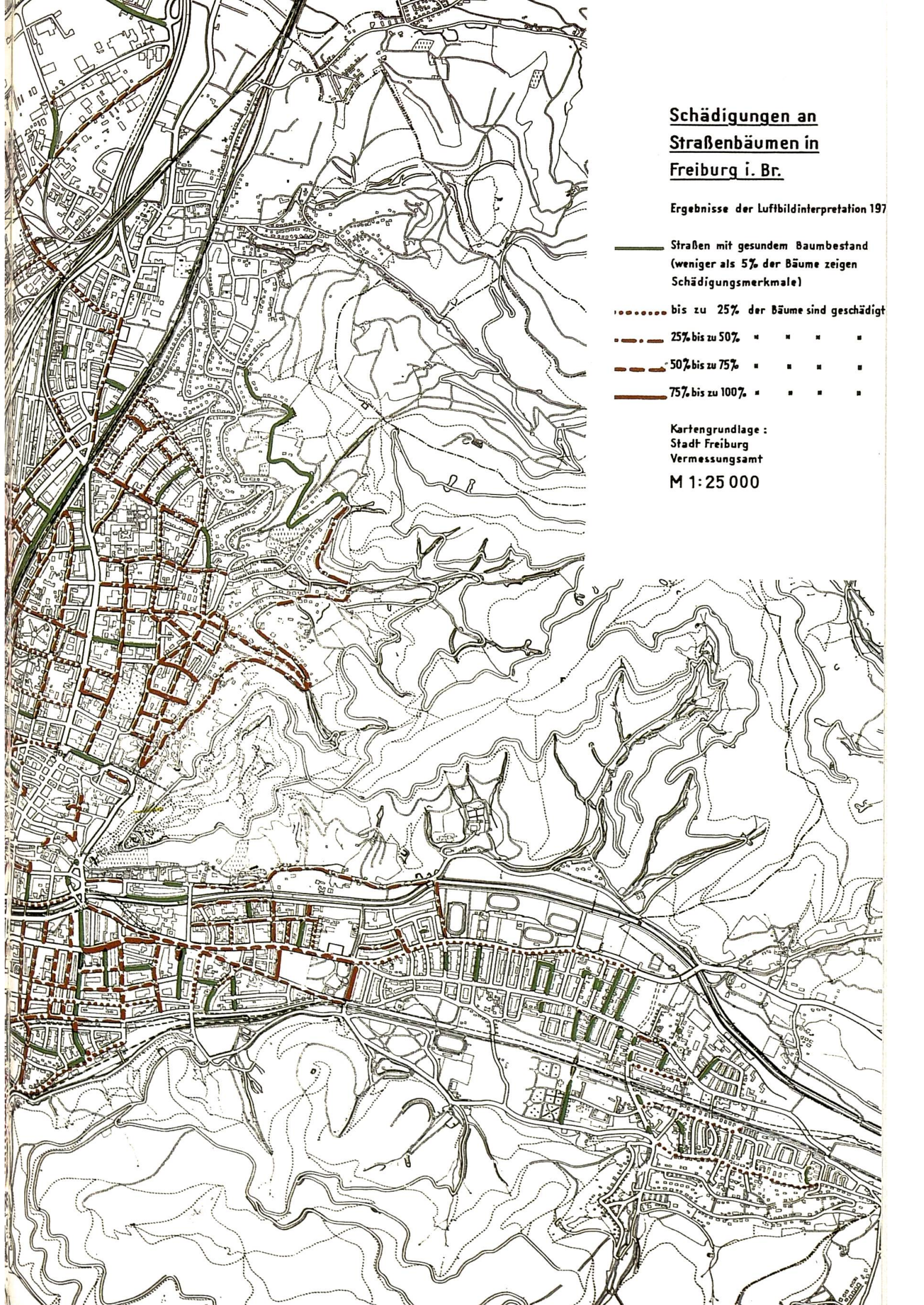
# Schädigungen an Straßenbäumen in Freiburg i. Br.

Ergebnisse der Luftbildinterpretation 197

- Straßen mit gesundem Baumbestand  
(weniger als 5% der Bäume zeigen  
Schädigungsmerkmale)
- ..... bis zu 25% der Bäume sind geschädigt
- - - 25% bis zu 50% " " " "
- - - 50% bis zu 75% " " " "
- 75% bis zu 100% " " " "

Kartengrundlage :  
Stadt Freiburg  
Vermessungsamt

M 1:25 000





Stereoskop ansprechen, doch stößt man dabei an eine Grenze, wenn man sich — wie in Freiburg — 45 Baumarten in etwa 60 Varietäten gegenüber sieht.

Nach gründlicher Erarbeitung eines Interpretationsschlüssels wurde Baum für Baum in eine von 4 Zustandsklassen eingestuft. Die Interpretation wurde von nur einem Interpreten durchgeführt und durch ausreichende terrestrische Kontrollen abgesichert.

In Abbildung 1 wird das zusammenfassende, kartographische Ergebnis dieser nur schon "historischen" Inventur gezeigt. Die Analyse der Ergebnisse führte u.a. zu Erkenntnissen über die "Härte" der in Freiburg häufigsten Strassenbaumarten und über die Abhängigkeit der aufgetretenen Schäden von der örtlich gegebenen Umweltbelastung. Letztere wurde in einem vereinfachten Modell durch die Verkehrsdichte und die Bebauungsdichte in drei Stufen definiert.

Beide verwendeten Parameter waren bei der damaligen Praxis mit der ausgebrachten, winterlichen Streusalzmenge zu korrelieren. Tabelle 2 zeigt diese Abhängigkeit und lässt auch die unterschiedliche Härte der Baumarten erkennen.

<i>Baumgartengruppe</i>	<i>Belastungsstufen</i>		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
	<i>Prozent gesunder Bäume der Baumart</i>		
Tilia .....	29	58	5
Aesculus .....	34	66	84
Acer .....	44	49	89
Platanus .....	77	73	89
Crataegus .....	80	75	98
Robinia .....	97	93	91
stark umweltbelastet = Stufe I			
Rel.geringste Belastung = Stufe III			

Tabelle 2. — Umweltbelastung und Vitalitätszustand der Freiburger Strassenbäume 1972 (nach KADRO, 1972).

Diese Freiburger Inventur war — wie so manches, was sich später als wichtige Entwicklung erweist — eher zufällig zustande gekommen. Wir arbeiteten seit 1967 mit Infrarot-Farb-Luftbildern zur Inventarisierung von Waldschäden im Schwarzwald und im Ruhrgebiet (HILDEBRANDT & KENNEWEG, 1968; KENNEWEG, 1972) als es Anfang der 70iger Jahre in Freiburg zu Auseinandersetzungen zwischen ökologisch ausgerichteten Bürgerinitiativen und der Stadtplanung um den Erhalt einiger Strassenbäume, die im Zuge von Strassenbauten fallen sollten, kam. Es sollte möglich sein, so meine damaligen Überlegungen, den streitenden Parteien eine objektive Information über die ökologische Situation in den betroffenen Stadtquartieren und Strassen aufgrund einer Erhebung und Analyse der dort vorhandenen Bäume und Grünflächen zu geben, damit der Streit beigelegt und vernünftige, sachgerechte, von allen Seiten akzeptierbare Entscheidungen getroffen werden könnten.

Als wir die — Ende Juli aufgenommenen — Luftbilder bekamen, fiel den geübten Interpreten sofort auf, dass zahlreiche Bäume schon zu dieser Zeit Laubverfärbungen zeigten, wie sie phänologisch in Freiburg erst ab Mitte September zu erwarten sind, dass viele andere Bäume — im Luftbild gut erkennbar — nur noch spärlich belaubt waren.

Es wurde darauf hin das zusätzliche neue Thema definiert und als Diplomarbeit vergeben (KADRO, 1972) und die Ergebnisse sowie das methodologische Vorgehen später auszugsweise an anderer Stelle veröffentlicht (KENNEWEG & KADRO, 1973). Zur gleichen Zeit hatten auch MONARD (1972) und THIADENS (1972) auf das Infrarot-Farb-Luftbild als nützliches Hilfsmittel zur Vegetationserhebung in urbanen Gebieten hingewiesen.

Dass hier ein Bedürfnis — vor allem der Gartenämter von Gross- und Mittelstädten — getroffen worden war, erwies das Echo auf die ersten Veröffentlichungen. Fast schlagartig setzte die Nachfrage nach Zustandsinventuren dieser Art ein und es kam in zahlreichen Städten in Deutschland, bald darauf auch in Österreich und in der Schweiz zu gleichartigen Zustandserfassungen. Inzwischen gibt es hervorragende Beispiele entsprechender Zustandsinventuren oder Arbeiten zur methodologischen Weiterentwicklung solcher Inventuren. Auch bieten einschlägige Luftbildfirmen und Consultingbüros entsprechende Auswertungsarbeiten an.

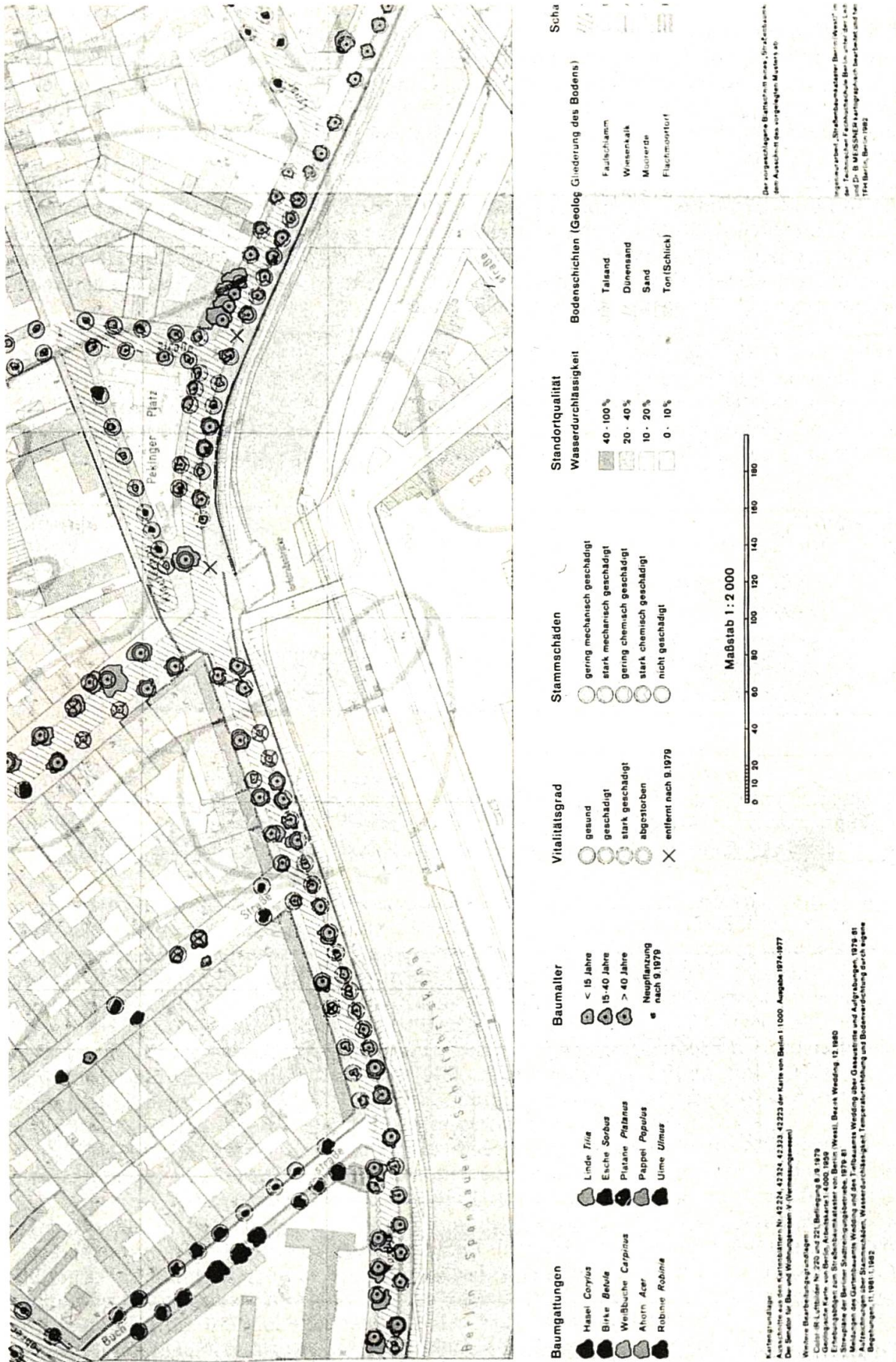


Abb. 2. — Strassenbaumkataster (Berlin-W) aus MEISSNER (1984) (erläuternde Hinweise im Text).



Als Weiterentwicklungen soll hier nur auf zwei unterschiedliche Ansätze verwiesen werden.

In einer Kombination aus Luftbildinterpretation, Felderhebungen und Einbeziehung vorhandener örtlicher Standortsinformationen hat eine Berliner Arbeitsgruppe (MEISSNER & al., 1984) für Berlin Vegetationskarten mit verschiedenartigen Inhalten entwickelt. Abbildung 2 zeigt einen — hier verkleinert und nur schwarz-weiß wiedergegebenen — Kartenausschnitt der Strassenbaum-Schadenkarte zusammen mit der Kartenlegende. Abbildung 2 vermittelt dadurch eine Vorstellung vom Inhalt der Karte, der Darstellungsform und von den Bearbeitungsgrundlagen.

Ein anderer Ansatz zur methodologischen Weiterentwicklung verläuft über eine Digitalisierung der Infrarot-Luftbilder. CAGARICI (1980), LILLESAND & al. (1978), versuchten dabei die subjektive, gutachtliche Bildinterpretation durch Farbmessungen zu ersetzen und dadurch zu objektivieren. Die an relativ wenigen Beispielen gewonnenen Ergebnisse waren positiv. Eine Übertragung auf ganze Stadtgebiete stösst auf Schwierigkeiten und wird beim Vorkommen vieler Baumarten und verschiedenartiger Schadenausprägungen problematisch.

Grössere Erfolgsaussichten für operationelle Inventuren hat der von HAYDN & al. (1985) entwickelte Weg. Die digitalisierten Bilddaten wurden in diesem Falle in einem Datenverarbeitungsprozess benutzt, um ein neues, manipuliertes Farbbild zu generieren, welches Vitalitätsunterschiede farblich stärker differenziert als das Originalbild. Das neue, "künstliche" Bild wird dann durch herkömmliche sachkundige Interpretation ausgewertet. Entsprechende praktische Arbeiten mit dieser Methode sind 1985/1986 in München durchgeführt worden.

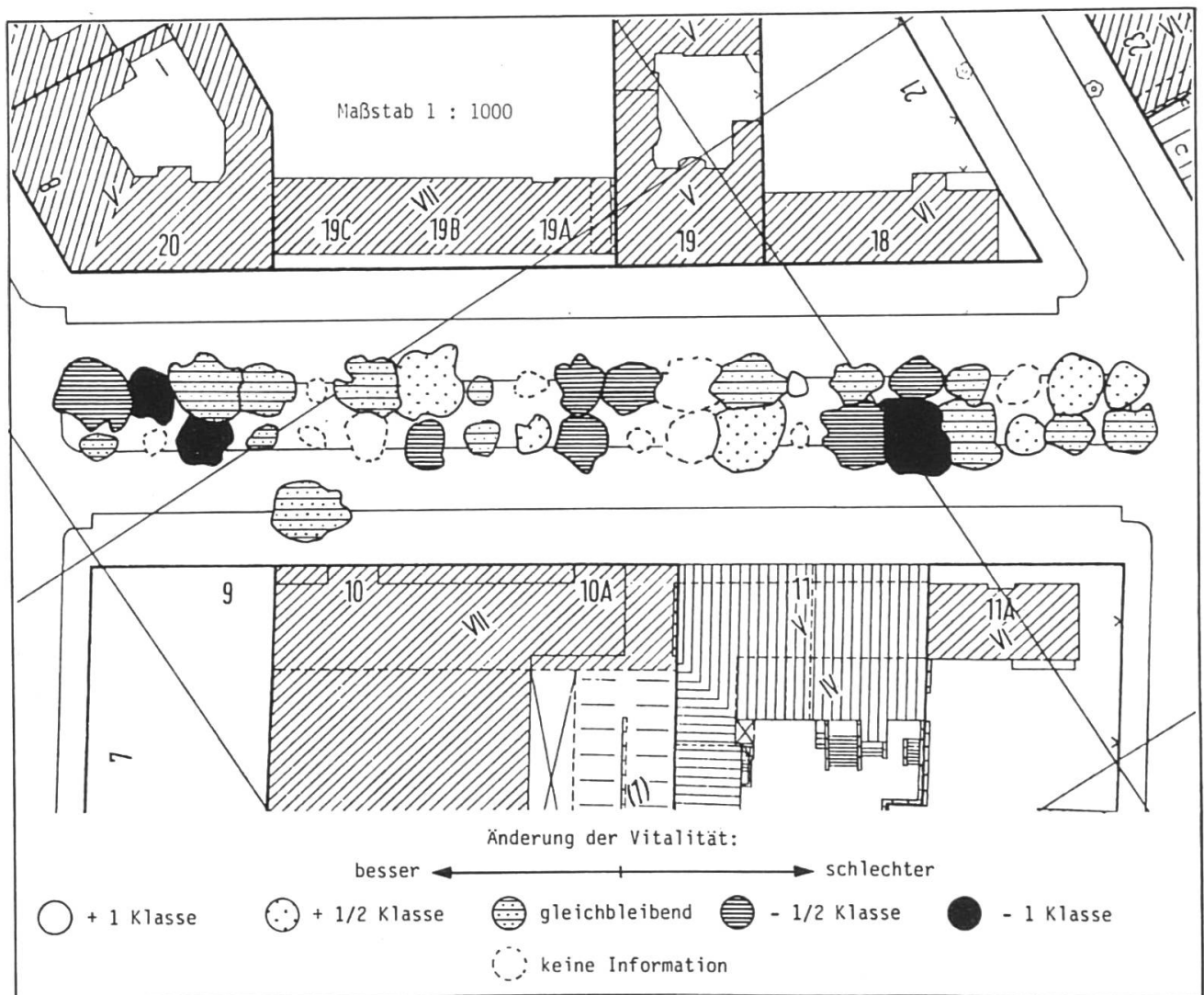


Abb. 3. — Entwicklung des Vitalitätszustandes eines Teilstückes der Levetzowstrasse (Tiergarten) zwischen 1979 und 1983 als Beispiel für eine mögliche Darstellungsform (aus MEISSNER, 1984; Originalmassstab 1:1000, hier verkleinert).

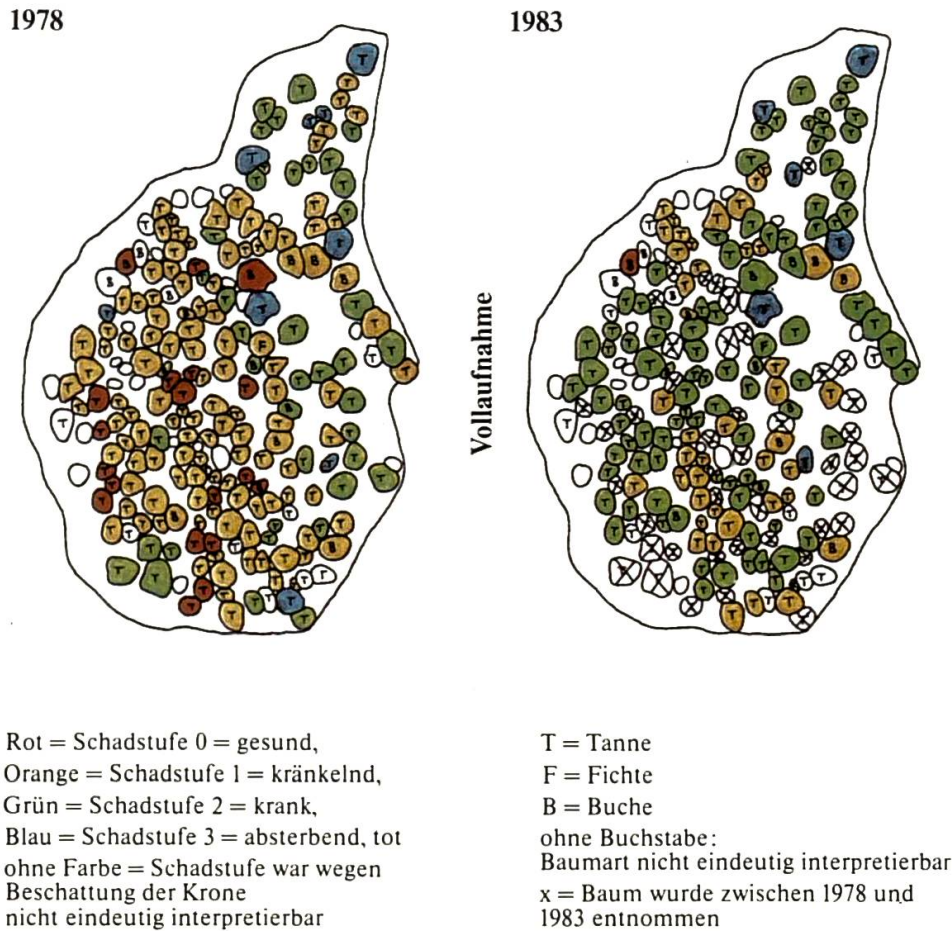


Abb. 4. — Entwicklung eines Altholzbestandes 1978-1983 dargestellt in Kronenkarten (aus MARX, 1985).

### Die Beobachtung von Zustandsentwicklungen des Baumbestands

Wird die Inventur des Gesundheitszustandes der Bäume bzw. des Zustandes auch anderer Vegetationsbestände periodisch wiederholt, so kann die Entwicklung im guten wie im schlechten verfolgt werden. Zu- und Abgänge im Baumbestand sowie Veränderungen z.B. als Folge von Sanierungsmassnahmen oder von vermehrter Stresssituation, lassen sich feststellen, belegen und quantifizieren. Auf gleiche Aufnahmekriterien und Auswertungsmethoden ist bei Wiederholungsinventuren zu achten. Handelt es sich um Stichprobeinventuren, so muss (so sollte) aus statistischen Gründen das jeweils gleiche Stichprobenensemble wiederaufgenommen werden. Im Falle von Luftbildstichproben stehen analytisch-photogrammetrische Verfahren zur Verfügung, die die Wiederaufnahme an den gleichen Stichprobeorten gewährleisten. Bei der Erstinventur müssen dazu die Raumkoordinaten der Stichprobeorte bestimmt werden.

KÜRSTEN (1983) hat für die Stadt Düsseldorf ein gutes Beispiel für eine Beobachtung der Entwicklung der Vegetation gegeben und dabei eine Reihe wichtiger methodologischer Fragen geklärt. Aus einer Arbeit von MEISSNER (1984) stammt das in Abbildung 2 als Beispiel gezeigte Ergebnis einer Untersuchung der Entwicklung des Vitalitätszustandes in einer Berliner Strasse.

Aus Arbeiten der Freiburger Abteilung für Luftbildmessung und Fernerkundung wird in Abbildung 3 eine ähnliche, nämlich baumbezogene Darstellungsform der Zustandsentwicklung eines Baumkollektivs gezeigt und in Abbildung 4 in einer anderen, hier bestandesbezogenen, quantifizierten Darstellung die Entwicklung eines grossen Kollektivs von Beständen.

Abbildung 3 lässt erkennen — hier für einen Waldbestand, als Beispiel aber auf Parks, botanische Gärten, Friedhöfe u.a. übertragbar — wie sich der Baumbestand auf gleicher Fläche zwischen



1978 und 1983 veränderte: Durch Entnahmen abständiger Bäume und durch Veränderungen der Schadklasse. Die Kronen sind lagerichtig und massstäbig mit einem einfachen photogrammetrischen Gerät — hier mit einem Bausch und Lomb-Zoom Stereostransferskop und einfacher Stereoumzeichnung kartiert.

Das Beispiel der Abbildung 4 zeigt die Entwicklung eines grossen Kollektivs von Waldbeständen der gleichen Baumart. Auch dieses Beispiel ist auf Baumbestände, z.B. verschiedener Strassen oder Stadtquartiere übertragbar. In diesem Fall sind die einzelnen Bestände aufgrund der Anzahl schwer geschädigter oder toter Bäume pro Hektar einer von 7 Bestandsschadstufen zugeteilt worden. Die Darstellung zeigt auf der Abszisse Kummulationswerte der Zugehörigkeit der Bestände zu den Schadklassen. Auf der logarithmisch geteilten Ordinate sind Prozentanteile aufgetragen. Die Darstellung ist so zu interpretieren, dass eine Verlagerung der Kurve nach rechts und unten eine Verschlechterung des Zustands im Inventurgebiet belegt.

### Flächen- und bevölkerungsbezogene ökologische Kennwerte aus Luftbildern

Die bisher besprochenen Inventuren des Gesundheitszustands von Strassenbäume, sind im Grunde Sonderfälle städtischer Grüninventuren. Die allgemeine Inventuraufgabe ist die umfassende Bestandesaufnahme entweder aller Bäume oder darüber hinaus aller Vegetationen eines Stadtgebietes oder auch aller noch nicht dauerhaft versiegelter freier Flächen, seien sie nun vegetationsbestanden oder vegetationsfrei. Aufgabe und Ziel solcher Gesamtbestandesaufnahmen kann es sein, Karten oder Statistiken oder auch dieses Vorkommen beschreibende bzw. charakterisierende, für die Stadtplanung brauchbare Kennwerte zu erheben und in eine allgemeine städtische Datenbank einzubringen.

Bei allen genannten Aufgaben kann es wiederum sowohl um die Aufnahme des Status quo als auch nach Wiederholungsaufnahmen um die Ermittlung eingetretener Veränderungen und Entwicklungen gehen.

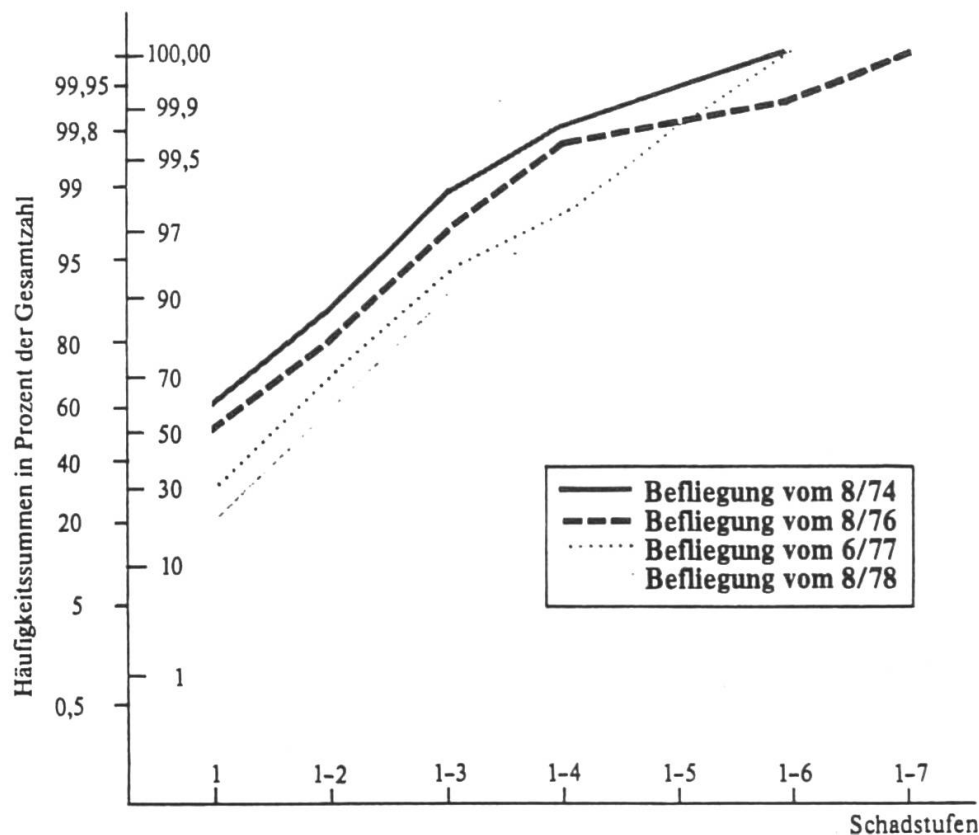


Abb. 5. — Entwicklung schwerer Baumschäden in Kiefernbeständen 1974-1978, die im Beobachtungszeitraum nicht durchforstet wurden (aus HILDEBRANDT & MASUMY, 1979).

Im letzten Jahrzehnt sind hierfür wichtige methodologische Beiträge gegeben worden, an denen sich praktische Vorhaben gut orientieren können. Sie haben sich inzwischen praktisch oder wenigstens in Pilotinventuren und -kartierungen bewährt. Es können nur wenige Beispiele herausgegriffen werden:

KENNEWEG hat 1975 mit den schon erwähnten Freiburger Luftbildern in Verbindung mit bei der Stadtverwaltung vorhandenen bevölkerungsstatistischen Daten einen einfachen und kostengünstigen Weg gesucht "objektive Kennziffern" herzuleiten, die alle Vegetationsformen berücksichtigen und die Grünsituation einzelner Stadtquartiere bevölkerungsbezogen zu charakterisieren gestatten.

Verfügbar waren die Infrarot-Farb-Luftbilder 1:5000 und nach kleinen statistischen Flächeneinheiten ausgewiesene Daten über Wirtschafts- und Bevölkerungsstruktur. Da die Grenzen der statistischen Flächeneinheiten mit Strassen oder Flüssen zusammenfallen, waren sie zweifelsfrei und leicht ins Luftbild zu übertragen.

Den Luftbildern wurden zwei Informationen entnommen

- die Anzahl der vorhandenen Bäume mit Kronendurchmessern von 5 m und mehr, einschliesslich hochstämmiger Sträucher mit gleicher Kronengrösse und von Natur aus schmalkronige Bäume — wie Pyramidenpappeln, bestimmte Koniferen — wenn sie höher als 15 m waren. Die Auszählung erfolgte unter dem Spiegelstereoskop, also im dreidimensionalen Bildraum, die Abmessung der Kronenbreiten mit einfachem Klarsichtlineal.
- Der Grünflächenanteil — besser der vegetationsgedeckte Flächenanteil an der Gesamtfläche einer jeden statistischen Flächeneinheit. Hierzu wurde ein Punktraster über das Luftbild gelegt und aus der Auszählung aller auf die Flächeneinheit fallenden Rasterpunkte und der Anzahl der auf vegetationsbedeckte Flächen fallende Punkte deren gesuchter Flächenanteil berechnet. Der Punktabstand betrug im Bild 3 mm, d.h. beim vorliegenden Massstab 1:5000 in der Natur 15 m. Die Auszählung wurde zweimal mit jeweils veränderter Lage des Rasters durchgeführt und der Mittelwert als Ergebnis angenommen.

Als Ergebnis lagen dann für jede statistische Flächeneinheit vor:

1. die Anzahl der Bäume insgesamt und je Hektar
2. und nach Einbeziehung der Bevölkerungsstatistik der Anteil der vegetationsbedeckten Flächen
3. die Einwohnerzahl pro Baum bzw. die Baumzahl je Einwohner
4. die Quadratmeter-Grünfläche je Einwohner.

Als "Einwohner" waren dabei die die Flächeneinheit "gesamtnutzende Bevölkerung berücksichtigt, d.h. die in der Einheit wohnenden und die Anzahl der dort beschäftigten Personen".

Neben der statistischen Nachweisung dieser Kennzahlen wurden diese in einfacher Weise gruppiert und in Stadtkarten als Flächeninformationen dargestellt (vgl. Abb. 6).

Ein Ausbau eines solchen Verfahrens ist gut denkbar, z.B. durch Einbeziehung auch einer Differenzierung der mit Vegetation bedeckten Flächen nach der Art der Vegetationsform und der Zuordnung einer Wichtung je nach ökologischer oder umweltrelevanter Bedeutung. KÜRSTEN (1983) hat hierzu einen Wertungsversuch vorgelegt, dem man im Prinzip folgen und den man weiterentwickeln kann (siehe Abb. 7).

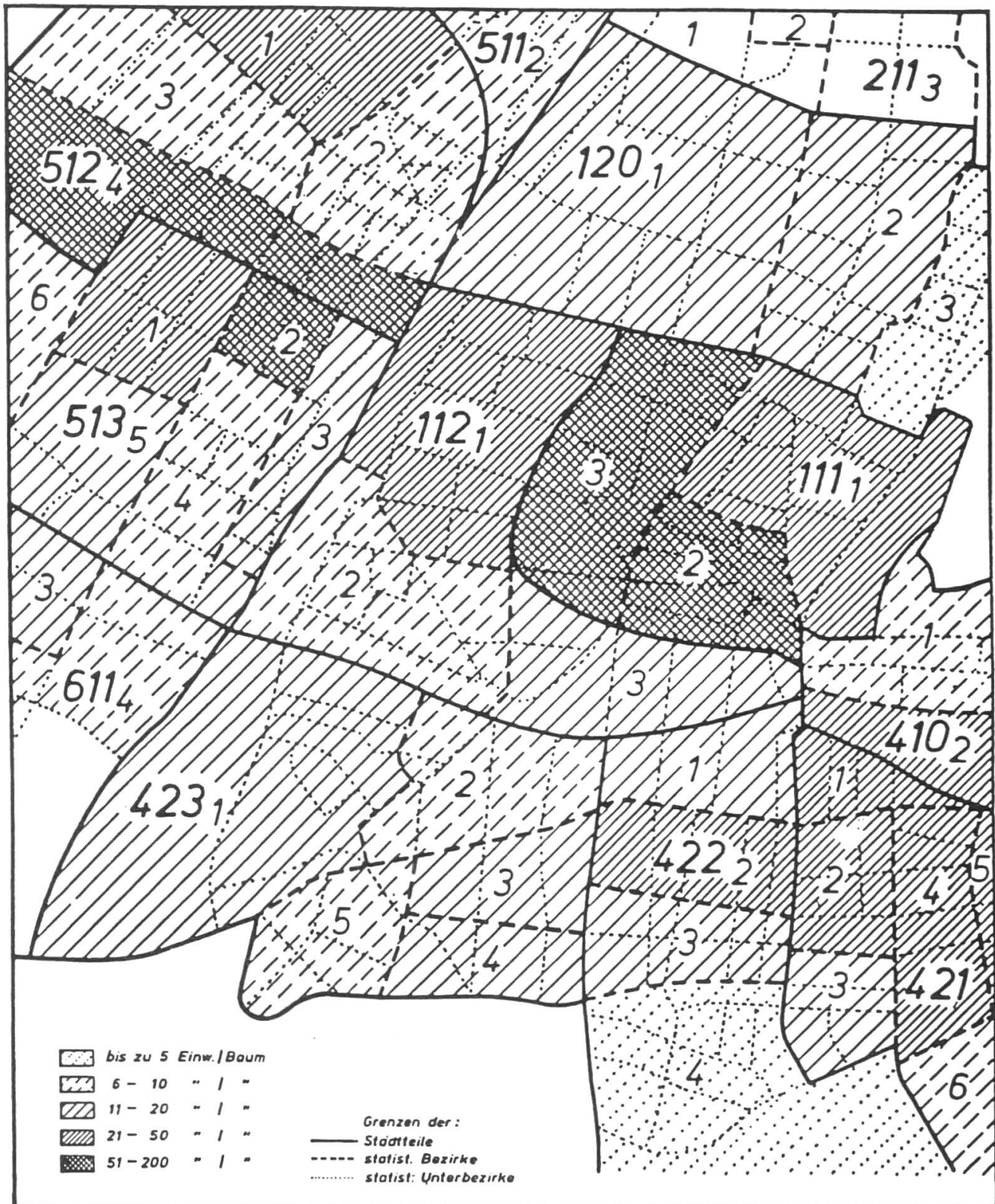
Das Stadtgartenamt Freiburg hat einen Teil des KENNEWEG'schen Vorgehens — nämlich die Baumzählung und den Kennwert Bäume/ha in der statistischen Flächeneinheit für eine stadtweite Bauminventur aufgegriffen. Anstoss hierzu gab die in Baden-Württemberg geltende Baumschutzverordnung, die es den Städten auferlegt, die Baumbestände unter Kontrolle zu halten.

Mit Hilfe auch hier einfacher photogrammetrischer Mittel wurden in die städtischen Katasterkarten aus Infrarot-Farb-Luftbildern 1:10.000 *alle* — also auf privatem wie auf städtischem Grund stehende Bäume lagerichtig und mit leicht generalisierter Kronengrösse kartiert, mit einem Baumartencode bezeichnet und nach Bäumen auf privatem und auf städtischem Grund stehend



Abb. 6a, b. — Ausschnitt aus einer Karte der Stadt Freiburg 1:12.500, verkleinert auf 1:25.000 mit eingezeichneten statistischen Bezirken. In 6b klassifiziert nach den Ergebnissen der Luftbildbauminventur (aus KENNEWEG, 1975).















		Grünmasse im Sommer	Grünmasse im Winter	Grünmasse insgesamt	Einfluß auf das Kleinklima	Sauerstoff- produktion	Staubfilter	Lärmschutz	optische Isolierung
Rasen		kurz geschnitten immergrün hohe Pflegekosten	1	1	1	1	1	0	0
Wiese		2-3mal im Jahr geschnitten immergrün	3	1	2	3	3	1	0
Gemüse		Boden intensiv bearb. keine geschloss. Flä. im Winter offen	2	0	1	2	2	1	1
Getreide		nur im Anwuchs grün	1	0	0,5	1	1	3	2
Büsche		in Vegetationszeit intensives Grün gerin. Pflegeaufwand	6	2	4	6	4	6	5
Hecke geschnitten		Verdichtung der Gesamtstruktur hoh. Pflegeaufwand	4	2	3	5	3	6	4
Park		getr. Wuchs in Boden-, Busch- u. Baumzone hoh. Pflegeaufwand	13	3	8	12	8	10	8
Nadelwald		immergrün gerin. Bodendecke kein Zwischenwuchs	12	8	10	10	10	8	16
Laubwald		Sommergrün im Frühjahr Unterwuchs	18	6	12	16	12	14	14
Leistungsgrün		Intensiver Wuchs in drei Zonen Grünmasse Sommer	20	12	16	18	16	20	20

Abb. 7. — Wertungsversuch unterschiedlicher Wirkungen von Pflanzenbeständen (modifiziert nach GRZIMEK, G.: Grünplanung Darmstadt 1965; aus KÜRSTEN, 1983). — Wertungen von 0-20 (ohne — grosse Wirkung).

unterschiedlich dargestellt. Ebenso wurden alle Naturdenkmäler oder nach der Baumschutzverordnung geschützte Bäume sowie unter Grünflächenschutz stehende Flächen in der Karte ausgewiesen (Abb. 8).

Ein weiteres Beispiel für eine städtische Grüninventur entnehme ich Arbeiten der Fernerkundungs-Abteilung der University Aston in Birmingham (SEKLICIOTIS, 1978). Hier handelt es sich um eine Bestandsaufnahme des "Open Space" einer Stadt. Dabei ist "Open Space" definiert als "that land within in the urban framework which is not covered by buildings".

Zugrundegelegt wurden auch hier Luftbilder 1:10.000 und eine Stichprobeaufnahme — hier im 20 × 20 m Verband. Jeder Stichprobeort wurde dann bei einer Darstellung in Form einer Computerkarte als Repräsentant einer quadratischen Zelle von 400 qm Grösse angesehen. Die gesamte Zelle wird unabhängig davon, was alles in ihr tatsächlich vorkommt, mit dem Klassensymbol ihres Mittelpunktes, d.h. des Stichprobepunktes in der Computerkarte ausgewiesen.

Die Abbildung 9 zeigt für ein Stadtquartier ein Kartenbeispiel. Bemerkenswert ist hier, dass den Informationsbedürfnissen des städtischen Auftraggebers folgend, alles offene Land nach 14 Hauptklassen und 58 Unterklassen eingeteilt wurde, wobei diese im weiteren Verlauf der Auswertungen dann für eine Vegetationsübersicht in vier Vegetationskategorien zusammengefasst wurden:

1. Unvegetated/hardly landscaped open spaces
2. Unmanaged or semi-managed (limited managed) selfmaintaining vegetation growth
3. Managed vegetation (high grad maintenance)
4. Poorly maintained vegetation, poor vegetation coverage.



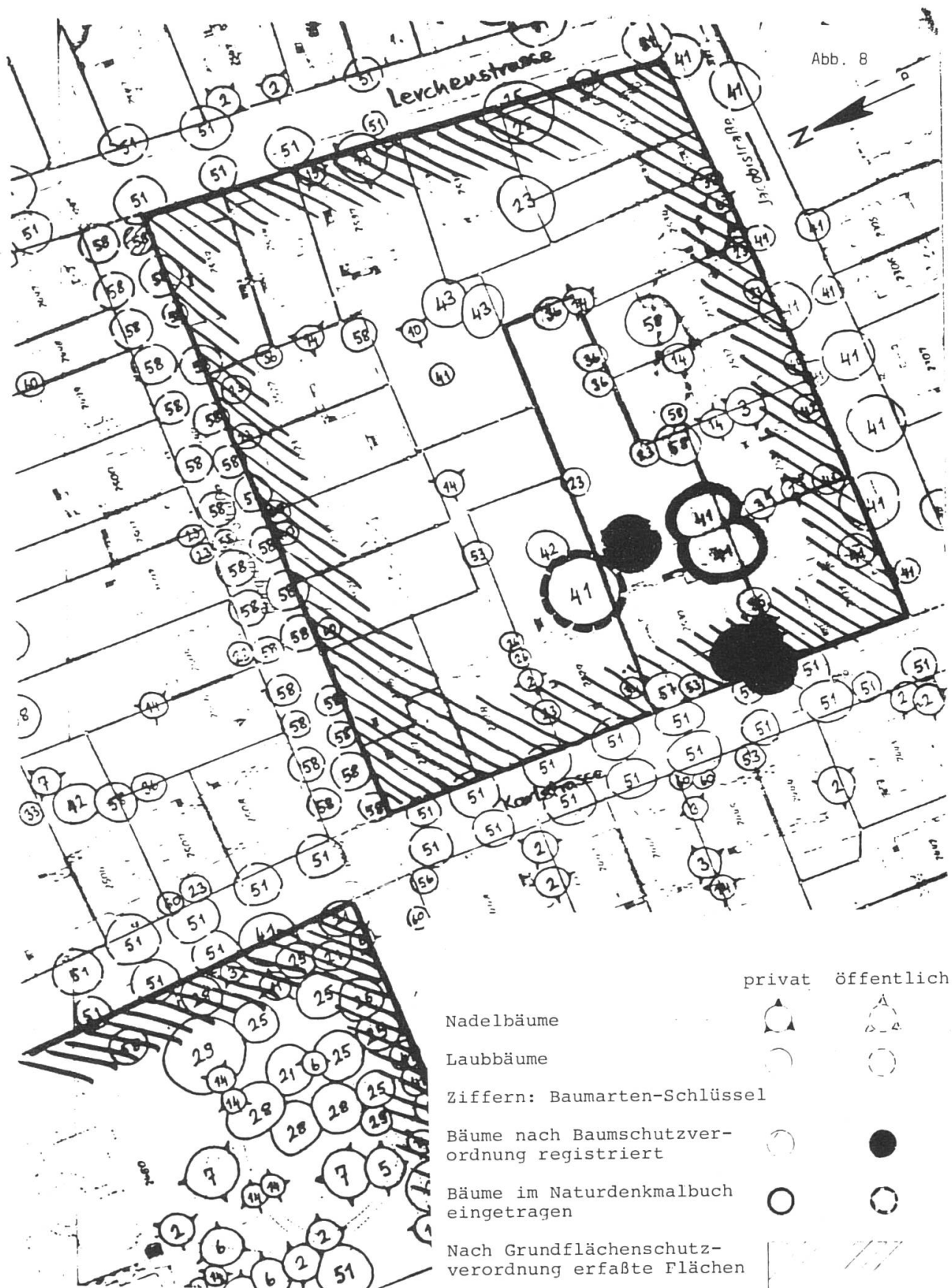


Abb. 8. — Ausschnitt aus der nach Luftbildauswertung hergestellten Baumkarte der Stadt Freiburg i.B. (zur Verfügung gestellt von Stadtgartenamt Freiburg).



	private gardens — unvegetated
	private gardens — self-maintained vegetation
	private gardens — poorly maintained vegetation
	amenity open space — managed vegetation
	amenity open space — poorly maintained vegetation
	streets lined with trees
	playfields — unvegetated
	playfields — self-maintained vegetation
	playfields — managed vegetation
	playfields — poorly maintained vegetation
	allotments — auxiliary and unused space
	allotments — in use
	allotments — not in use
	neglected waste land — no vegetation
	neglected waste land — vegetation not well established
	neglected waste land — scattered vegetation
	other open space

Für *Übersichtskarten* werden je nach Grösse des Stadtgebietes und danach, ob quartierweise oder lagetreue Darstellungsformen gewollt werden, Massstäbe zwischen 1:10.000 und 1:50.000 in Frage kommen. Typische Beispiele für Inhalte solcher Übersichtskarten sind

- Überblick über das Vorkommen von Vegetation im Stadtgebiet mit flächentreuer Kartierung vegetationsbedeckter bzw. -bestandener Areale ohne Einzelbaumdarstellung. Eine Differenzierung nach Vegetationsformen wird nicht oder nur nach wenigen Hauptklassen vorgenommen.
- Überblick über die flächen- oder bevölkerungsbezogenen ökologischen Verhältnisse im Stadtgebiet, quartierweise Klassifizierung und Darstellung flächen- oder bevölkerungsbezogener Kennwerte des Vegetationsvorkommens, ggf. mit Wichtung der ökologischen Bedeutung der Vegetationsformen.

Überblick über besondere Sachverhalte, z.B.

- Gesundheitszustand des Strassenbaumbestandes (strassen- oder arealbezogene Darstellung, keine baumweise Kartierung).
- Vegetationsbestände mit besonderen Schutzfunktionen (Lärmschutz, Sichtschutz, Böschungssicherung usw.)
- geschützte Flächen und Einzelobjekte sowie erhaltungswürdige Biotope.

Für *Detailkarten* für das gesamte Stadtgebiet ist die lagetreue Kartierung von Einzelflächen und Bäumen die Regel. Die Massstäbe werden deshalb zwischen 1:2000 und 1:10.000 liegen müssen. Inhalt der Detailkarten ist die *differenzierte Darstellung* der Vegetationsverhältnisse unter jeweils besonderen Gesichtspunkten. Die Differenzierung kann sich z.B. beziehen

- auf die Vegetationsform
- auf die Nutzungsform (Grünanlagen, Sportplätze, Gärten, Strassenbäume, Hinterhofgrün usw.)
- auf den Gesundheitszustand (z.B. der Park- und Strassenbäume)
- auf die ökologische Wertigkeit der Vegetation.

*Spezialkarten* kommen für Einzelflächen, die i.d.R. eine Sonderfunktion besitzen, in Frage. Massstäbe liegen dabei je nach Flächenausdehnung der Einzelfläche zwischen 1:1000 und 1:5000. Als Beispiele seien genannt, bezüglich des Vegetationsbestandes und anderer Objekte (Wege, Pfade, Spielplätze, Sitzgruppen etc.) sehr detailliert kartierte

- Arboreten, Botanische oder Zoologische Gärten
- Friedhöfe
- Erholungsparks
- Uferpartien
- Rekultivierungen oder Sanierungsgebiete

Im vorliegende Beitrag konnte auf die kartographische Gestaltung von städtischen Vegetationsaufnahmen nicht eingegangen werden, Gelegentlich des Vortrages wurde eine grosse Anzahl von Kartenbeispielen gezeigt, die hier nicht beigelegt werden können. Es wird deshalb auf eine Arbeit von MEISSNER (1984) hingewiesen, in der sich bemerkenswerte Vorschläge und Beispiele für die kartographische Gestaltung städtischer Vegetationskarten finden.

### Schlussbemerkung

Es wurde von der These ausgegangen, dass zur Sicherung der Lebensgrundlagen einer Stadt das Vorhandensein und die Erhaltung ausreichender Grünbestände gehört, auch dass durch vielerlei und zunehmende Umweltbelastung aber auch durch konkurrierende städtebauliche Ansprüche die vorhandenen Bestände in wachsender Weise gefährdet sind. Die Erfassung der vorhandenen Bestände nach Menge, lokaler Verteilung, Art und Zustand sowie die periodische Beobachtung der Entwicklung dieser Faktoren gehören damit zu den Aufgaben einer verantwortungsbewussten Stadtverwaltung.

Es wurde vor diesem Hintergrund dargelegt, in welcher Weise Fernerkundung, insbesondere die Auswertung von Luftbildern (bevorzugt grossmassstäbiger Infrarot-Luftbilder) für Inventur und Kontrolle städtischer Vegetationsbestände beitragen kann. Auf eine Reihe von Beispielen praktischer Inventurarbeit bzw. erfolgreicher Pilotprojekte wurde hingewiesen. Aus diesen Beispielen sollen Anregungen gewonnen werden. Lokalen Bedürfnissen und gegebenen Mitteln angepasste Verfahren können jederzeit entwickelt werden. Herkömmliche visuelle und rechnergestützte moderne Fernerkundung, Photogrammetrie und Kartographie bieten in Verbindung mit notwendiger Feldarbeit ein grosses Arsenal methodologischer Möglichkeiten an, um entsprechende Inventuraufgaben zügig, rationell und mit wirtschaftlichem Mitteleinsatz zu lösen.

## ZITIERTE LITERATUR

- BAUMGARTNER, M. F. & K. I. ITTEN (1984). Multitemporal Landsat Urban Area Classification. IGARRS'84 Remote Sensing: from research towards operational use. *ESA SP 215*; Vol. 1: 183-186.
- CAGARICI, M. (1980). Untersuchungen zur Klassifizierung von Baumschäden mit Farbmessungen. *Int. Arch. für Photogrammetrie* 23(7): 112-121.
- COTTA, H. (1820). *Anweisung zur Forst-Einrichtung und Abschätzung*. Dresden.
- GOSSMANN, H. (1982). *Die grundlegenden Probleme der Thermalbildauswertung über Landflächen*. In Thermalluftbilder für die Stadt- und Landesplanung. Akad. Gr. Raumforschung und Landesplanung. Beiträge Bd. 62: 5-22.
- GOSSMANN, H. & W. NÜBLER (1977). Oberflächentemperatur und Vegetationsverteilung in Freiburg. *Bildmessung und Luftbildwesen* 45: 105-113.
- HAYDN, R. O., S. SLIVENSKY & T. WINTER (1985). Interpretation des Vitalitätszustandes von Bäumen aus digitalisierten Farbinfrarot-Luftaufnahmen. *Das Gartenamt* 34: 687-695.
- HILDEBRANDT, G. & H. KENNEWEG (1968). Einige Anwendungsmöglichkeiten der Falschfarbenphotographie im forstlichen Luftbildwesen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 139: 205-213.
- HILDEBRANDT, G. & S. A. MASUMY (1978). *Die Entwicklung der Mortalität in den Wäldern im Raum B zwischen 1974 und 1978* (unveröffentl. Gutachten).
- HIRT, F. H. (1975). Infrarot-Wärmeaufnahmen: Die Darstellung der Grossstadtlandschaft Ruhrgebiet im Wärmebild. Schriftenreihe Siedlungsverb. *Ruhrkohlenbezirk H.* 58: 99-123.
- KADRO, A. (1972). *Die Auswertung von IR-Farbluftbildern für eine Inventur des Vitalitätszustandes der städtischen Strassenbäume in Freiburg i. Br.* Dipl. Arbeit Freiburg.
- KADRO, A. & H. KENNEWEG (1973). Das Baumsterben auf den Farb-Infrarotluftbild. *Das Gartenamt*: 22: 149-157.
- KENNEWEG, H. (1972). *Die Verwendung von Farb- und Infrarot-Luftbildern für Zwecke der forstlichen Photointerpretation unter besonderer Berücksichtigung der Erkennung und Abgrenzung von Kronenschäden in Fichtenbeständen*. Diss. Freiburg.
- KENNEWEG, H. (1975). Objektive Kennziffern für die Grünplanung in Stadtgebieten aus Infrarot-Farbluftbildern. *Landschaft und Stadt* 7: 35-43.
- KÜRSTEN, E. (1983). *Luftbild-Folgeinventuren und Baumkataster als Grundlagen für eine nachhaltige Sicherung innerstädtischer Vegetationsbestände. Dargestellt am Beispiel der Stadt Düsseldorf*. Diss. Göttingen.
- LILLESAND, T. M., P. D. MANION & B. B. EAR (1978). *Quantification of urban tree stress through microdensitometric analysis of aerial photography* Res. Rep. Suny College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, N.Y.
- LORENZ, D. (1973). Die radiometrische Messung der Boden- und Wasseroberflächentemperatur und ihre Anwendung auf dem Gebiet der Meteorologie. *Zeitschr. für Geophysik* 39: 627-701.
- MARX, U. (1985). *Untersuchungen über die Entwicklung des Gesundheitszustandes von Tanne, Fichte und Buche im Gebiet des Hochschwarzwaldes anhand von Infrarot-Farb-Luftbildern 1978 und 1983*. Dipl. Arbeit Freiburg.
- MEISSNER, B. (Hrsg.) (1984). Grünflächen und Strassenbäume in Berlin (West) — Kartographische Darstellung der aktuellen Situation durch Color-Infrarot-Luftbilder. *Berliner Geowiss. Abhandl. Reihe C Band 3*.
- SCHNEIDER, S. (1977). Gewässerüberwachung durch Fernerkundung: Der mittlere Oberrhein im Vergleich zur mittleren Saar. *Schriftenfolge Bundesanst. Landeskunde u. Raumordn. Bad Godesberg*, 13.
- SEKLICIOTIS, St. (1978). Remote Sensing Applications: Surveys of urban open space using colour infrared aerial photography. *Proc. of the Int. Symp. on Remote Sensing for observations and inventory of earth resources and the endangered environment, Freiburg*, Bd. 2: 969-990.
- SPEIDEL, G. (1967). *Forstliche Betriebswirtschaftslehre*. Verl. Parey Hamburg, Berlin.
- STOCK, P. (1978). Interpretation von Wärmebildern der Stadtregion von Essen. *Proc. of the Int. Symp. on Remote Sensing for observations and inventory of earth resources and the endangered environment, Freiburg*, Bd. 2: 1017-1030.
- THIADENS, H. (1972). Infrarot-Luftaufnahmen helfen Gartenämtern. *Das Gartenamt* 21: 438-440.



