

# Spezifische Hitze- und Trockenheitstoleranz von Bäumen



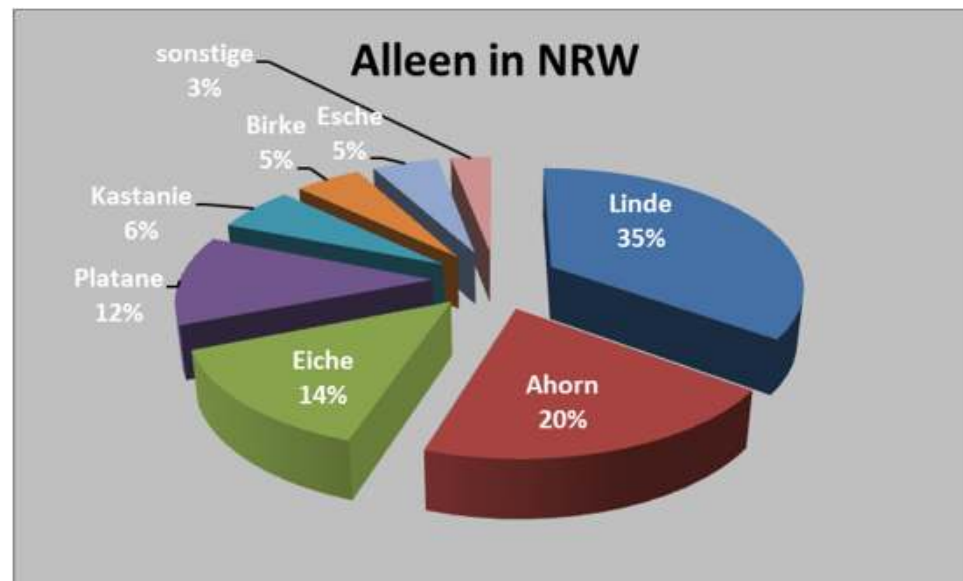


02.08.2014 10:08

## Straßenbäume NRW

### Alleebaumkataster NRW (LANUV):

- 6.120 Alleen in NRW
- 3.730 km Gesamtlänge
- 52 % in freier Landschaft
- 48 % im Siedlungsbereich  
(= Stadtbäume)



## Klimawandel in NRW

### LANUV-Studie (2010) Fachbericht 27 „Klima und Klimafolgen in NRW“

- **Vegetationszeit** seit 1950er Jahren um 16 Tage nach vorn verlagert
- **Jahresverlauf:** Beginn Frühjahr, Sommer, Herbst nach vorn verschoben
- **Niederschläge** verschieben sich vom Sommer in den Winter
- Zunahme von **Starkregen** mit >20mm/Tag
- starker Temperaturanstieg v.a. in den letzten 30 Jahren
- Zunahme Sommertage ( $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) und Heißer Tage ( $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ )
- Veränderungen der **Windrichtungen**

## Heimische Baumarten: Evolution in gemäßigten Klima

- Temperaturspitzen: nicht über 30 C°
- relative Luftfeuchte: hoch
- Transpirationskapazität: Leitungsbahnen/Blatteigenschaften
- Niederschlagsverteilung: Sommer/ Winter gleichmäßige Wasserverfügbarkeit
- Wurzelsysteme/Bodenvolumen: Erfordernissen angepasst
- Windrichtungen: überwiegend Westströmungen

**Gibt es Bäume mit den veränderten Klimabedingungen  
angepassten Strategien?? Unter welchen Bedingungen  
funktionieren die Problembaumarten??**

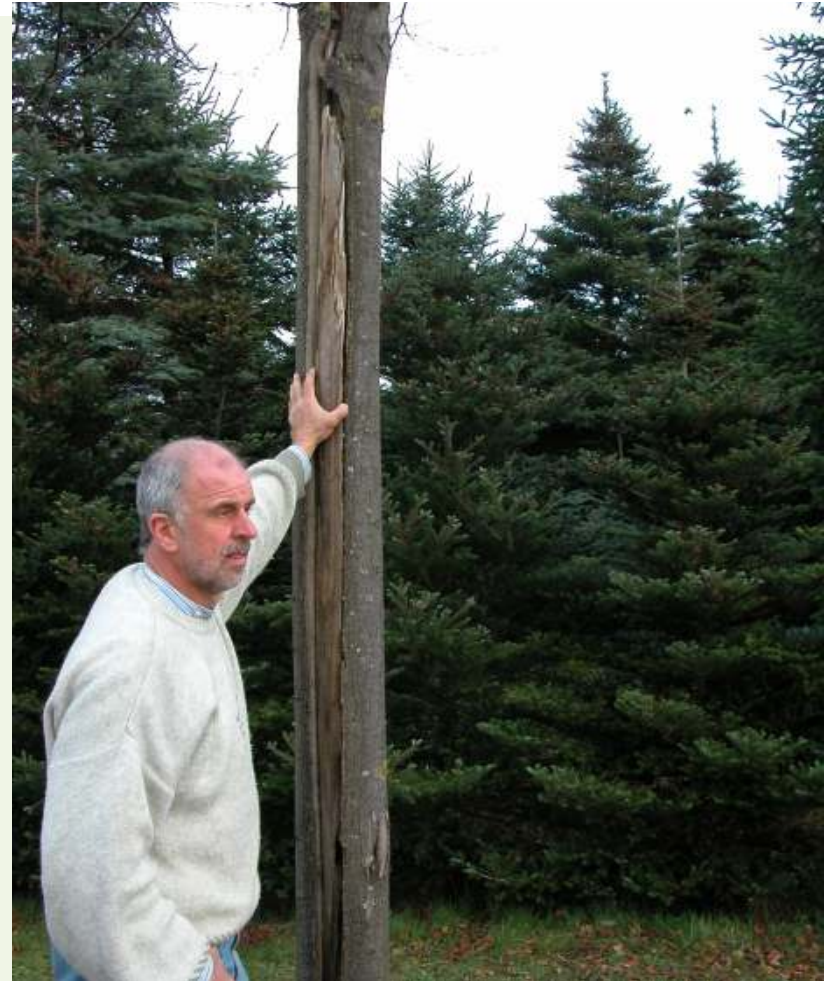
# Die Sommer-Sonnen- Nekrose

## Hintergrund:

- Sommer-Sonnennekrosen (SSN)
- Trockenschäden

## Thesen:

- „Temperaturprofile und Wasserversorgung verhindern Schäden“
- „Hitzetoleranz ist nicht auch Trockenheitstoleranz“



## Die Sommer-Sonnen-Nekrose

### Schadbild nach Überhitzung :

- (c) Auf- und Abplatzen der abgestorbenen Rinde
- (d) Freilegung des Holzteils



## Die Sommer-Sonnen-Nekrose

### Schadbild nach Überhitzung :

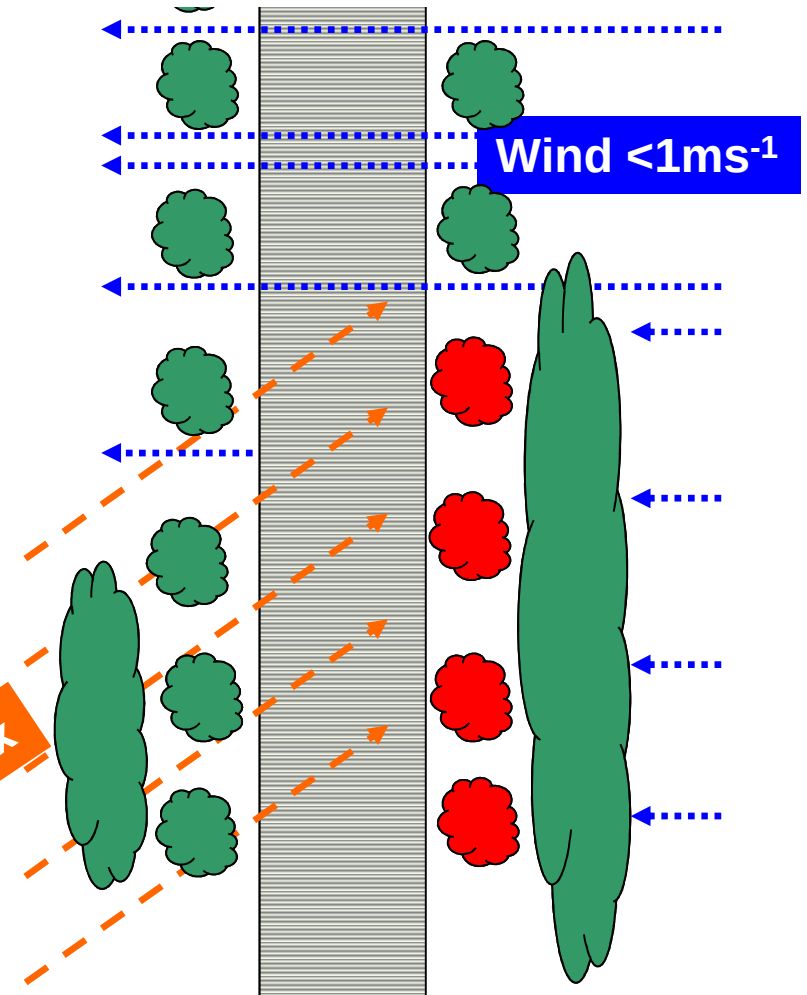
- (e) Verpilzung/Vermorschung  
Gefährdung der Standsicherheit



## Klimabaum: Standortanalyse Sommer-Sonnen-Nekrose/Trockenschaden



Einstrahlung >80 klx



## Voraussetzungen für Sommer-Sonnen-Nekrosen

- **Freistellung / Deckung:** Hecken, Mauern, Gebäude etc. auf der Windseite begünstigen Hitzeschäden
- **Schadenshäufigkeit:** Die Faktorenkombination zur letalen Schadensentstehung durch eine Temperatur von  $> 45\text{ °C}$  im Kambium tritt relativ selten auf
- **Stammneigung:** bei Schrägstand erhöhte Sonneneinstrahlung, auch freistehende Bäume geschädigt
- **Vitalität:** vitale Bäume weniger geschädigt, große, gut belaubte Krone → größerer, kühlender Wassertransport
- **mediterrane Gehölze:** größeres Vermögen Wasser aufzunehmen, zu transportieren und zu verdunsten als heimische Bäume → Stammkühlung

# Funktionelle Eigenschaften von Bäumen

## Hydrologische Eigenschaften (Trockenheitsresistenz)

- Wurzelsystem
- Porensystem Leitungsbahnen
- Stomata
- Winddurchlässigkeit Krone
- Blattform
- Blattfläche (Gesamt-)

## Thermische Eigenschaften (Hitzeresistenz)

- Blattmorphologie (Kutikula, Behaarung)
- Rindenstruktur, -farbe
- Lentizellen?
- Schattierung (Krone, Bestand)



# Hydrologische Eigenschaften

## Hydrologische Eigenschaften

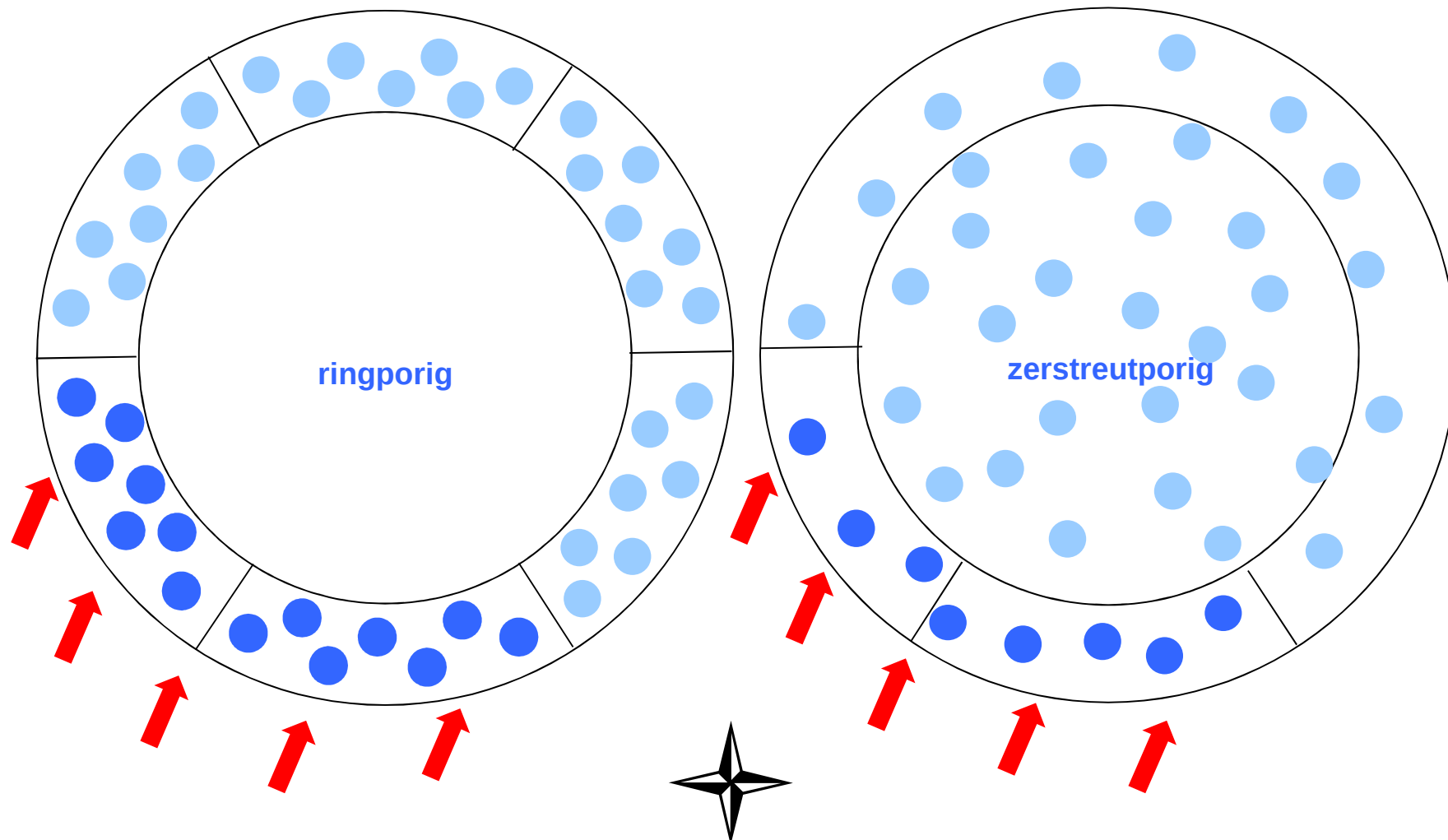
### Bsp. Leitbündel

| Ringporiges Holz                        | Zerstreutporiges Holz                  |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Castanea</i>                         | <i>Acer</i> <i>Populus</i>             |
| <i>Fraxinus</i>                         | <i>Aesculus</i> <i>Salix</i>           |
| <i>Quercus</i>                          | <i>Alnus</i> <i>Tilia</i>              |
| <i>Robinia</i>                          | <i>Fagus</i>                           |
| <i>Ulmus</i>                            |                                        |
| Leitungsgeschwindigkeit<br>4 bis 44 m/h | Leitungsgeschwindigkeit<br>1 bis 6 m/h |

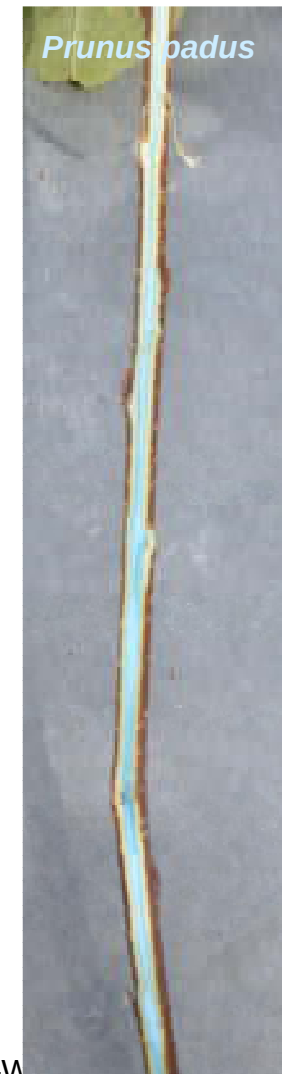
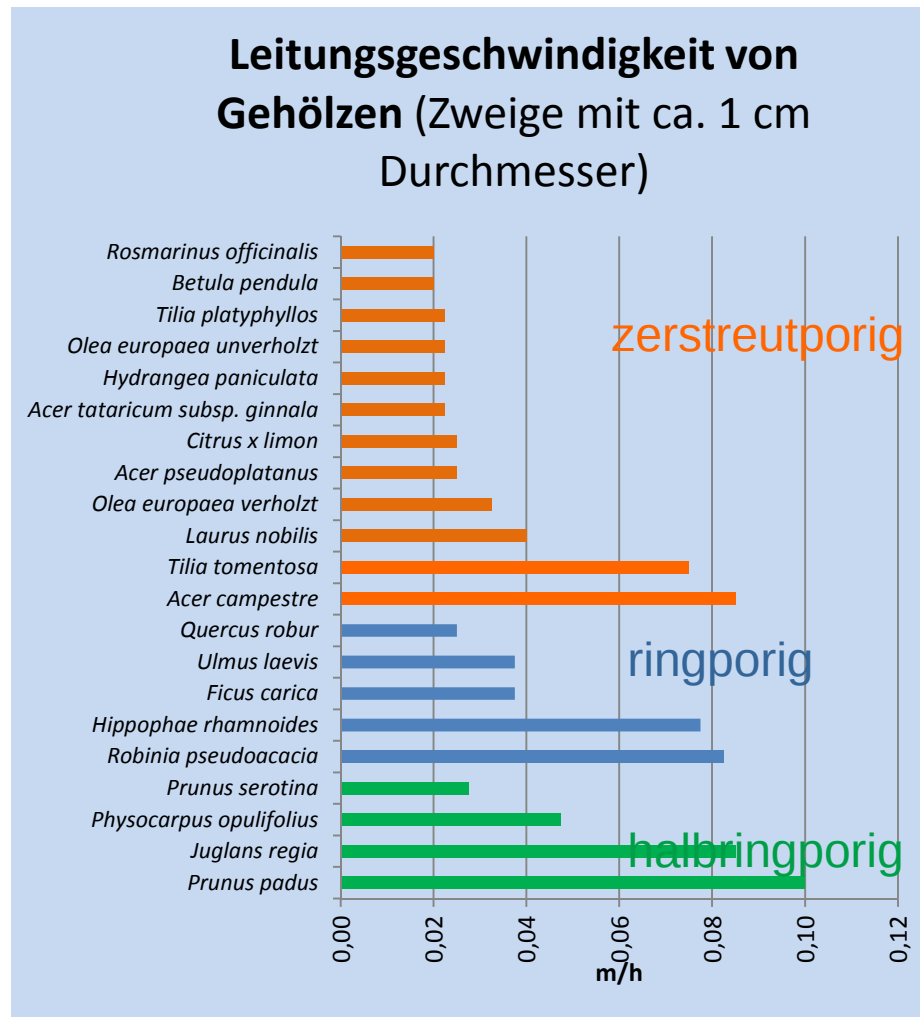
### Bsp. Stomata

| Baumart   | Anzahl Stomata/mm <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------------------|
| Apfel     | 250                            |
| Buche     | 360                            |
| Olive     | 560                            |
| Bergahorn | 850                            |

## Wassertransport in Bäumen



# Hydrologische Eigenschaften: Wasserleitung

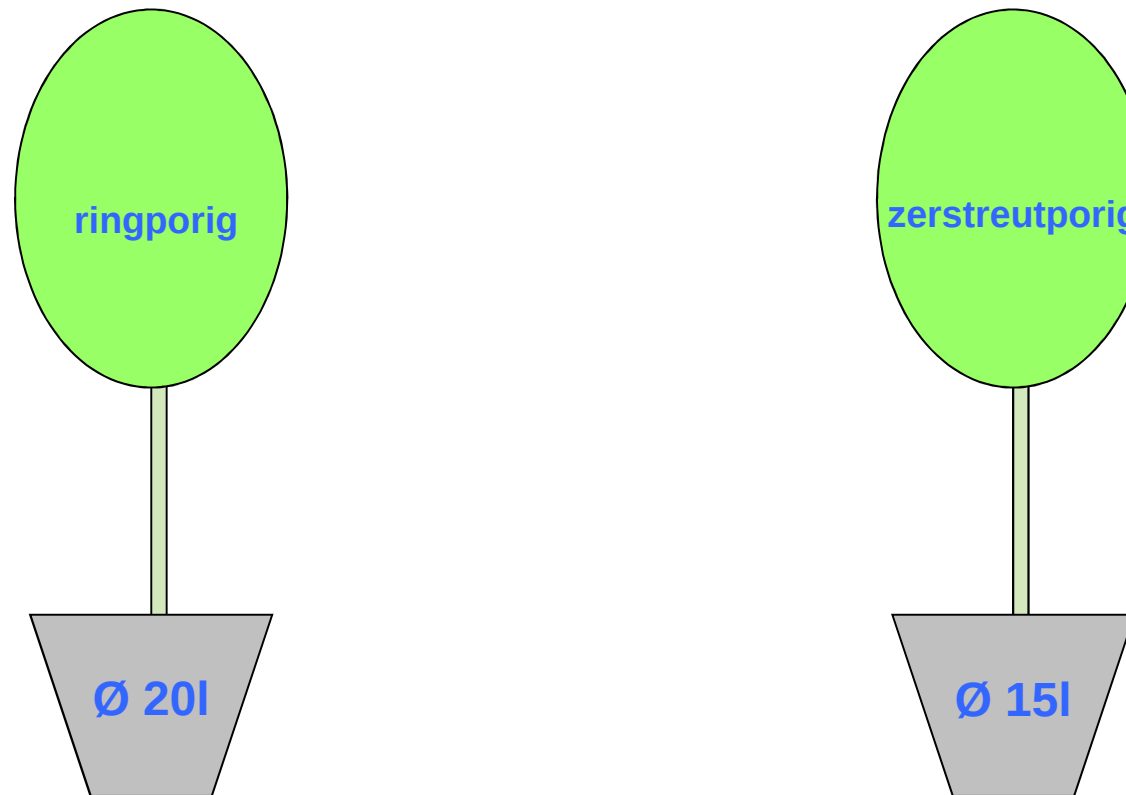


## Wasserverbrauch: Zugwaage

Ermittlung des  
Wasserentzuges  
von 48 Baumarten



## Wasserverbrauch



### Ergebnis:

ringporige Bäume verbrauchten ca. 25 Prozent mehr Wasser als  
Zerstreutporige Arten (→ Stammkühlung)

## Exaktversuch Wasserverbrauch: Berechnung Blattfläche

- Jungbäume 2xv in Co 10l
- feucht wiegen
- trocken wiegen

*Acer pseudoplatanus*  
*pseudoplatanus* 'Bruchem'  
*rubrum*

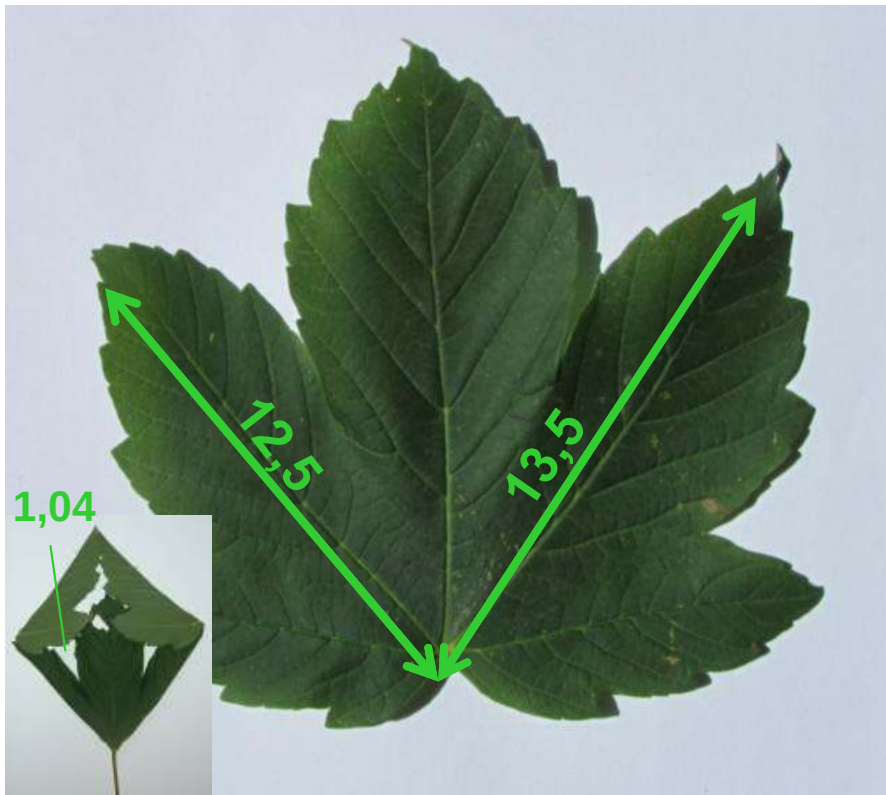
*Tilia cordata*  
*platyphyllos*  
*platyphyllos* 'Rubra'  
*tomentosa*



## Baumspezifische Blattflächenmessung

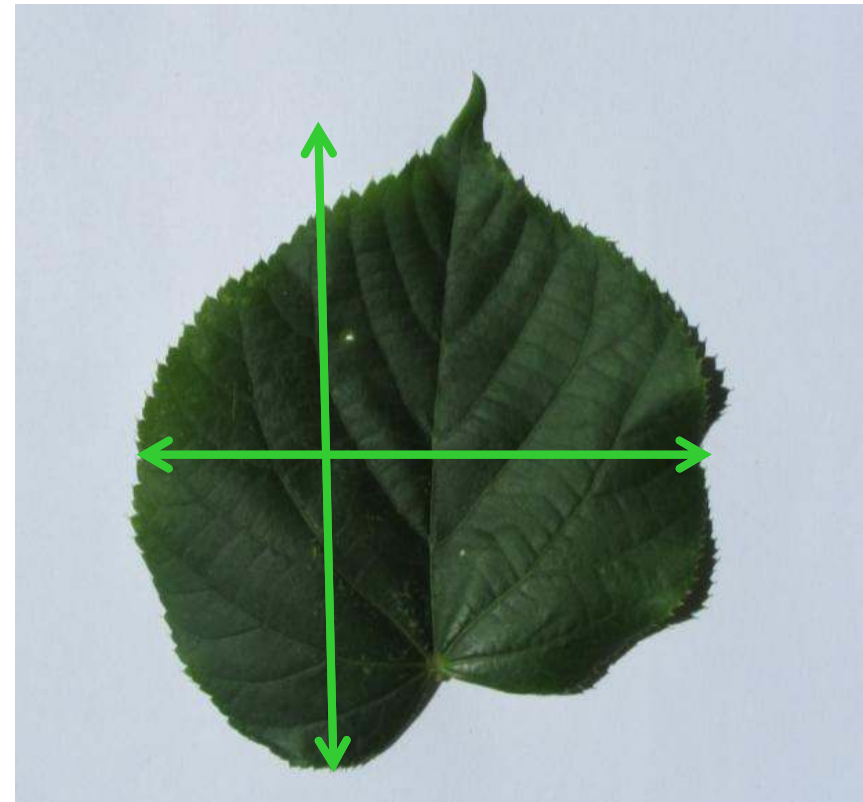
### *Acer*

(Nebennerv links und rechts des Hauptnerves)



### *Tilia*

(längste und breiteste Stelle des Blattes)



**Bsp. *Acer*: Blattfläche [cm<sup>2</sup>] = 13,5 cm \* 12,5 cm \* 1,04 = 175,5 cm<sup>2</sup>**

## Kontrolle mit Lichtbildanalyse



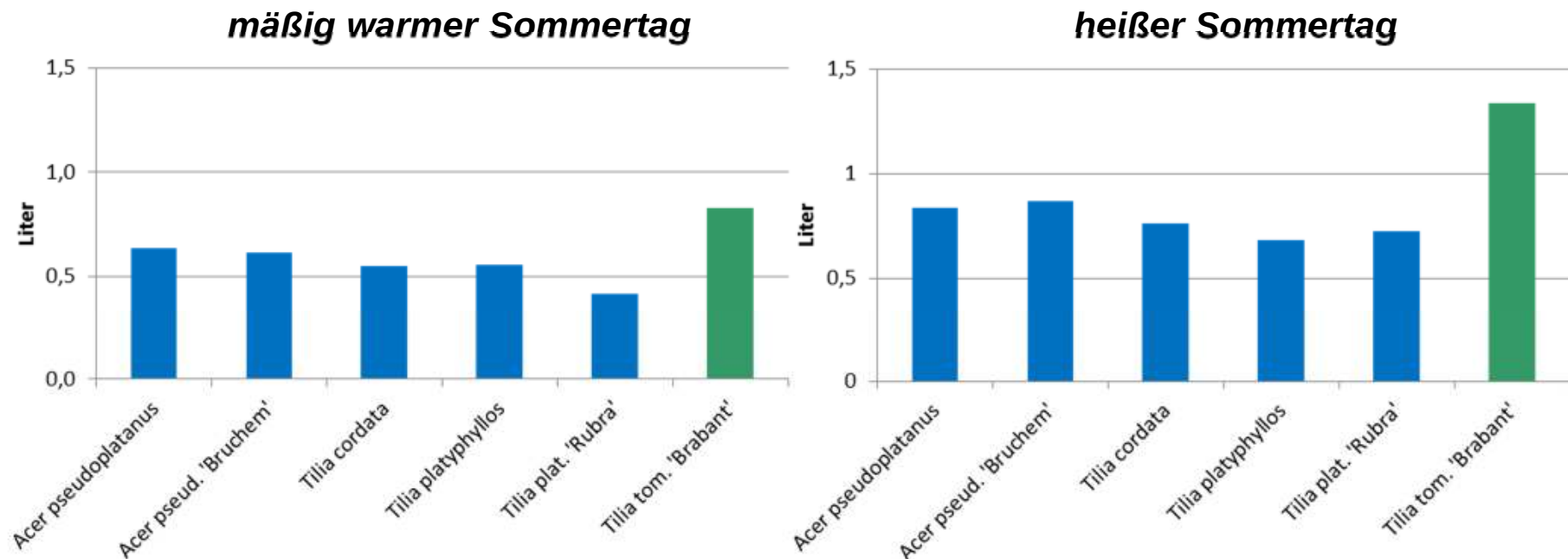
**Lichtbildanalyse: 175,99 cm<sup>2</sup>**

**Korrekturmodell: 175,5 cm<sup>2</sup>**

**Abweichung: <0,3 %**

## Exaktversuch Wasserverbrauch

- *Tilia tomentosa* 'Brabant' verbraucht deutlich mehr als heimische Ahorne und Linden
- Beispiel für Zerstreutporer mit spezifischer Hitzetoleranz
- Silber-Linde ist also nicht trockenheitstolerant



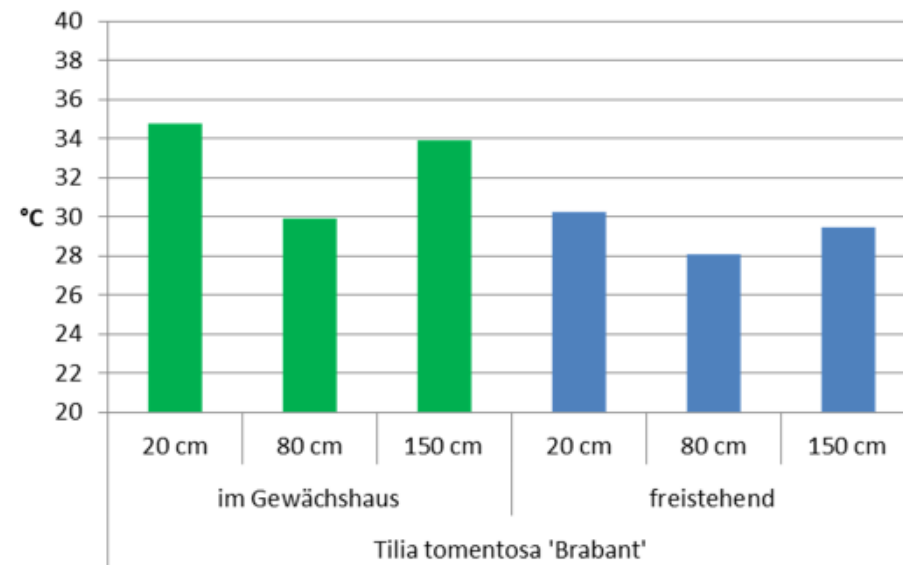
## Stammtemperatur/Verdunstungsrate

### im GWH:

- Luft 38°C
- Substrat 25°C
- windstill
- hohe Luftfeuchtigkeit
- **Saftstrom „steht“**

### freier Stand:

- Luft 26°C
- Substrat 25°C
- leichter Wind
- **Transpiration bewirkt kühlenden Saftstrom im Stamm**



## Eichenarten / Transpiration

Wasserverbrauch in Liter/m<sup>2</sup>Blattfläche/Tag

|                              | <i>Quercus cerris</i>                                                               | <i>Quercus petraea</i>                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| zwischen 24.6. und 29.6.2015 | 0,612                                                                               | 0,473                                                                                |
| zwischen 29.6.und 2.7.2015   | 1,175                                                                               | 0,969                                                                                |
|                              |  |  |

## Hydrologische Eigenschaften

### Winddurchlässigkeit Laub/Krone

- *Sophora* 2,6 m/s
- *Acer* 1,5 m/s
- *Quercus* 2,4 m/s
- *Tilia* 0,8 m/s
- frei 8,0 m/s



# Thermische Eigenschaften

## Thermische Eigenschaften: Rinde

### ***Platanus:***

- *hellrindig*
- *reflektierend*
- *sonnenseitig alte, dunkle Partien abgeworfen*





## Thermische Eigenschaften:

### Ailanthus:

- Lentizellen
- Chlorophyll



## *Robinia*

Isolierung durch Luftporen, Schattenwurf durch Abblättern, grobe Struktur



## *Gleditsia*



## Versuch: Wärmebestrahlung

### Gezielte Hitzeeinwirkung über definierte Zeiträume

- letale Grenztemperatur
- Thermische Belastbarkeit verschiedener Baumarten



## Versuch: Wärmebestrahlung

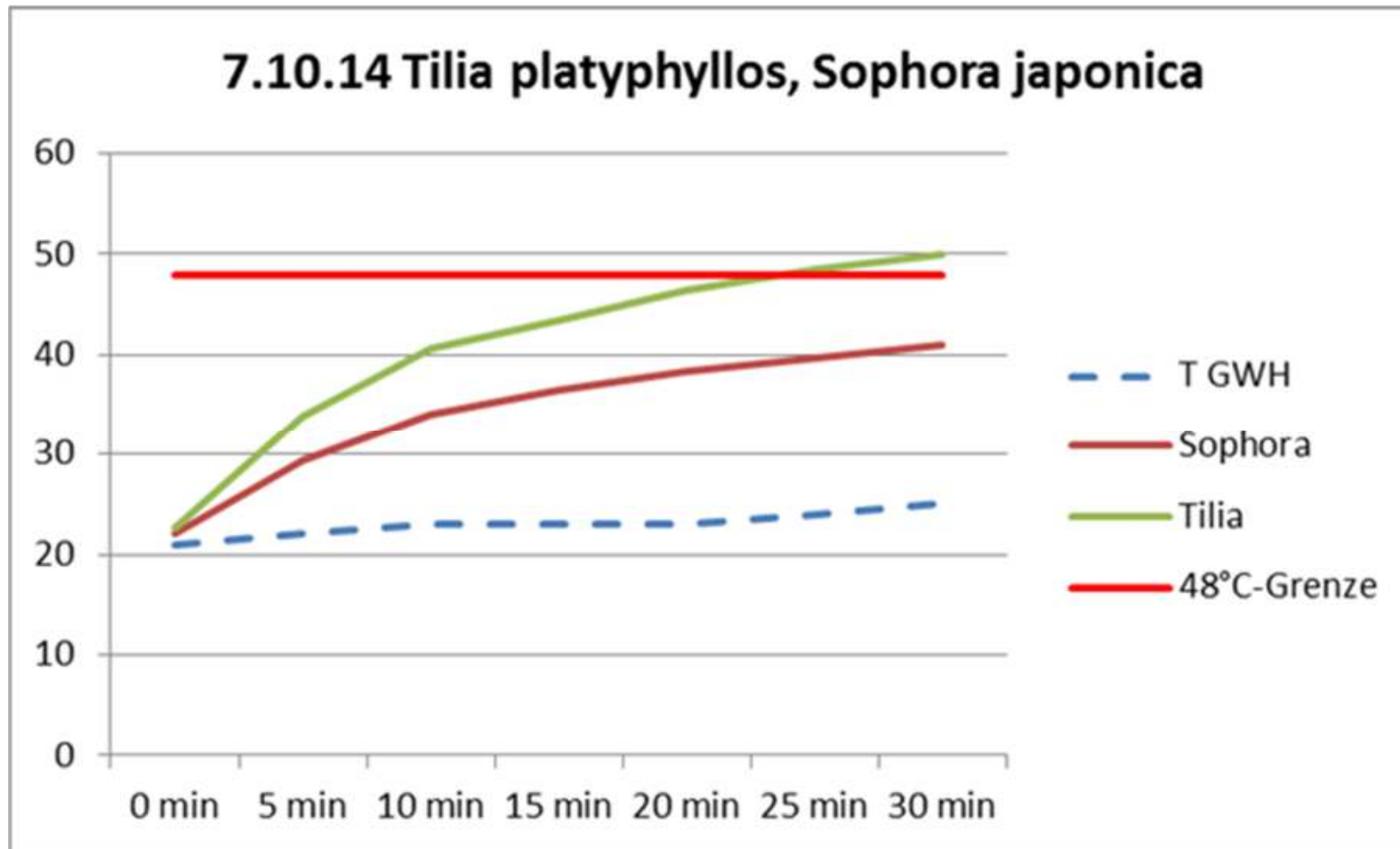


### Gezielte Hitzeeinwirkung über definierte Zeiträume

bei *Tilia platyphyllos*:

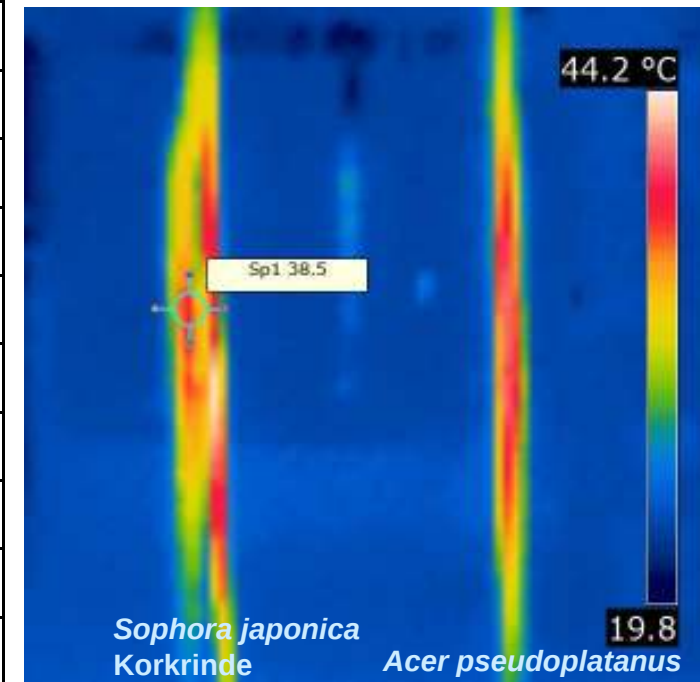
- bis 45°C keine Schäden an Kambium/Phloem
- ab 48°C letale Temperatur
- ab 50°C Xylemverbräunungen

## Klimabaum: Funktionelle Eigenschaften der Bäume



## Kambiumtemperatur nach Wärmebestrahlung

| Zerstreuporer                        | Ringporer                          |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Acer pseudoplatanus</i>           | <i>Quercus robur</i>               |
| 49,1                                 | 48,7 (+0,4°C)                      |
| 48,0                                 | 44,9 (-3,1°C)                      |
| 45,5                                 | 43,2 (-2,3°C)                      |
| 50,7                                 | 47,9 (-2,8°C)                      |
| 48,9                                 | 49,5 (+0,6°C)                      |
| <i>Tilia platyphyllos</i>            | <i>Sophora japonica</i> Rinde grün |
| 46,4                                 | 45,6 (-0,8°C)                      |
| 48,3                                 | 48,0 (-0,3°C)                      |
| <i>Tilia platyphyllos</i>            | <i>Sophora japonica</i> Korkrinde  |
| 49,0                                 | 43,0 (-6,0°C)                      |
| 47,5                                 | 42,2 (-5,3°C)                      |
| 47,4                                 | 44,8 (-2,6°C)                      |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> 'Bruchem' | <i>Sophora japonica</i> Korkrinde  |
| 46,7                                 | 42,8 (-3,9°C)                      |
| 50,5                                 | 47,8 (-2,7°C)                      |



## Kambiumtemperatur nach Wärmebestrahlung

| Heimische Art                     | Südost-europäische Art           |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Tilia platyphyllos</i>         | <i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant' |
| 49,3                              | 49,7 (+0,4°C)                    |
| 49,4                              | 48,5 (-0,9°C)                    |
| <i>Tilia platyphyllos</i> 'Rubra' | <i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant' |
| 46,5                              | 43,0 (-3,5°C)                    |
| 51,2                              | 49,8(-1,4°C)                     |
| 50,8                              | 46,6 (-4,2°C)                    |

Anfang Juli 2015  
Faktorenkombination für Sommer-Sonnen-Nekrose erreicht  
→ Hitzeschäden am Stamm



## Die Sommer-Sonnen-Nekrose

### Schadbild nach Überhitzung :

- (a) Bildung von „Krötenhaut“  
(Stressreaktion ohne Nekrotisierung)
- (b) Verfärbung und Abplatten von  
geschädigten Rindenpartien



## Sommer-Sonnen-Nekrosen 2015 Versuchsbetrieb

| Baumart/-sorte                       | gewässert |   |   | trocken gehalten |   |   |
|--------------------------------------|-----------|---|---|------------------|---|---|
| <i>Acer pseudoplatanus</i> 'Bruchem' | 1         | 2 | 3 | 4                | 5 | 6 |
| <i>Quercus robur</i>                 | 1         | 2 | 3 | 4                | 5 | 6 |
| <i>Sophora japonica</i>              | 1         | 2 | 3 | 4                | 5 | 6 |
| <i>Tilia platyphyllos</i> 'Rubra'    | 1         | 2 | 3 | 4                | 5 | 6 |
| <i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'     | 1         | 2 | 3 | 4                | 5 | 6 |

## Alleebäume / Frostresistenz: minus 20°C

| Kein Frostschaden                   | mittel                            | stark bis abgestorben             |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| →                                   | <i>Acer buergerianum</i>          |                                   |
| →                                   |                                   | → <i>A. monspessulanum</i>        |
| <i>A. rubrum</i>                    |                                   |                                   |
|                                     |                                   | → <i>Broussonetia papyrifera</i>  |
|                                     |                                   | → <i>Celtis australis</i>         |
| →                                   | →                                 | <i>Castanea sativa</i>            |
| <i>Corylus colurna</i>              |                                   |                                   |
|                                     |                                   | → <i>Fraxinus ornus</i>           |
| →                                   | <i>Liquidambar styraciflua</i>    |                                   |
| <i>Liriodendron tulipifera</i>      |                                   |                                   |
| <i>Magnolia kobus</i>               |                                   |                                   |
|                                     |                                   | → <i>Morus alba</i> (Münsterland) |
|                                     |                                   | → <i>Morus alba</i> (Rhein Sieg)  |
| <i>Ostrya carpinifolia</i>          |                                   |                                   |
| →                                   | <i>Platanus x hispanica</i>       |                                   |
|                                     | →                                 | <i>Quercus cerris</i>             |
|                                     |                                   | → <i>Quercus frainetto</i>        |
| <i>Tilia flavescens</i> 'Glenleven' |                                   |                                   |
| <i>T. tomentosa</i> 'Brabant'       |                                   |                                   |
| →                                   | <i>Zelkova serr.</i> 'Green Vase' |                                   |

Temperaturabsenkung  
2°C/Stunde  
Verweildauer 4 Stunden

- minus 10°C
- minus 15°C
- minus 20°C



# Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

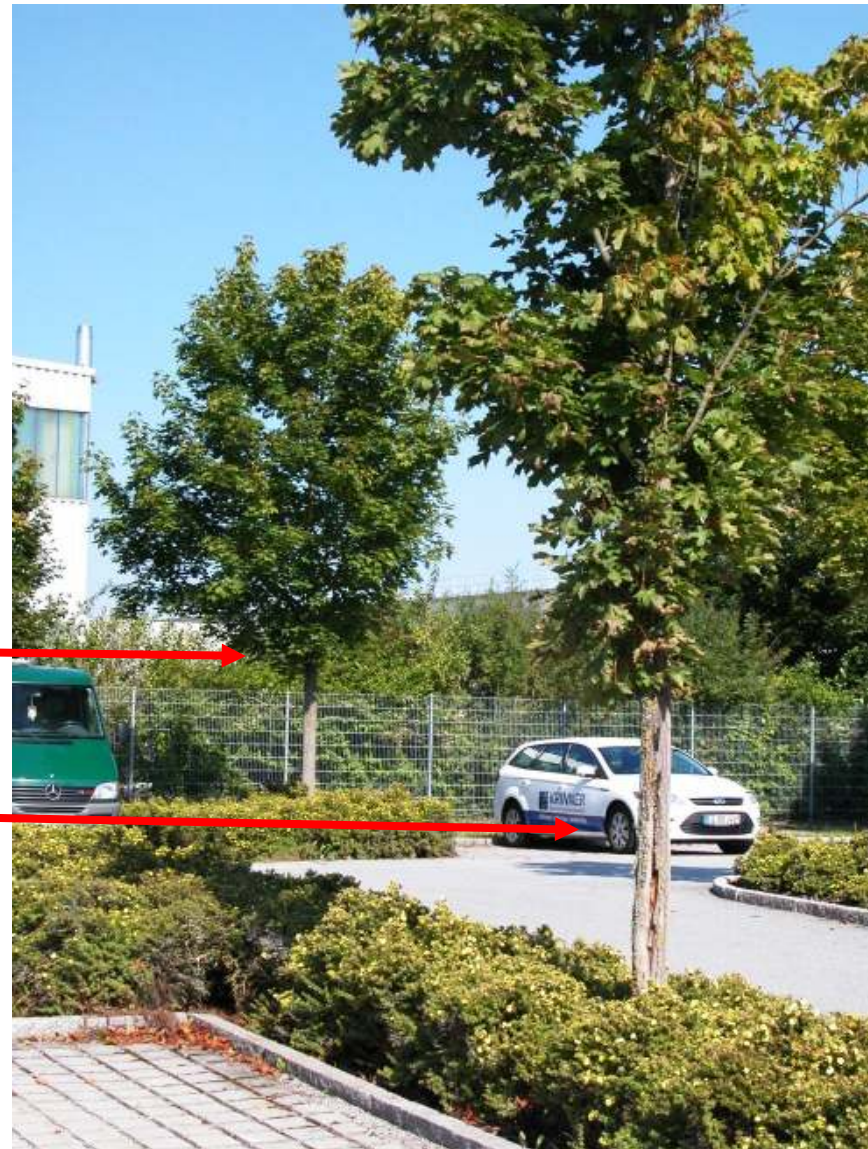
## Baumgrube/Wasserversorgung

### große Krone -

Stamm ohne Schaden  
in großer Baumgrube

### kleine Krone –

Stamm mit Schaden  
auf eingengter Baumgrube



## Problembaum Linde

### funktionelle Eigenschaften:

- Zerstreutporer, d.h. langsamer Wassertransport
- dickfleischige Rinde ohne Strukturen (bis 20 Jahre)
- geschlossene Krone  
→ geringe Verdunstung

### Schutzmechanismus:

- schleppenbildende Äste gegen Stammschäden
- Stammausschläge

→ nicht vorhanden an Alleebäumen!



## Überlebenskünstler Götterbaum

### funktionelle Eigenschaften:

- Ringporer, d.h. schneller Wassertransport
- Rinde dünn, assimilierend, ventilierend (Lentizellen)
- gefiederte Blätter → hohe Verdunstung

### Schutzmechanismus:

- siehe Eigenschaften → Pioniergeholz
- hitzeresistent durch ätherische Öle
- Krone winddurchlässig, Fiederlaub



## „Klimamatrix“: Bäume aus dem Standardsortiment

*Acer buergerianum*

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Acer rubrum*

*Acer saccharinum*

*Acer x freemannii* 'Elegant'

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Celtis australis*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Fraxinus exelsior* 'Westhof's Glorie'

*Gleditsia triacanthos*

*Juglans nigra*

*Juglans regia*

*Liquidambar styraciflua*

*Morus alba*

*Morus nigra*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Prunus avium* 'Plena'

*Quercus cerris*

*Quercus frainetto*

*Quercus palustris*

*Quercus petraea*

*Quercus robur*

*Robinia pseudoacacia*

*Sophora japonica*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

*Tilia tomentosa* 'Brabant'

*Zelkova serrata*

## „Klimamatrix“: ohne Ringporer (und Halbringporer)

*Acer buergerianum*

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Acer rubrum*

*Acer saccharinum*

*Acer x freemannii* 'Elegant'

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Celtis australis*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Fraxinus exelsior* 'Westhof's Glorie'

*Gleditsia triacanthos*

*Juglans nigra*

*Juglans regia*

*Liquidambar styraciflua*

*Morus alba*

*Morus nigra*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Prunus avium* 'Plena'

*Quercus cerris*

*Quercus frainetto*

*Quercus palustris*

*Quercus petraea*

*Quercus robur*

*Robinia pseudoacacia*

*Sophora japonica*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

*Tilia tomentosa* 'Brabant'

*Zelkova serrata*

## „Klimamatrix“: ohne Ringporer (und Halbringporer)

*Acer buergerianum*

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Acer rubrum*

*Acer saccharinum*

*Acer x freemannii* 'Elegant'

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Liquidambar styraciflua*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

*Tilia tomentosa* 'Brabant'

## „Klimamatrix“: ohne Bäume mit hoher Transpiration

*Acer buergerianum*

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Acer rubrum*

*Acer saccharinum*

*Acer x freemannii* 'Elegant'

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Liquidambar styraciflua*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

*Tilia tomentosa* 'Brabant'

## „Klimamatrix“: ohne Bäume mit hoher Transpiration

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Liquidambar styraciflua*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

## „Klimamatrix“: ohne Bäume mit Hitze abweisenden Rinden

*Acer campestre*

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Betula pendula*

*Carpinus betulus*

*Corylus colurna*

*Fagus sylvatica*

*Liquidambar styraciflua*

*Ostrya carpinifolia*

*Platanus x acerifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

## „Klimamatrix“: ohne Bäume mit Hitze abweisenden Rinden

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Carpinus betulus*

*Fagus sylvatica*

*Ostrya carpinifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

## „Klimamatrix“: Problembäume

*Acer platanoides* 'Columnare Typ 1'

*Acer platanoides* 'Emerald Queen'

*Acer pseudoplatanus*

*Aesculus hipp.* 'Baumanii'

*Alnus x spaethii*

*Carpinus betulus*

*Fagus sylvatica*

*Ostrya carpinifolia*

*Tilia cordata* 'Greenspire'

*Tilia platyphyllos*

## Hitzetoleranz

### Keinen Stammschutz benötigen:

- Alle ringporigen Bäume, z.B. Quercus, Robinia, Gleditia
- Bäume mit besonderen Rindenstrukturen, z.B. Platane, Corylus, Betula
- völlig freistehende oder im Schatten stehende Bäume
- d.h. nur Ahorn- und Lindenarten auf gefährdeten Standorten (siehe Wolbecker Schema)
- **viele Bäume müssten nicht geschützt werden!!**

## Bewertung von Baumarten

- ***Acer buergerianum***: keine gesicherten Aussagen über Hitze- und Trockenheitstoleranz, vermutlich wasserbedürftig, sieht oft wegen hängender Blätter etwas „traurig“ aus
- ***Acer campestre***: hitze- und trockenheitstoleranter, als Spitz- und Bergahorn
- ***Acer freemannii*** in Sorten: in Testung, recht wüchsig, benötigt viel Wasser
- ***Acer monspessulanum***: Kleinbaum → kein Strassenbaum!!
- ***Acer platanoides***: hitze- und trockenheitsempfindlich, benötigt große, gute Baumgrube, sonst Absterbeerscheinungen !!!
- ***Acer pseudoplatanus***: siehe Spitzahorn, benötigt sehr viel Wasser, „Säufer“!!!
- ***Acer rubrum*** in Sorten: in Testung, Chlorosen bei höheren pH-Werten, sollten auf eigener Wurzel stehen

## Bewertung von Baumarten

- ***Alnus spaethii***: vitaler Baum, unproblematisch, hierarchische Krone
- ***Celtis australis***: häufig in mediterranen Regionen, hitzetolerant, hat Potential
- ***Corylus colurna***: bleibt nach Pflanzung oft einige Jahre „stehen“, wenig Nachpflege
- ***Fraxinus excelsior*** in Sorten: Gefahr von Chalara!!! Resistente F. americana und F.pennsylvanica-Sorten in Testung
- ***Gleditsia* in Sorten**: Wuchsstärke/Aufastungshöhe beachten, lichte Krone
- ***Morus alba***: mehr Potential, als bisher gedacht
- ***Platanus ac.***: hitzeresistent, bedingt trockenheitsresistent, Massaria-Problem übertrieben!?
- ***Prunus padus***: vermutlich Hitze- und Trockenheitsresistent

## Bewertung von Baumarten

- ***Quercus cerris***: hitzeresistent, bedingt trockenheitsresistent, lockere Krone, festes Laub, wenig Mehltau
- ***Quercus frainetto***: viel Potential, schönes, gesundes Laub, nicht ausreichend verfügbar, Saatgut??, bisher Veredelung
- ***Ostrya carpinifolia***: hitzeresistent, bedingt trockenheitsresistent, interessante Blüte
- ***Quercus petraea***: trockenheitstoleranter, geradschäftiger als Q.robur, sollte mehr Beachtung finden, zu wenig verfügbar, da meist nur Stieleiche ausgeschrieben und daher verfügbar, Baum des Jahres 2014
- ***Sophora japonica***: oft Totholz, schlechter Kronenaufbau, daher ungeeignet als Strassenbaum, vermutlich als Ringporer und mit Lentizellenrinde hitzetolerant

## Ziel: detaillierte Beurteilungsmatrix Baumart

### Morphologie

- Leitungsbahnen
- Rinde
- Blatt
- Kronen
- Wurzelsystem

### Physiologie

- Hydrologie
- Thermoregulation
- Biochemie

### Standortspezifische Verwendung von Baumarten:

- geeignet
- bedingt geeignet
- ungeeignet

A photograph of a baobab tree in a dry, hilly landscape. The tree has a thick, brown trunk and many bare, branching limbs. The background shows rolling hills and mountains under a clear blue sky. The foreground is covered in dry grass and some green shrubs.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

02.08.2014 10:08