

2. Fachsymposium „Stadtgrün“
11. - 12. Dezember 2013 in Berlin-Dahlem

Stadtbäume als Kohlenstoffspeicher

Dr. Gerald Kändler,
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.

Stadtbäume als Kohlenstoffspeicher

Gerald Kändler

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Freiburg i. Br.

Einführung: Hintergrund, Problemstellung, Ziele

Fallstudie Karlsruhe:

- Methodisches Vorgehen
- Datenerhebung, Analysen und Ergebnisse

Vergleich mit anderen Studien

Diskussion und Ausblick

Expertise der FVA:

- Inventuren
- Biomasse von Waldbäumen

Treibhausgasinventar

- Wald (Bäume, Totholz, Boden)
- Bäume außerhalb Wald „TOF“

Stadtbäume und Klima - Stadtbäume als C-Speicher

- *USA:* zahlreiche Studien („Urban Forestry“)
- *DE:*
 - Fallstudie **Karlsruhe** (Kändler et al. 2011)
 - Fallstudie **Leipzig** (Strohbach & Haase 2011)

In Deutschland

- Unzureichende Datenlage
- Keine Standard-Inventurverfahren
- Bedarf an kosten-effizienten Methoden

Methodische Grundlagen und Konzepte für C-Inventare

- Fernerkundungs-gestütztes Inventurverfahren
- Stadtbaum-spezifische Biomassefunktionen

Fallstudie Karlsruhe

„Konzept zur Erfassung der Kohlenstoff-Speicherleistung von Stadtbäumen am Beispiel der Stadt Karlsruhe“

Gefördert vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

Biomasse, Kohlenstoffvorrat

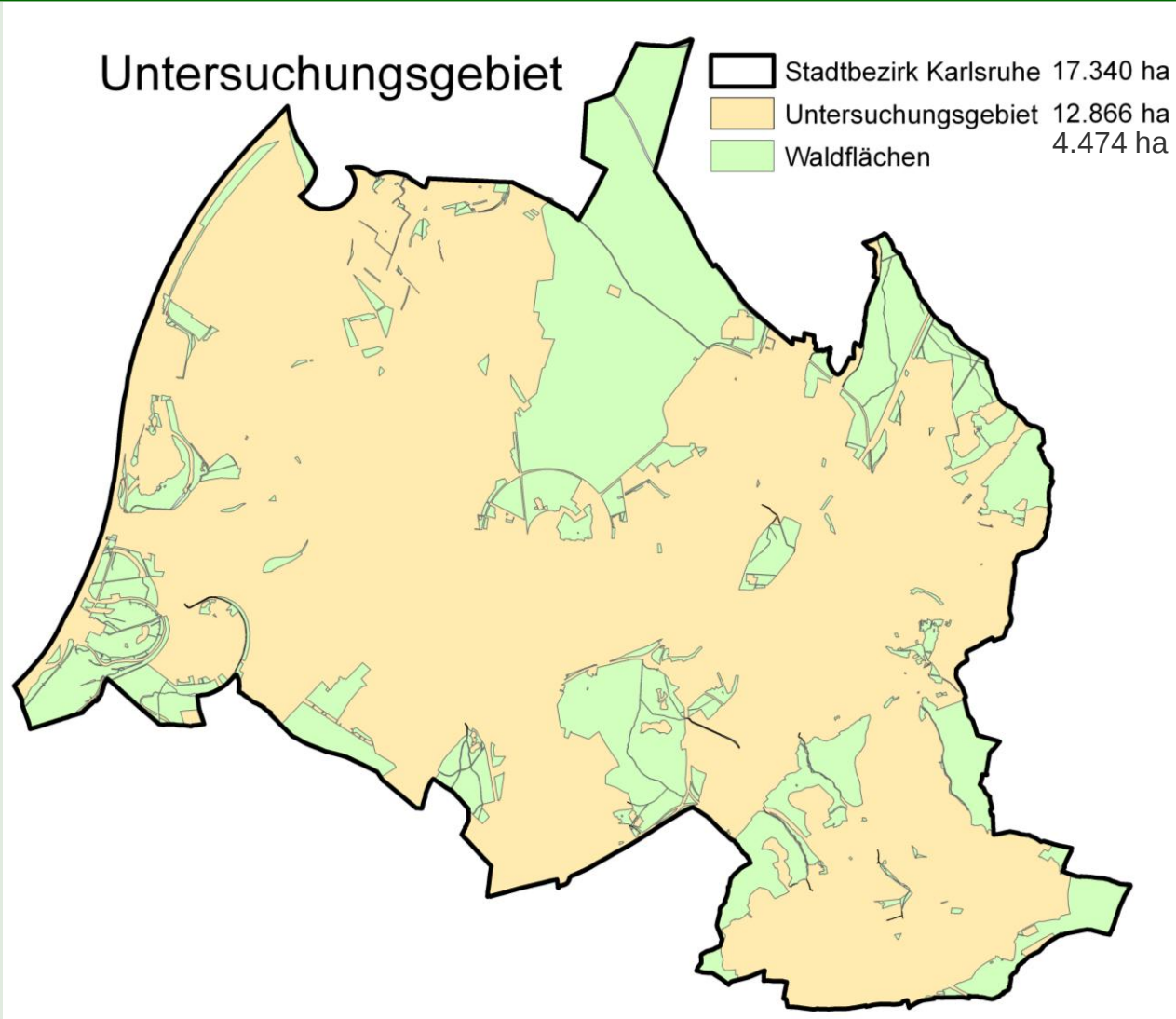
- Biomasse = Trockensubstanz [kg, t, Mg]
- Kohlenstoff ca. 50% der Trockensubstanz

Beschränkung auf **oberirdische** Biomasse

Biomasse hängt ab von:

- Baumart
- Dimension (Durchmesser, Höhe, Kronenlänge, ...)

Untersuchungsgebiet Stadt Karlsruhe



Untersuchungsgebiet Stadt Karlsruhe

Stadtgebiet	Gesamtfläche [ha]	Inventurverfahren
Waldfläche	4.474 (25,8 %)	Forstliche Betriebsinventur
Stadtfläche i.e.S.	12.866 (74,2 %)	Stadtbauminventur
Insgesamt	17.340	

Zielgröße:

- **Gesamter (oberirdischer) Biomassevorrat** der Stadtbäume
- Schätzung der
 - Gesamtzahl der Baumpopulation
 - Ermittlung der mittleren Baumbiomasse

Baumkataster (Stand Juni 2008)

- 80.280 Einträge
 - 76.586 Einzelbäume
 - 3.694 Baumgruppen
- Informationen
 - Baumpflege, Verkehrssicherungsarbeiten
 - **Baumartenspektrum**
 - **Dimensionen**
- **Aber: Kein vollständiges Inventar**

Baumartenspektrum

- 203 Arten (z. T. Zuchtformen)
- 14 Arten 80 % des Bestands

Dimension

- Mindeststammumfang: 15 cm (~ 4,6 cm BHD)
- Mindesthöhe: ~ 2 m

Die 14 häufigsten Baumarten im Baumkataster

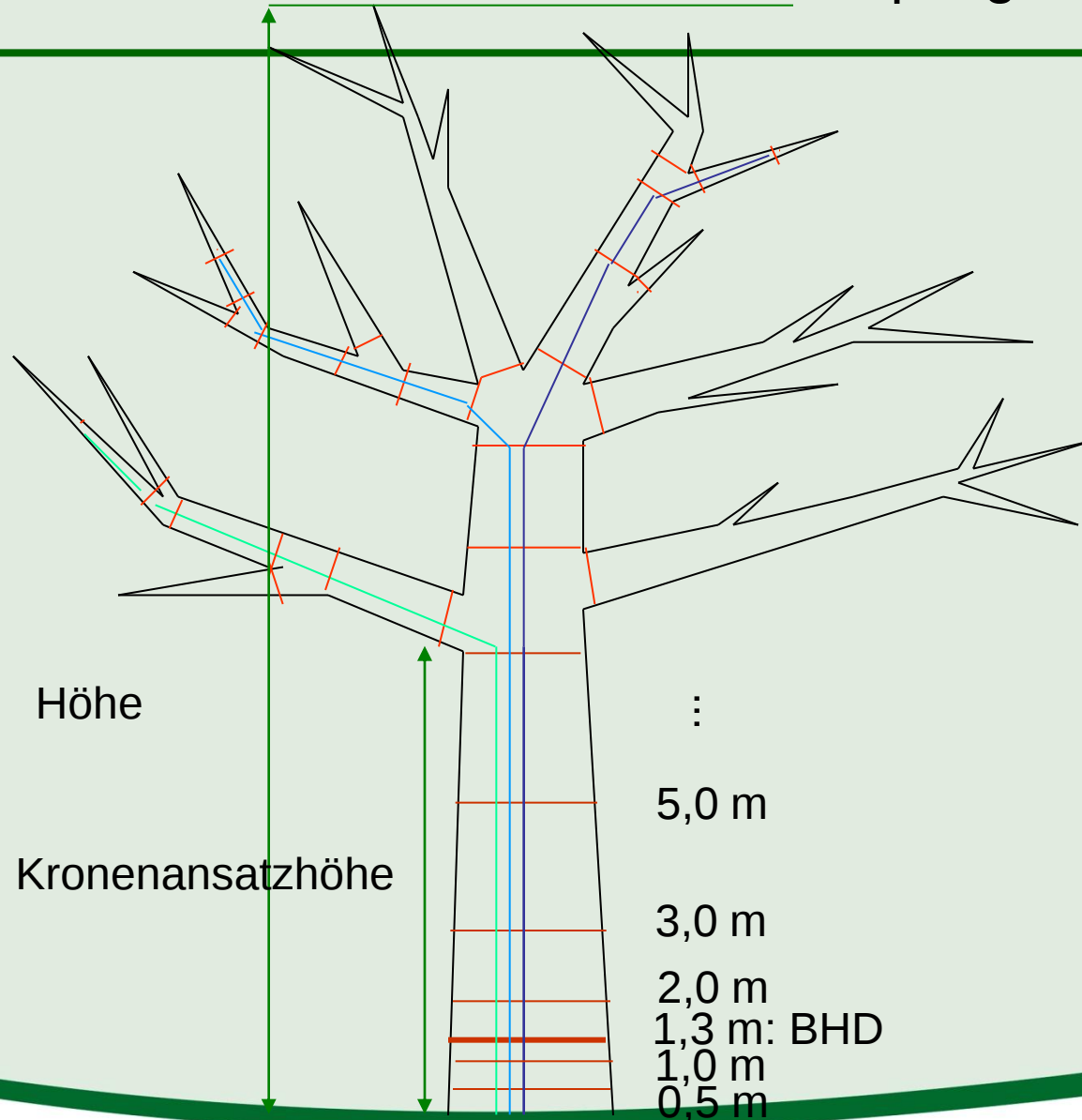
Spitzahorn	16%
Stieleiche	8%
Winterlinde	7%
Vogelkirsche	7%
Hainbuche	6%
Gemeine Esche	5%
Rosskastanie	5%
Platane	5%
Feldahorn	5%
Bergahorn	4%
Robinie	3%
Roteiche	3%
Krimlinde	3%
Birke	3%

- Vorgehen: Herleitung von Biomassefunktionen für Stadtbäume
- Beziehung Biomasse – einfach zu messende Baumattribute
- Durchführung einer Biomasse-Messkampagne

„**Messung**“ der **oberirdischen** Baumbiomasse

- zerstörungsfrei
- Stichprobenverfahren an stehenden Bäumen: RBS („Randomized Branch Sampling“)
- Durchführung Dez. 2009 bis Febr. 2010
- Zusätzliche Gewinnung von Probematerial
 - Holzdichte, C-Gehalt
 - Jahrringmessungen

Methodik: **Randomized Branch Sampling** an Stadtbäumen



Methodik: **Randomized Branch Sampling** an Stadtbäumen



- Nur Volumenermittlung!
- Umrechnung in Biomasse: Raumdichte aus anderen Erhebungen

- 163 Bäume (14 Arten)
- Attribute:
 - oberirdische Biomasse
 - BHD, Höhe, ...
 - Kronenschirmfläche, photogrammetrische Höhe, Kronenvolumen, ...

Allometrisches Modell mit den Prädiktoren

- KSF: Kronenschirmfläche
- H: Höhe (photogrammetrisch ermittelt)

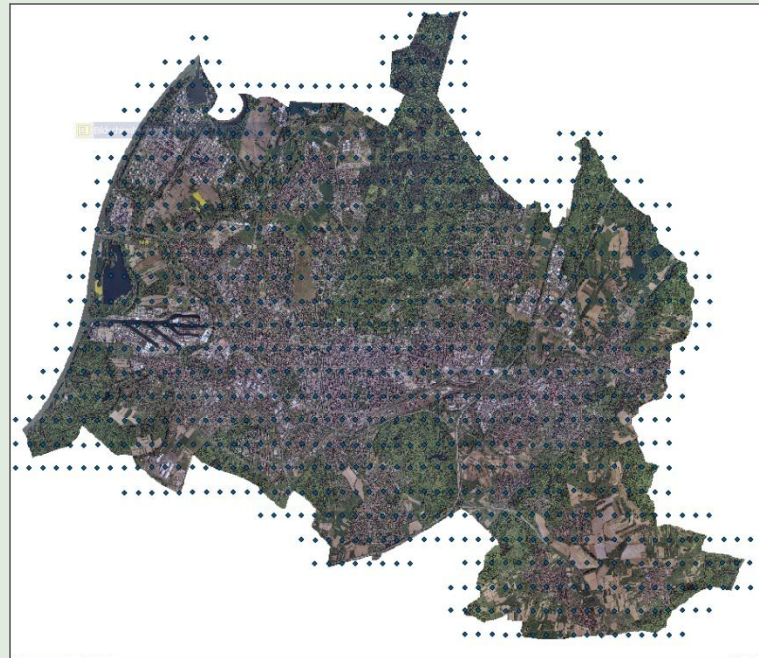
$$B = b_0 KSF^{b_1} H^{b_2}$$

Grundgesamtheit:

- GIS-Elemente: Linien- bzw. Flächenobjekte (ATKIS, ALK)
- **Nutzungsklassen** (Straten):
Straßen, Bahnlinien, Betriebs-, Erholungs-,
Gebäude-/Freiflächen, ...
außer Wald!

Inventur: Messungen mit Fernerkundungsmethoden

- Baumzählung im Orthophoto
- Kronenvermessung im Stereoluftbild
- Berechnung potentieller Baumflächen



Baumzählung im Orthophoto



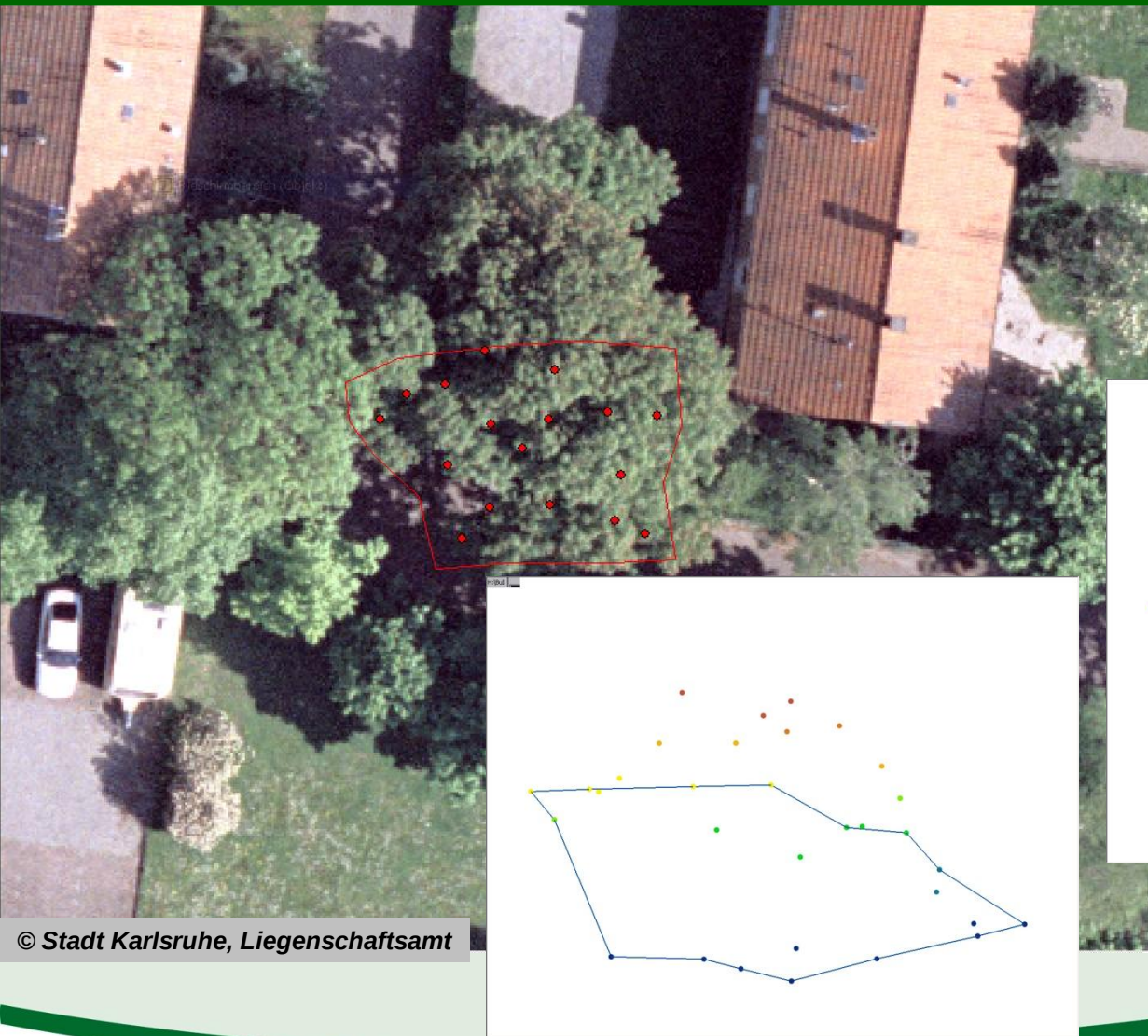
Bodenauflösung < 5 cm

1.279 ALK und ATKIS-Objekte

21.266 Bäume

Software: ArcGIS

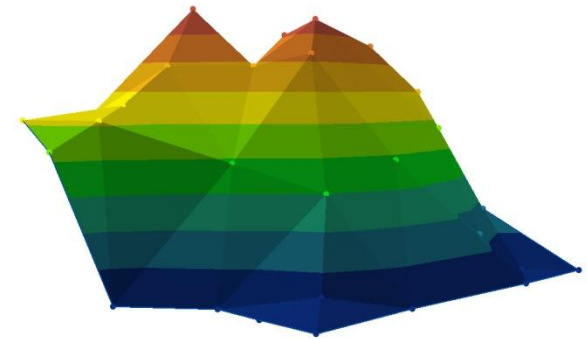
Vermessung von Baumkronen im Stereobild



Bodenauflösung < 5 cm

1.277 Bäume

Software:
StereoAnalyst für ArcGIS



Klassifizierung der Vegetationsflächen: Vegetationsindex

Orthophoto mit < 5 cm
Auflösung

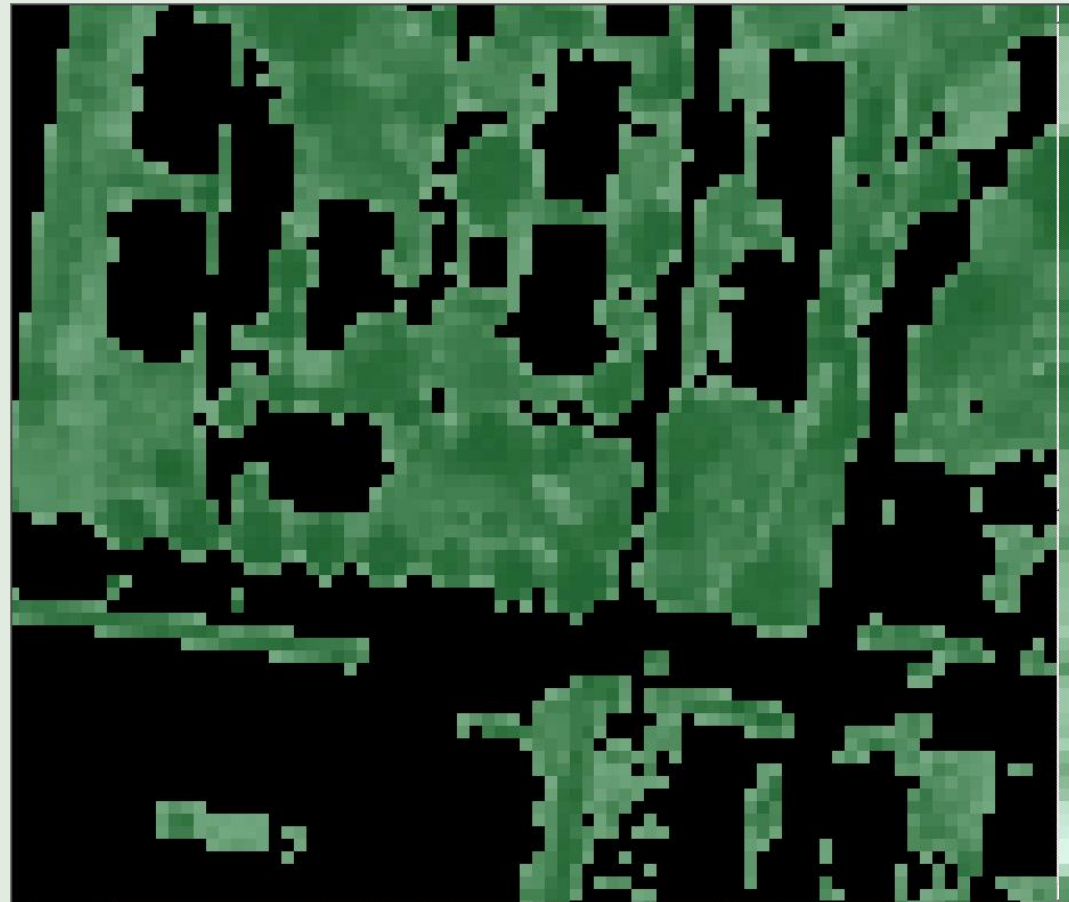
Orthophoto mit 2 m
Auflösung

Berechnung eines inversen
Vegetationsindex *iVI*

$$iVI = \frac{blau^2 + rot^2}{grün^2}$$

Klassifizierung des *iVI*

Software: Erdas Imagine 9.3



Oberflächenmodell aus Laserscannerdaten

LVA-Laserscannerbefliegung

1999 (Punktdichte $< 1/\text{m}^2$)

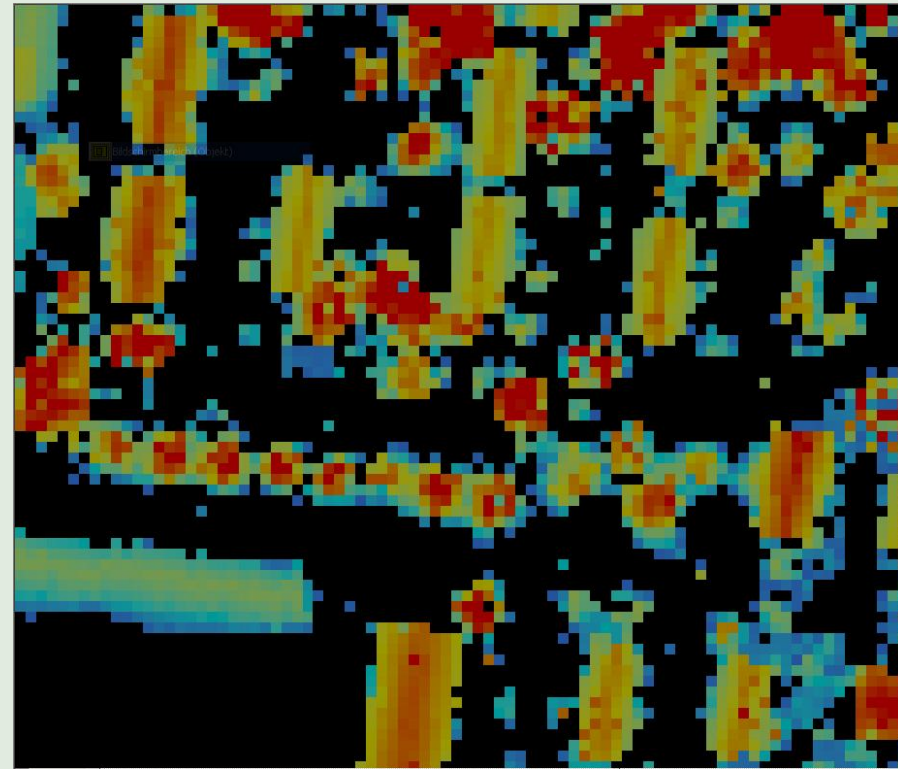
Digitales **Geländemodell** (5 m)

→ Normalisiertes digitales

Oberflächenmodell

Klassifizierung aller

Rasterpunkte $> 2 \text{ m}$



Software: Fusion, Erdas Imagine 9.3

Klassifizierung potentieller Baumflächen

Vegetationsfläche

Höhe > 2m

+

=

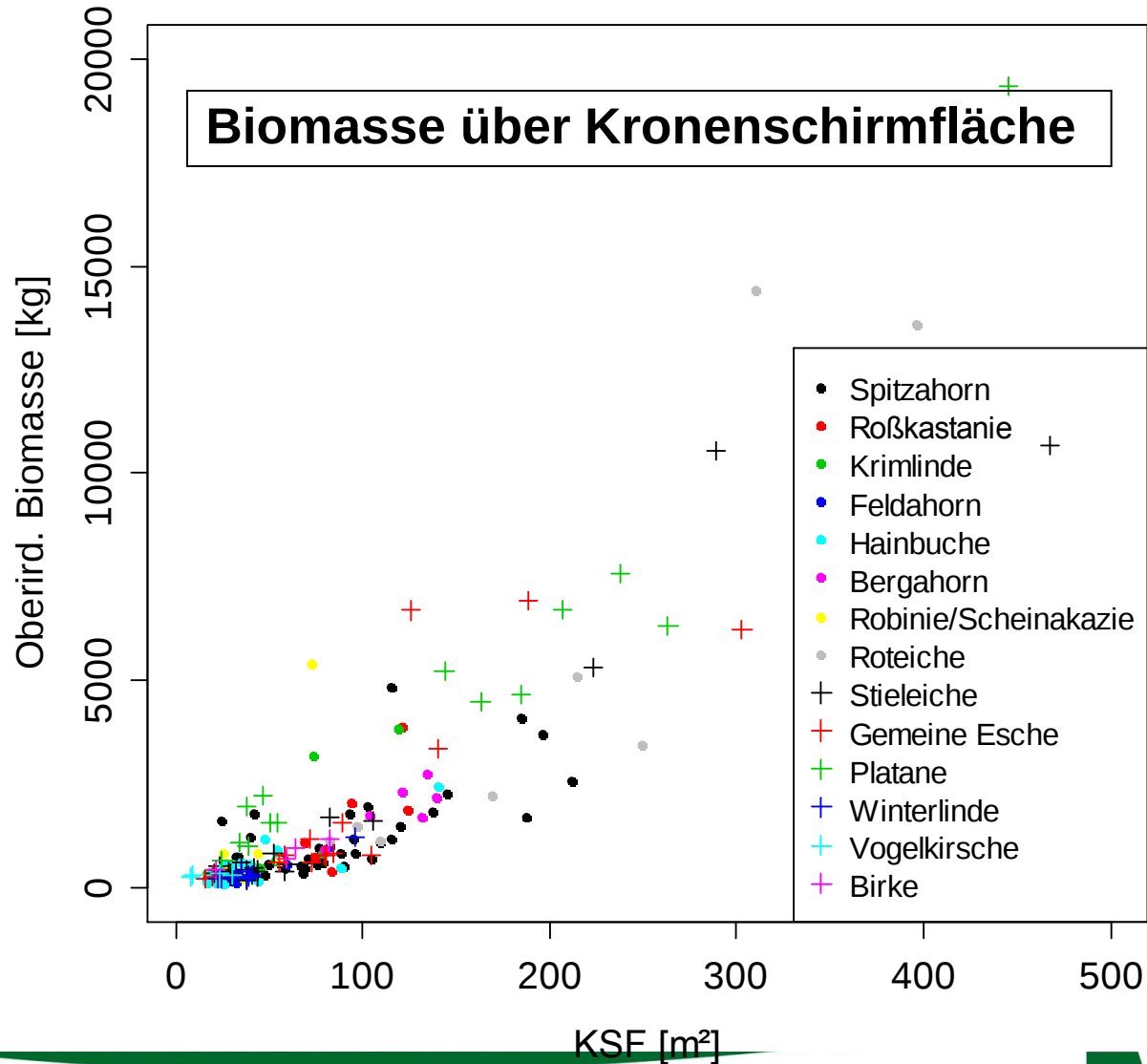
Baumfläche

Höhenwerte der Baumfläche

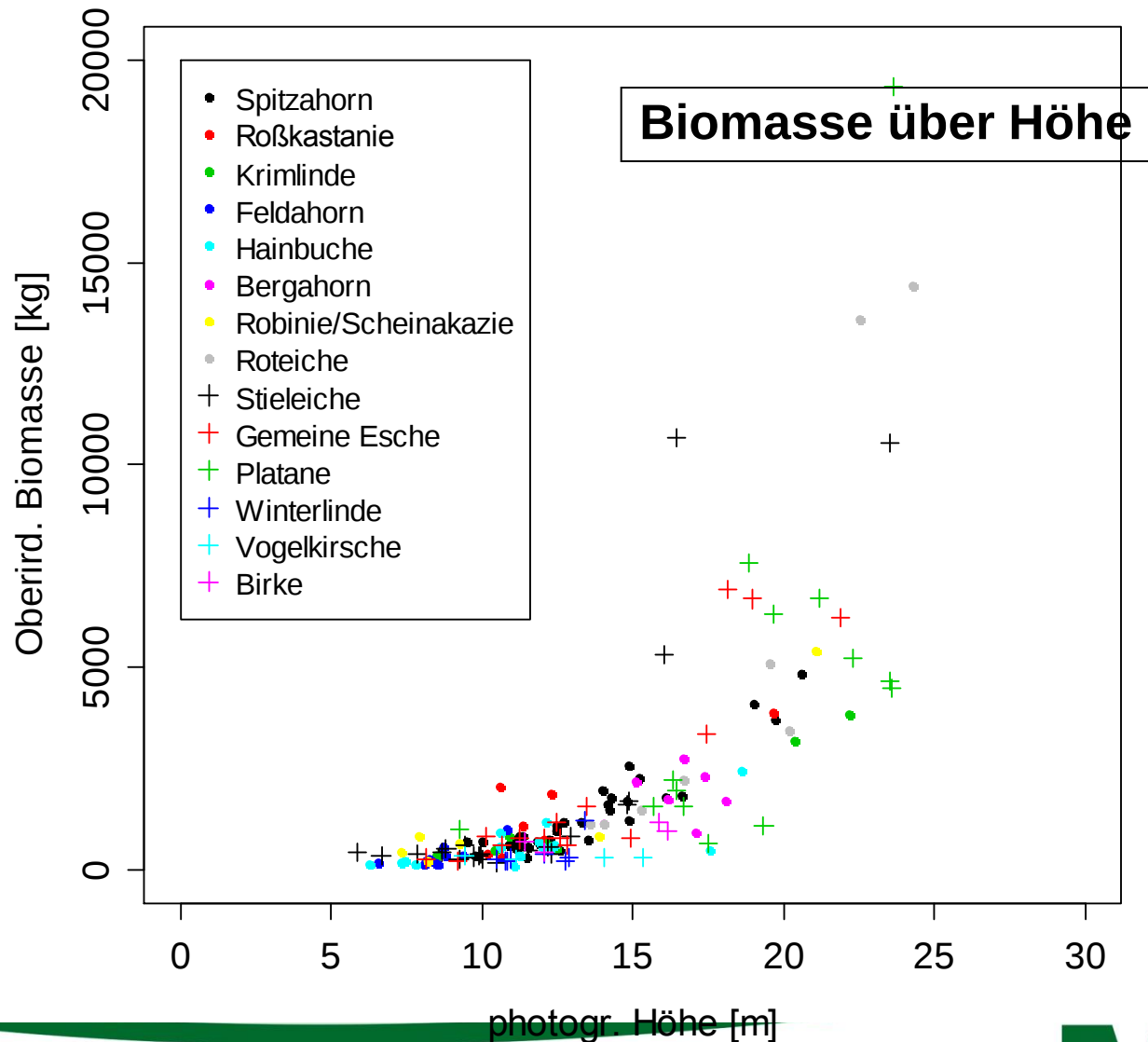
Software: ArcGIS, Erdas Imagine 9.3

- Biomassefunktion für Stadtbäume
- Gesamter Stadtbaumbestand
- Biomasse- /Kohlenstoffvorrat
 - der Stadtbäume
 - im Wald

Biomassefunktion



Biomassefunktion



Datengrundlagen: Betriebsinventur 2006

Stadt- und Staatswald

Fläche:

4.474 ha forstliche Betriebsfläche insgesamt (25,8 %
der Gemarkungsfläche)

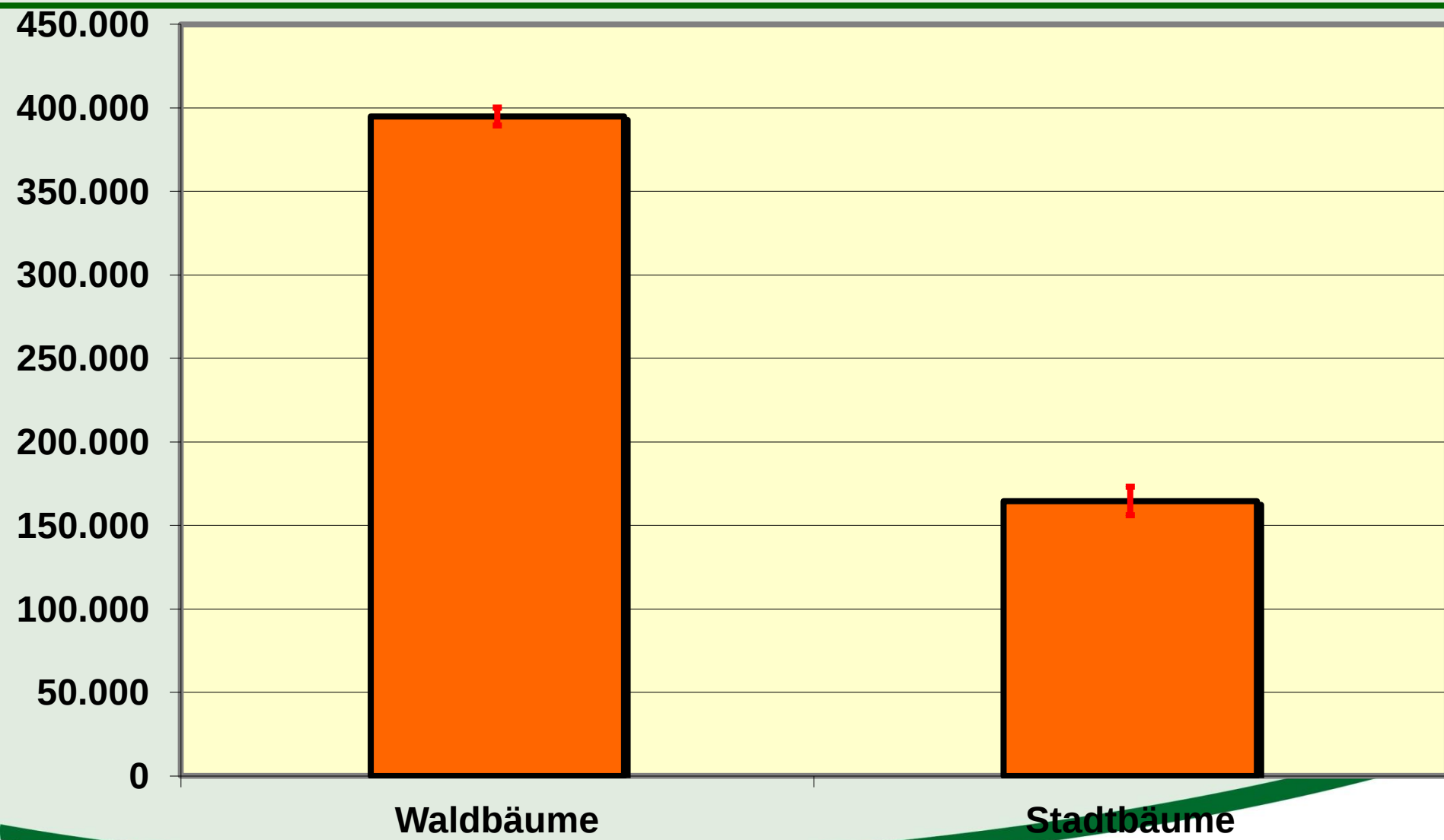
Ergebnisse: **Gesamtzahl** der Wald- und Stadtbäume

	Anzahl Bäume		
	Insgesamt	pro Kopf	je ha Stadtfläche
Waldbäume	2.220.550	7,6	128,1
Stadtbäume	394.700	1,4	22,8
Summe	2.615.250	9,0	150,8
Einwohnerzahl	291.959		
Stadtfläche [ha]	17.340		

Ergebnisse: **C-Vorrat** der Wald- und Stadtbäume

	Kohlenstoff- Vorrat [t]	<i>Fehler</i>	<i>Fehler %</i>
Waldbäume	394.850	5.331	1,4%
Stadtbäume	164.700	8.540	5,2%
Summe	559.550	10.068	1,8%

Ergebnisse: **C-Vorrat** der Wald- und Stadtbäume



Ergebnisse: **C-Vorrat** der Wald- und Stadtbäume

	Holzboden bzw. Baumfläche „Tree Cover“ [ha]	Gesamt- fläche [ha]	C-Vorrat je HB bzw. BF	C-Vorrat je ha Gesamt- fläche
Wald- bäume	4.162	4.474	94,9	88,3
Stadt- bäume	2.816	12.866	58,5	12,8
Summe	6.978	17.340	80,3	32,3

Ergebnisvergleich

Eigene Studie: Karlsruhe vs. Freiburg-Wiehre
Studie Leipzig (Strohbach & Haase, 2011)
Studien aus USA, CND, UK

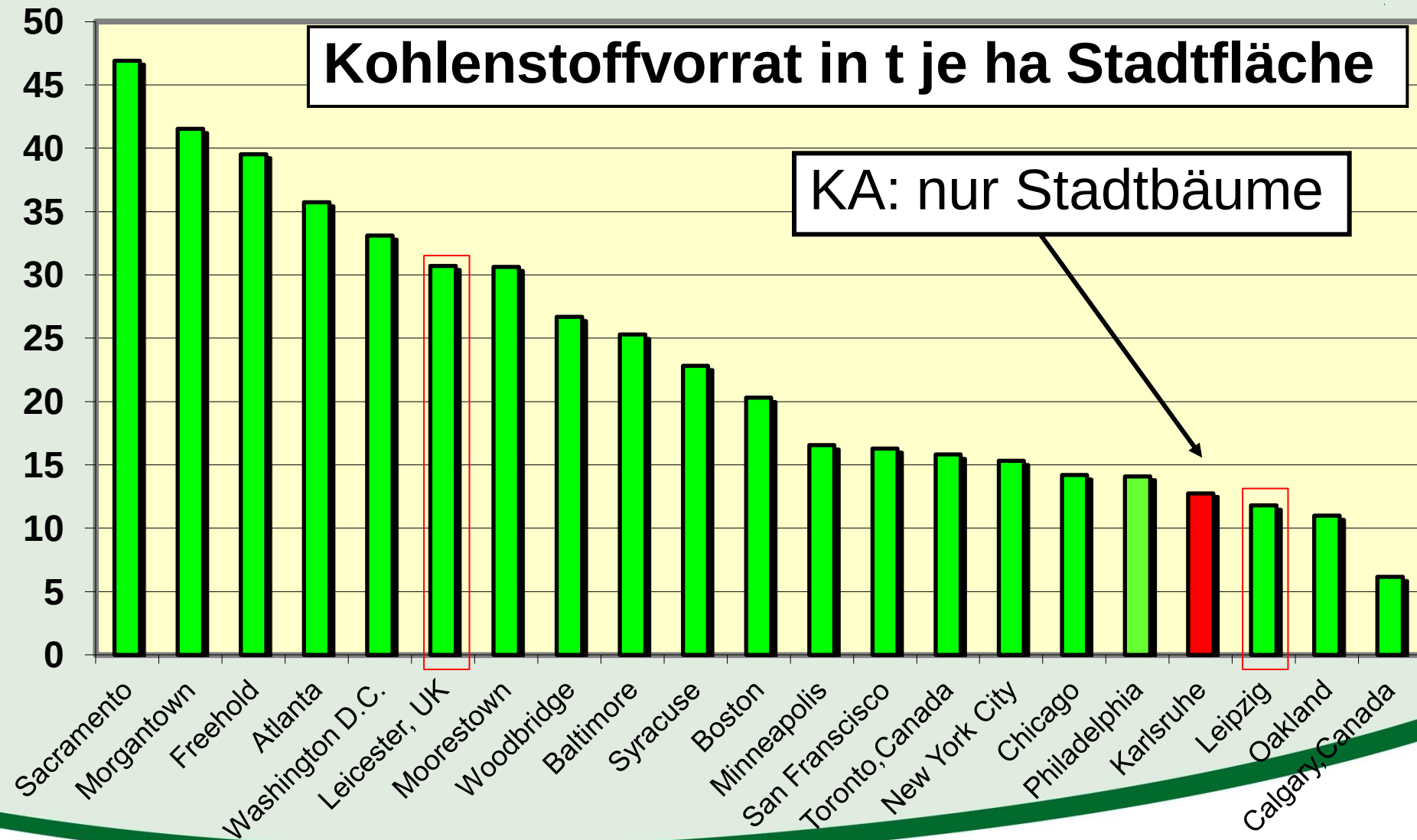
Verfahrens-Test Freiburg-Wiehre: Stadtbäume

	Baumfläche „Tree Cover“ [ha]	Gesamt- fläche [ha]	C-Vorrat je ha BF	C-Vorrat je ha Gesamt- fläche
FR- Wiehre	111	391	118,2	33,6
Karlsruhe	2.816	12.866	58,5	12,8

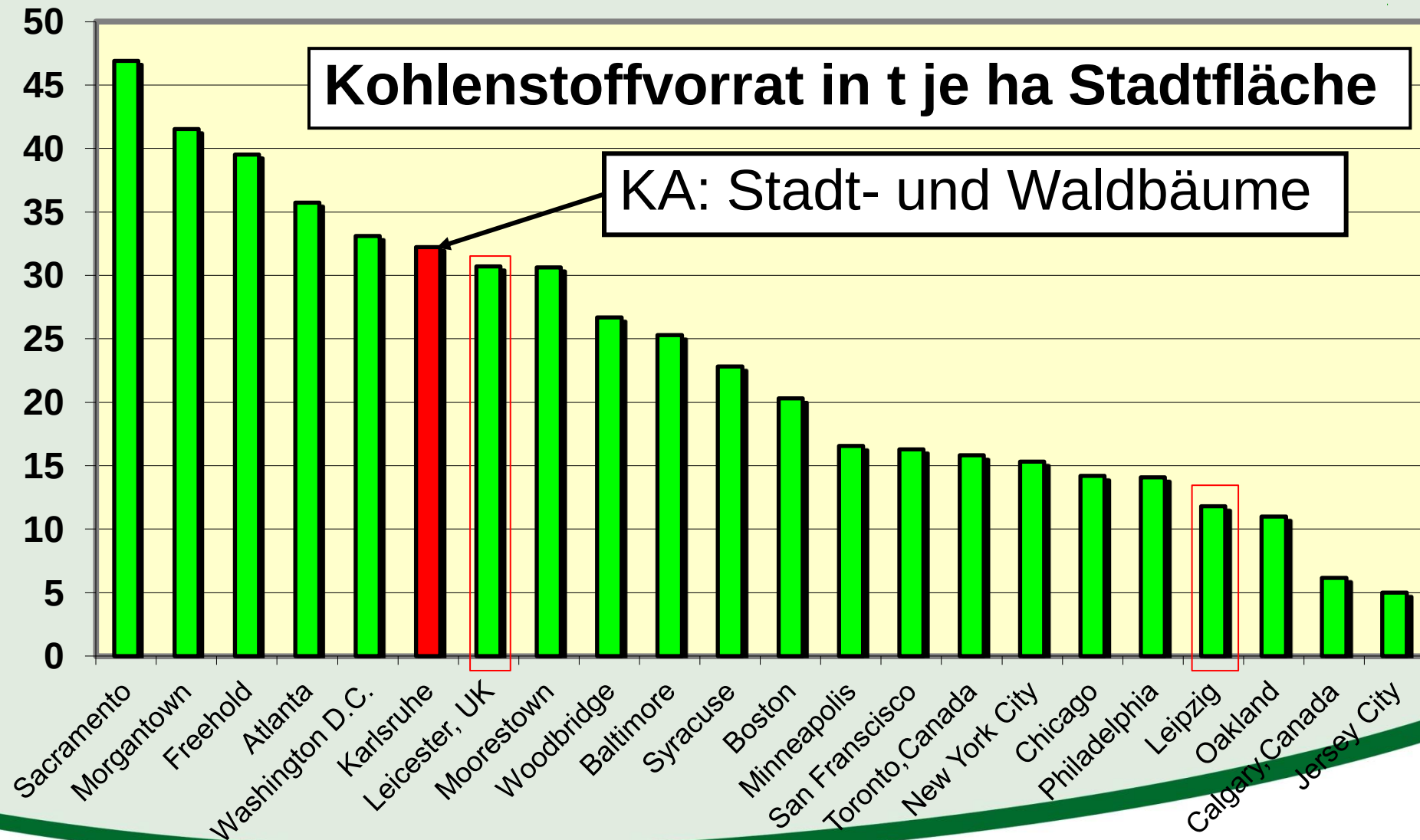
Vergleich mit Studie Leipzig (Strohbach & Haase, 2011)

	Baumfläche „Tree Cover“ [ha]	Gesamt- fläche [ha]	C-Vorrat je ha BF	C-Vorrat je ha Gesamt- fläche
Leipzig	5.824	29.700	60,4	11,8
Karlsruhe	2.816	12.866	58,5	12,8
FR- Wiehre	111	391	118,2	33,6

Ergebnisse: Vergleich mit anderen Studien



Ergebnisse: Vergleich mit anderen Städten



Abschätzung der jährlichen C-Bindung in Stadtbäumen

In DE keine genauen Zahlen

Vorläufige Abschätzung für Karlsruhe:

~ **1,4 t** C/ha Baumfläche/Jahr

0,3 t C/ha Stadtfläche/ Jahr

USA (Nowak et al, 2013):

2,8 t C/ha Baumfläche/Jahr

Abschätzung der Größenordnung für Deutschland

Annahme **13 t C/ha**:

76 Großstädte mit Gesamtfläche von 1.322.500 ha

~ **17,2** Mio. t C

Gesamte Siedlungsfläche von 4.770.200 ha

~ **62,0** Mio. t C

Wald (2002) mit Gesamtfläche von 10.567.660 ha

94,3 t C/ha ~ **997** Mio. t C

Vergleich mit **CO₂-Emissionen**

2012 ~ **814** Mio. t CO₂

Speicher:

Großstädte ~ 17,2 Mio. t C = ~ **63** Mio. t CO₂

Wald ~ 997 Mio. t C = **3.656** Mio. t CO₂

Methodik:

- Einfaches Konzept
- Reduktion des terrestrischen Messaufwands
- Nutzung vorhandener Fernerkundungsdaten

Ergebnisse

- Verallgemeinerbarkeit?
- Plausibel im Vergleich mit anderen Studien
- Relevanz der C-Speicher?

- Datenlage noch unzureichend
- Anwendung der entwickelten Methodik auf andere Städte
- C-Bindungsrate

Weitere Aspekte und Fragen:

- Wert von Stadtbäumen?
 - Grundstückspreise
 - Energiespareffekt („Klimaanlage“)
 - Nutzung als Biomasse
- Rolle einer „Stadtbaumwirtschaft“ („Urban Forestry“) in DE?

