

**Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. RNDr. Renata Ryplová, PhD**

<sup>1</sup> ENKI, o.p.s. Třeboň, <sup>2</sup>Pedagogická  
fakulta Jihočeská univerzita České Budějovice / Pädagogische Fakultät  
der Südböhmischen Universität Budweis

[pokorny@enki.cz](mailto:pokorny@enki.cz), [ryplova@pf.jcu.cz](mailto:ryplova@pf.jcu.cz)

## **Klimarelevante Bildungsprogramme für Schulen, Staatsverwaltung und Selbstverwaltung in der Vorbereitung und in der Umsetzung**

**Závěrečná konference projektu Klimatická zeleň  
Abschlusskonferenz des Projekts ATCZ142 Klimagrün  
29. - 30. září / 29. – 30. September 2020**

**T A  
Č R**

Program **Éta**



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice



# Durch den Schulunterricht zum Verständnis der Ursachen des Klimawandels und der Weg zur Neuorientierung

Wachsender Wassermangel

Klimawandel, trockene Perioden, starke Regenereignisse, steigende Temperaturen/Extreme

Unterschätze Auswirkungen von Pflanzen auf das lokale Klima und den Wasserkreislauf

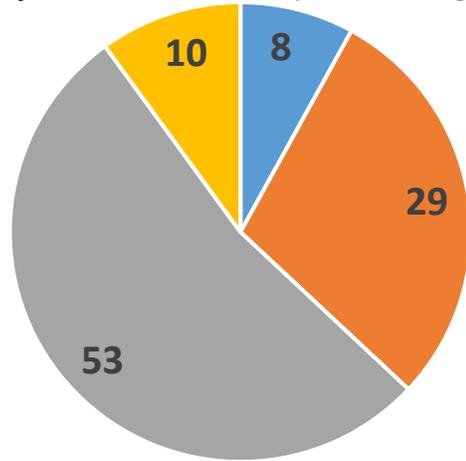
Unzureichende Basiskenntnisse über physiologische Pflanzenfunktionen und deren Effekte auf die Umwelt und daraus folgende fehlerhafte Eingriffe bei der Bewirtschaftung der Böden, die den Wassermangel vertiefen

Es fehlen Basiskenntnisse über die Verteilung der Sonnenenergie in der Landschaft. Es wird der Prozess der Transpiration nicht unterrichtet. Wieviel Sonnenenergie bindet sich mittels Photosynthese in die Pflanzenbiomasse?



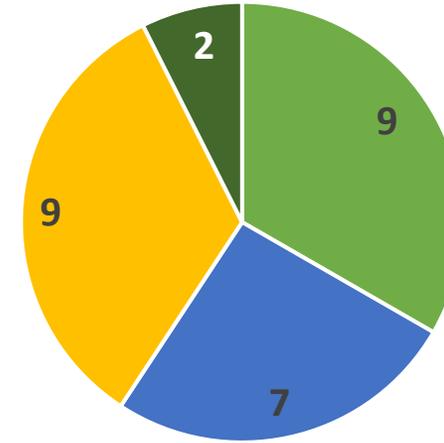
# Umfrage zu Kenntnissen der Rolle der Vegetation in der Verteilung der Sonnenenergie und im Wasserkreislauf in der Landschaft:

Analyse der Antworten auf die Frage *Welche Menge der auf die Erdoberfläche fallenden Sonnenenergie wird von den Pflanzen für die Photosynthese genutzt?* (Auswahl an Möglichkeiten)



■ weniger als 5% ■ 5 -10% ■ 10 - 50% ■ mehr als 50%

**A )** Umfrage zu Kenntnissen unter 100 Studenten, die ihr Studium zum Lehrer der Naturgeschichte am Anfang des ersten Jahrganges der Hochschule starten (gleich nach dem Absolvieren der Mittelschule)

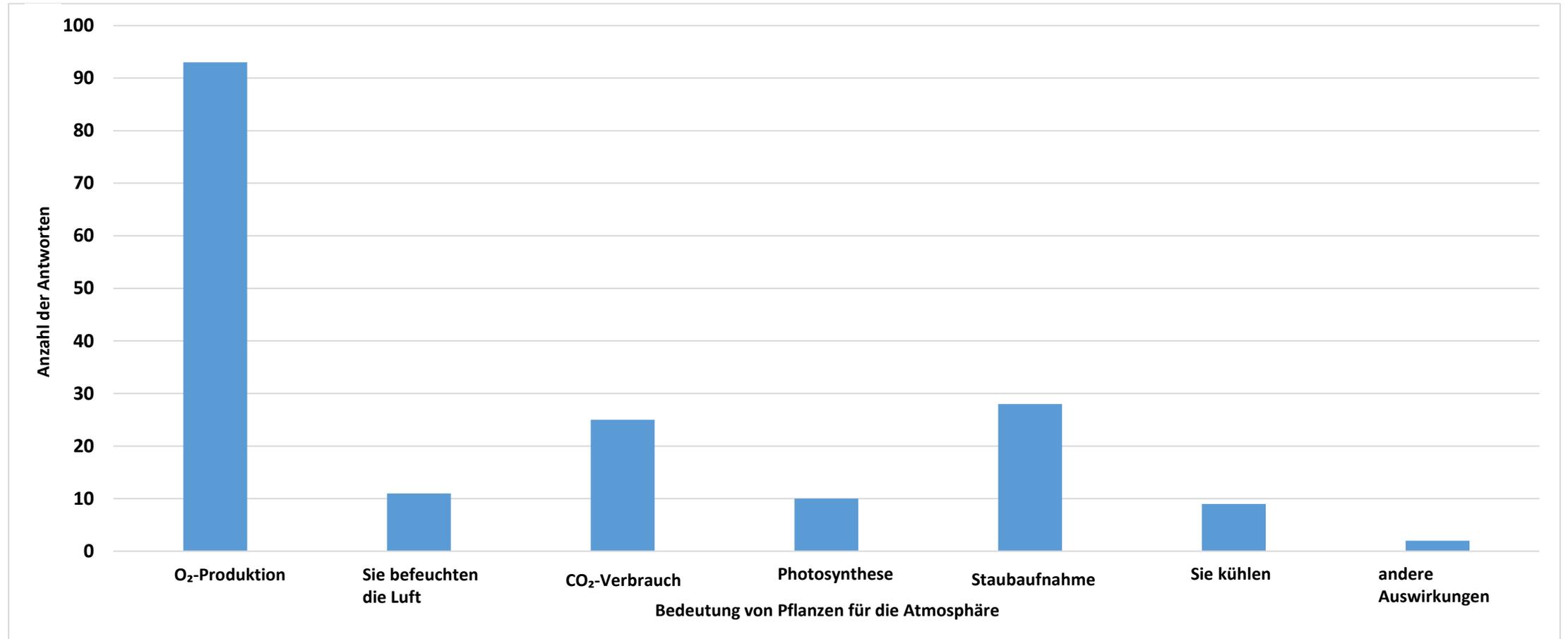


■ weniger als 5% ■ 5-10 % ■ 10-50 % ■ mehr als 50%

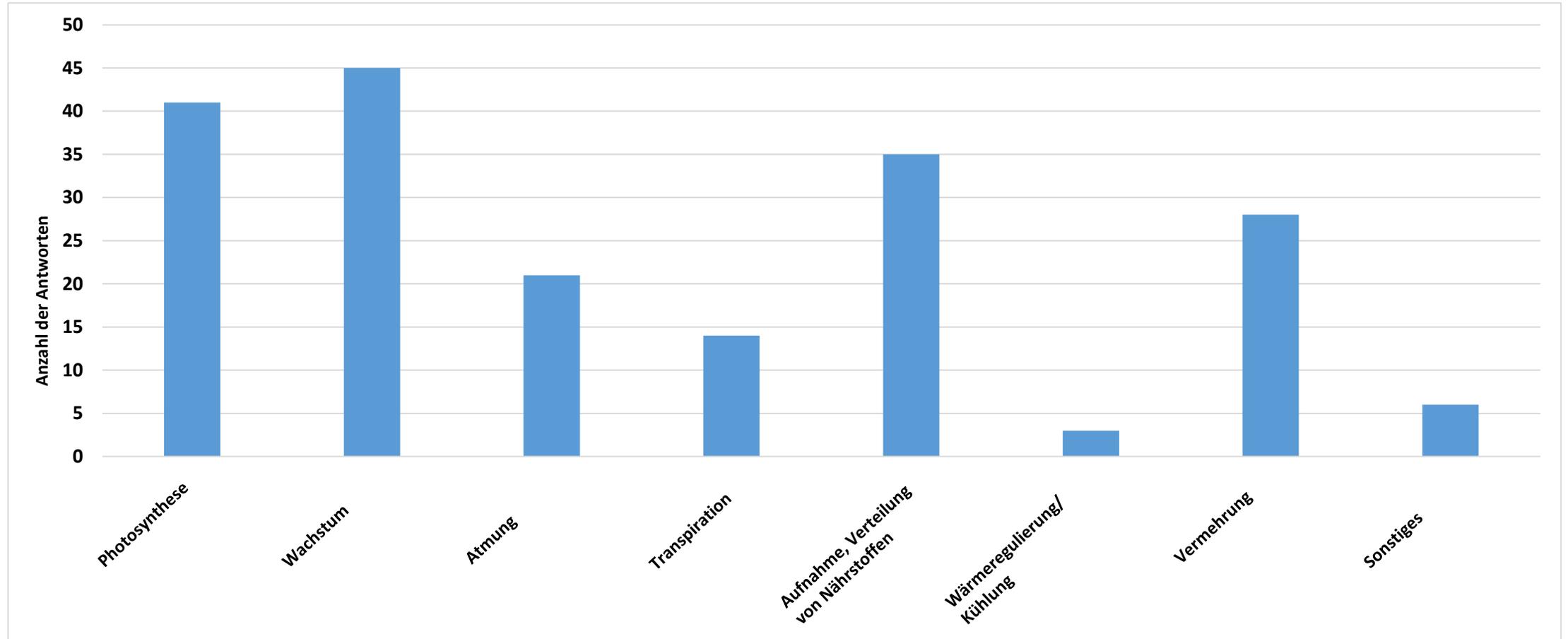
**B)** Umfrage zu Kenntnissen unter 27 Lehrern der Naturgeschichte der Hauptschulen mit verschiedener Länge der Praxis (2 Jahre – 27 Jahre Praxis)

Eine ähnliche Frage wurde den Schülern des 9. Studienjahres der Hauptschule (631 Befragten) gestellt. 61% vermutet, dass für die Photosynthese mehr als 5% der anfallenden Sonnenenergie verbraucht wird.

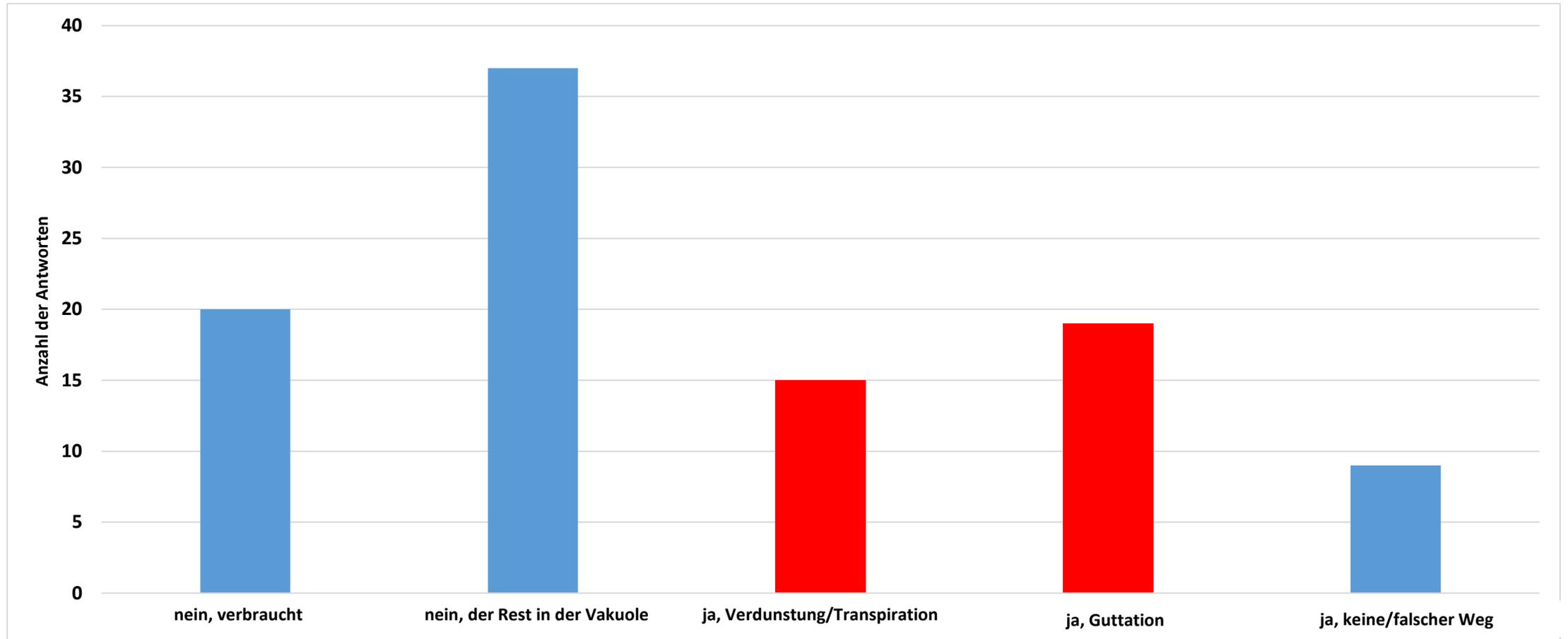
# Wie Pflanzen die Erdatmosphäre durch ihre Lebensmanifestation beeinflussen?



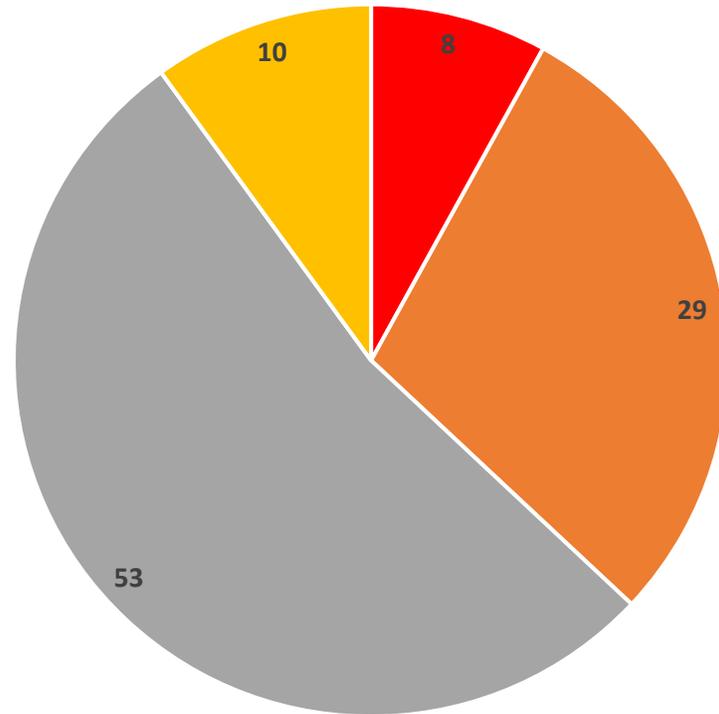
# Wozu braucht die Pflanze Wasser? Führen sie soviel Antworten wie möglich an



*Wird das gesamte Wasser in der Pflanze verbraucht oder gibt es eine Möglichkeit, wie das Wasser aus der Pflanze austritt? Auswahl an Möglichkeiten*



*Welche Menge der auf die Erdoberfläche fallenden  
Sonneneenergie wird von den Pflanzen für die  
Photosynthese genutzt? (Auswahl an Möglichkeiten)*



■ weniger als 5%   ■ 5 -10%   ■ 10 - 50%   ■ mehr als 50%

# Zusammenfassung

- Beginnende Studenten des Bereiches Naturgeschichte mit der Fachrichtung Bildung und naturwissenschaftliche und ökologische Erziehung haben fast keine Kenntnisse über die Rolle der Vegetation in der Verteilung der solaren Energie und über den Wasserkreislauf in der Landschaft
- Bedeutung der Pflanzen für die Atmosphäre sehen sie fast ausschliesslich in der photosynthetischen Sauerstoffproduktion
- Grundprinzipien der Verteilung der Sonnenenergie in der Landschaft sind ihnen nicht bewusst. Sie überschätzen die Menge der von den Pflanzen für die Photosynthese genutzten Sonnenenergie, sie kennen das Prinzip des Verbrauchs der Sonnenenergie für die Evapotranspiration nicht
- Kritische Punkte sind **a)** unzureichende Kenntnis der Transpiration, und zwar sowohl aus der Sicht der Pflanzenphysiologie als auch aus der Sicht deren Bedeutung für die Bildung des lokalen Klimas und **b)** Verständnis des legitimen Kontextes zwischen den physikalischen Vorgängen (Verbrauch der Energie für Verdunstung – Freisetzung bei der Kondensierung) und der Aufgabe der Pflanzen im kleinen Wasserkreislauf

# Publikationen über die Kenntnisse der Schüler und Studenten

- Ryplová, R. & Pokorný, J. (2019). **Vernachlässigte Aufgabe der Vegetation in der Verteilung der Sonnenenergie** und der Klimabildung – Sonde der Kenntnisse der startenden Studenten zum Lehrer der Natugeschichte. *Envigogika*, 14(1). <https://doi.org/10.14712/18023061.586>
- Ryplova R. & Pokorny J. 2018: Using project-based education to develop **pre-service biology teachers' knowledge of the cooling effect of vegetation**. In: M. Rusek, K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI*, 105 – 113. available on line at: [https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2019/07/sbornikPBE2018\\_wos.pdf](https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2019/07/sbornikPBE2018_wos.pdf)
- Ryplova R., Pokorny J., Janebova K. (2019). Understanding „**Air conditioning function of vegetation**“ – a didactic reconstruction of the role of vegetation in solar energy distribution and water cycle in the landscape. In: *Book of Abstracts from International Conference: Gemeinsame Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“ 9.-12. 9. 2019, Universität Wien, Wien, Austria, p.71 – 72*
- Ryplová, R., Pokorný, J. **Saving Water for the Future Via Increasing Plant Literacy of Pupils**, *European Journal of Sustainable Development* (2020), **9**, 3, 313-323 ISSN: 2239-5938 *Doi: 10.14207/ejsd.2020.v9n3p313*

T A  
Č R

Program **Éta**

Projekt TL01000294:

**Sonnenenergie, Wasser in der Landschaft, Vegetation: neue Methodik der Bildung der Mitarbeiter der Stadtämter und Innovation des Schulunterrichts zum Thema Effekt der wirtschaftlichen Interventionen zum regionalen Klima**

***Methodische Blätter für Mitarbeiter der Stadtämter - Pilotversion***

*(Programm für die Förderung der applizierten gemeinschaftlich-wissenschaftlichen und humanitären Forschung, experimentaler Entwicklung und Innovationen TAČR ETA )*

Ausarbeitung: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích (RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.) / Südböhmische Universität ENKI, o.p.s. (doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.)  
Město Dačice (ing. Jiří Müller) / Stadt Dačice

<https://www.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2020/01/metodické-listy-pro-pracovníky-MěÚ-pro-web.pdf>

Kniha slunce – voda – rostliny – klima

Aktivní úloha rostlin v utváření klimatu (2021) /

Buch Sonne – Wasser – Pflanzen – Klima

Aktive Aufgabe der Pflanzen in der Klimabildung (2021)

- Kollektiv der Autoren von ENKI und der Pädagogischen Fakultät der Südböhmischen Universität, Output des Projekts ETA TAČR, der durch die publizierten Ergebnisse voriger Projekte unterstützt wird
- Das Buch ist für die Lehrer der Haupt- und Mittelschulen und Mitarbeiter der Staatsverwaltung und Selbstverwaltung konzipiert. Das Buch fasst die nachprüfbaren Tatsachen in Zusammenhänge zusammen.

# Es ist heiß ! *Klimawandel – und wie man damit umgehen soll !*

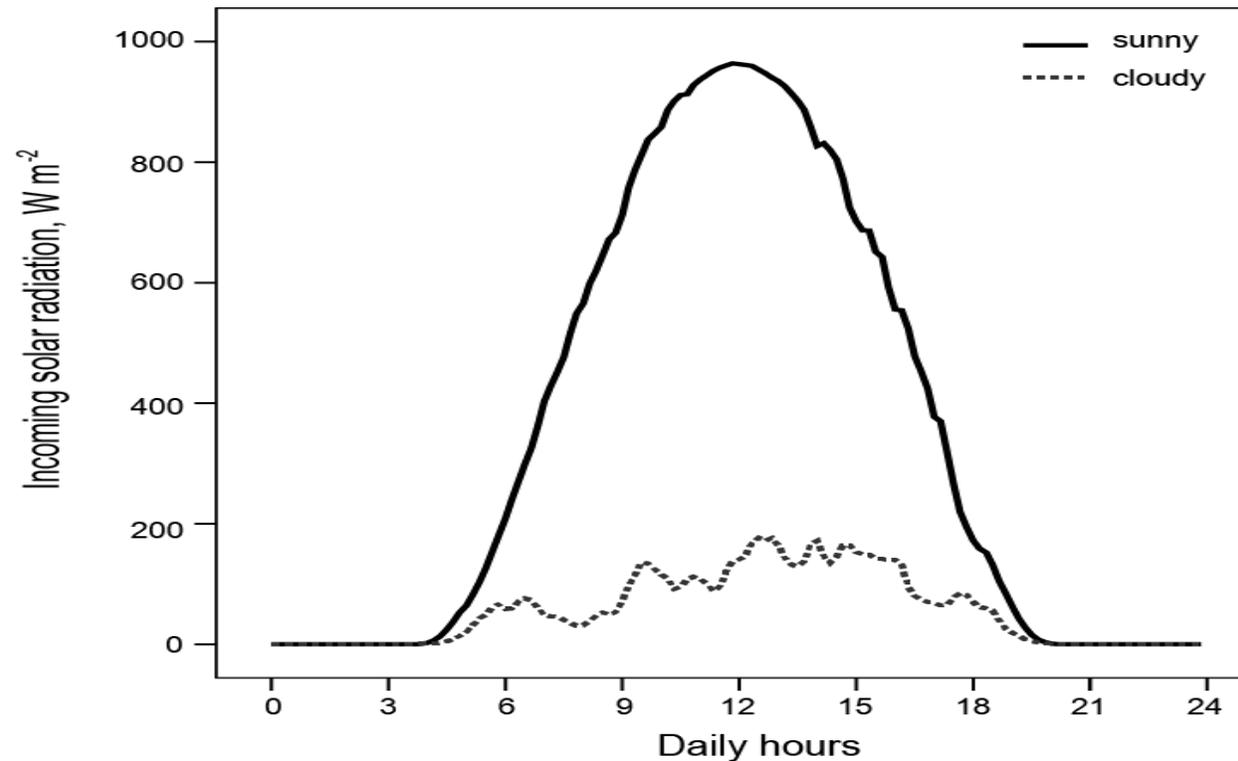
## Bildungsmaterial für Hauptschulen

- **Klimaänderung für Schulen – 40 Seiten in PDF --- Pilotmaterial für Volks- und Hauptschulen im Rahmen von MAP II – Einleitungsmethodik und allgemeine Problematik 20 Seiten, Arbeitsblätter – 20 Seiten, Gegendarstellung zum Output – aus pädagogischer und fachlicher Sicht:**
- **Realisationsteam**
- Mgr. Et Mgr. Vít Hrdoušek - Organisation und Redaktion für Kreisverein der LAG´s des Südmährischen Kreises (KS MAS JMK), Vorlesung der Themen für die Lehrer
- Mgr. Jaroslav Brzák – AG Umwelt des Nationalnetzes der LAG´s (NS MAS) – Thema Wirtschaft, Beratung des ganzen Materials von Lehrern, Vorlesung der Themen für die Lehrer
- Ing. Mgr. Petr Pavelčík – Zentrum für Umweltfragen der Karlsuniversität in Prag (COŽP UK Praha) – Themen der Spuren und Dienstleistungen,
- Ing. Viktor Třebický – COŽP UK Praha - Koordination der Arbeitsblätter
- Doc. Ing. Jan Pokorný – Enki, Know-how-Transfer aus dem Südböhmischen Kreis – Schwerpunkt Klima

## Wiederholen wir die Erkenntnisse aus Physik für Hauptschulen

- Die Leistungseinheit ist ein Watt (W). Bei der Leistung von 1 Watt wird die Arbeit von 1 Joule pro Sekunde geleistet:  $1\text{W} = 1\text{J}/1\text{s}$ . Die Leistung erfordert Energie. Der Verbrauch der elektrischen Energie drücken wir in Watt je Zeiteinheit aus.
- Zum Beispiel ein Kocher hat die Antriebsleistung 1000W; verbraucht pro Stunde 1000Wh = 1kWh
- Die Sonnenenergie erhitzt den Körper mit der Fläche von  $1\text{m}^2$  z.B. durch die Leistung von 1000W. Die Intensität des Flusses der Sonnenenergie beträgt  $1000\text{W m}^{-2}$
- **Der Fluss der Sonnenenergie wird in  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  gemessen und ausgedrückt**
- **Bei vollem Sonnenschein kommen auf  $1\text{ m}^2$  bis 1000W** . Beim bedeckten Himmel sind es  $100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  und sogar weniger. Im Innenraum beträgt die Intensität des Sonnenscheins höchstens einige  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Sonnenenergie – auf die Erdoberfläche an einem sonnigen Tag (**bis  $1000\text{Wm}^{-2}$** ) auftreffend  
und bei bewölkten Himmel (max.  $200\text{Wm}^{-2}$ )



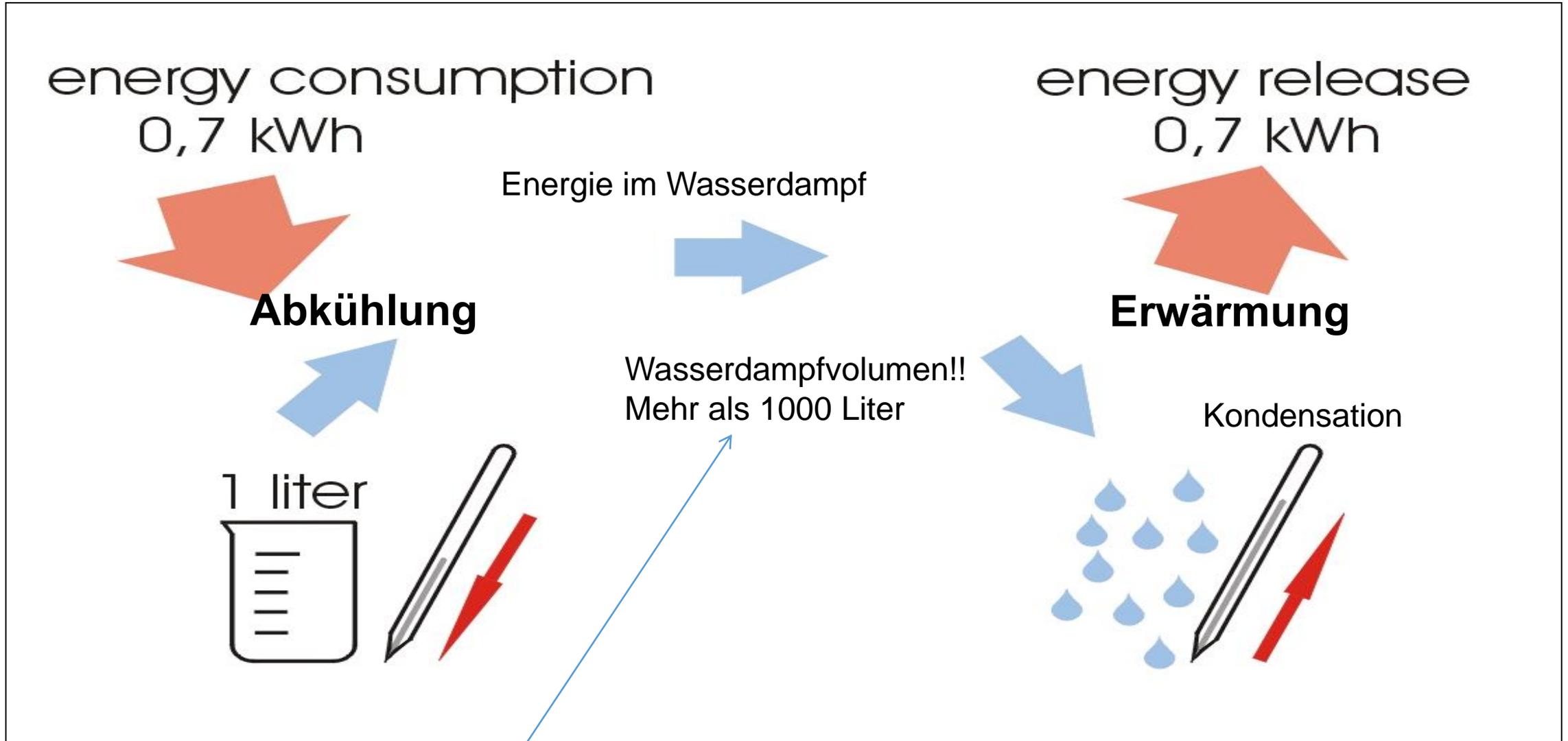
**Bewölkung reduziert die Energiemenge der Sonneneinstrahlung**

# Kondensationswärme des verdampfenden Wassers

- Für die Verdunstung von 1 Liter Wasser bei 20 °C werden 2439 kJ = 0,68 kWh verbraucht
- Bei der Kondensation des Wasserdampfes zurück auf das flüssige Wasser wird Kondensationswärme freigesetzt
- **Der Wasserdampf aus 1 Liter Wasser hat das Volumen von zirka 1200 Liter und er „versteckt“ 0,7kWh Energie** (= Kapazität einer Autobatterie)
- Wasserverdunstung und Kondensation des Wasserdampfers zurück in flüssiges Wasser stellen perfekte Prozesse dar, die die Temperaturunterschiede auf der Erde ausgleichen.

# Temperatenausgleich auf Erde

**LATENTE WÄRME** wird bei Wasserverdunstung verbraucht und bei Kondensation freigesetzt



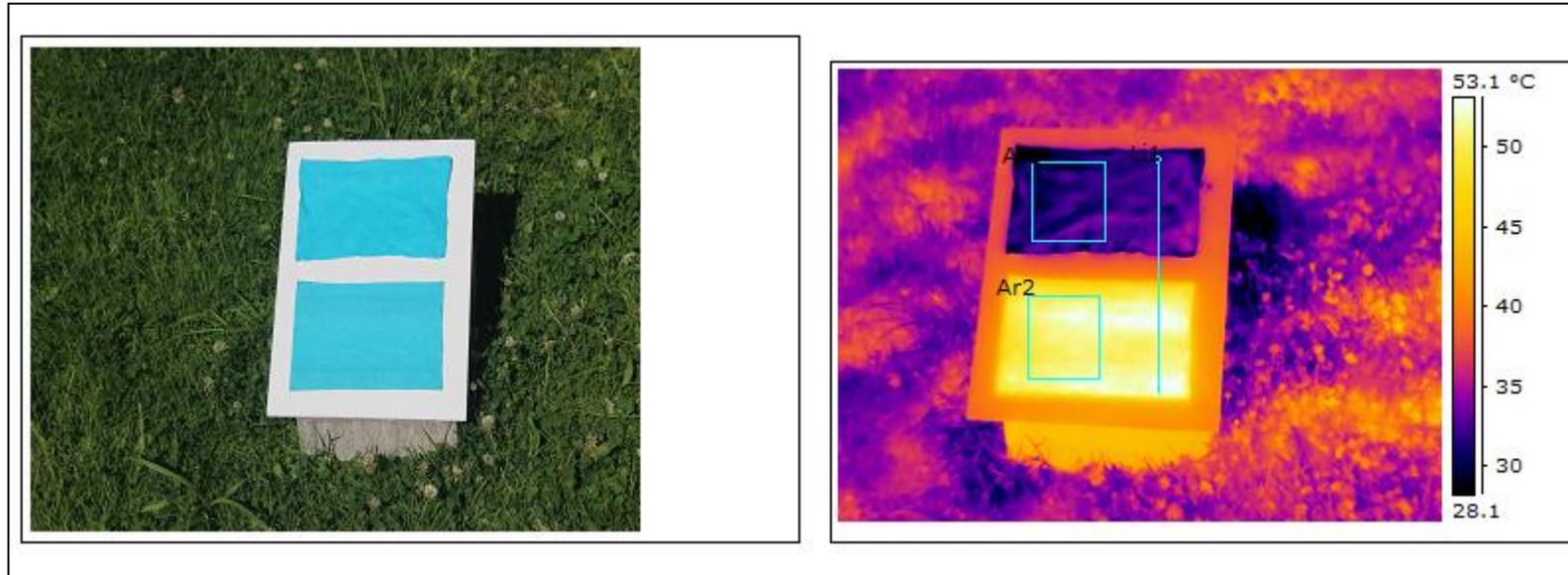
Leichte Änderungen des Luftdrucks

## Wasserdampf = Energiespeicher

- 1 Liter Wasser verdampft aus 1m<sup>2</sup> Rasen pro Tag, es wird in den Wasserdampf 700Wh (**0,7kWh**) Sonnenenergie gebunden.
- Autobatterie 12V, 70Ah hat Kapazität 840Wh, **0,84kWh**
- *Es verdunsten  
einige Liter  
aus 1 m<sup>2</sup>*

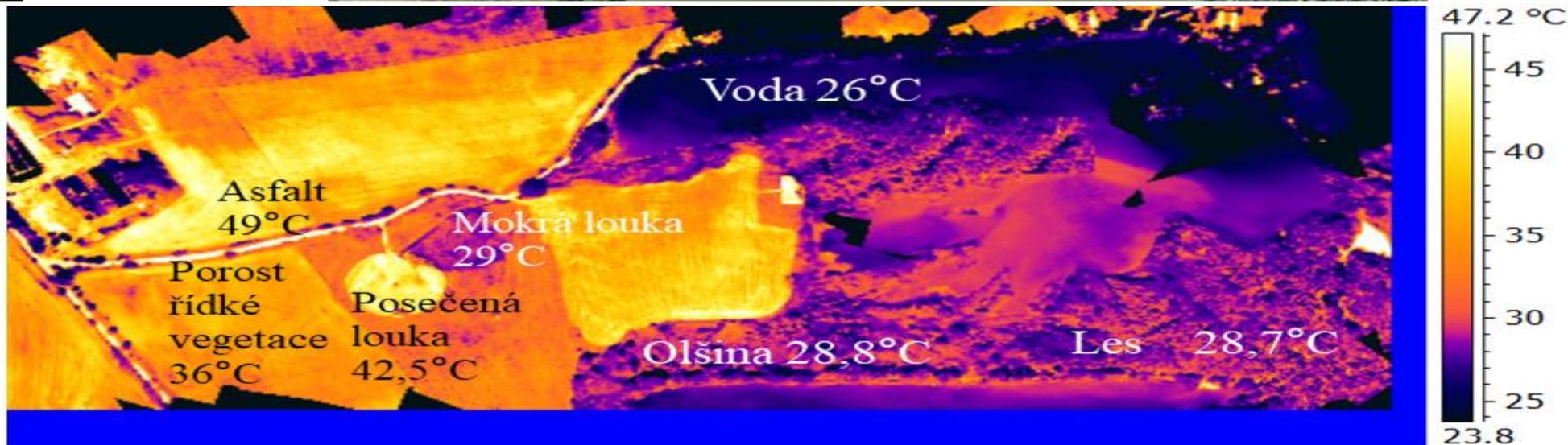
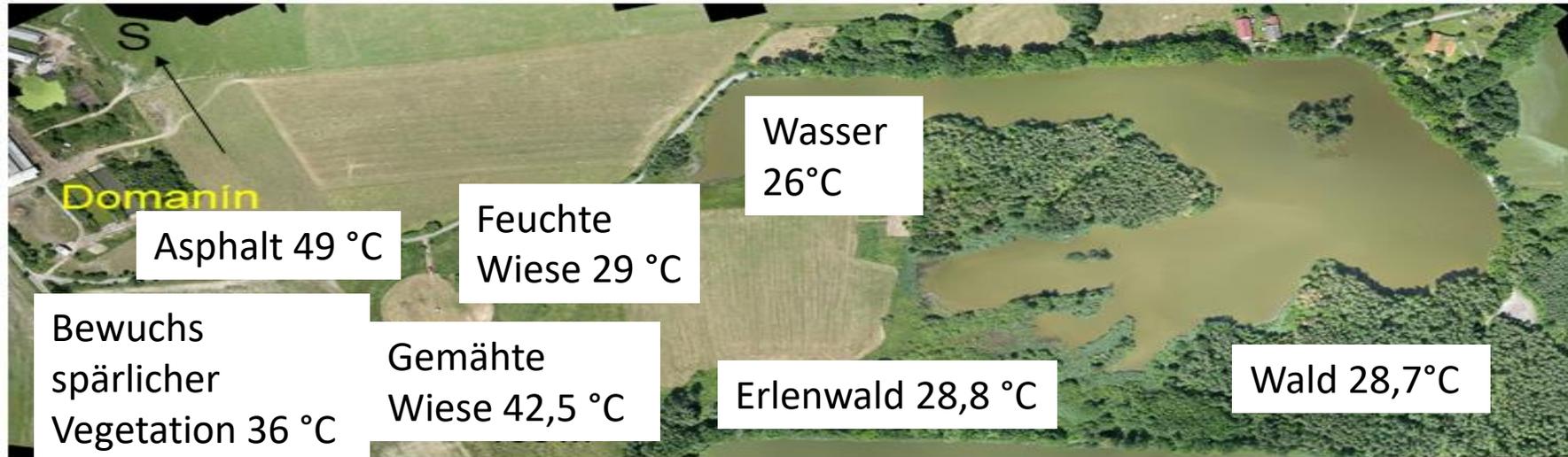


Welche Temperatur hat ein trockenes und welche ein feuchtes Handtuch?



Draußen beim hellen Tag in der Sonne, Schüler messen mit dem IR-Thermometer die Temperatur des trockenen und des feuchten Handtuchs. Sie überprüfen das Prinzip der Kühlung der Oberfläche durch die Wasserverdunstung. Somit wird das Blatt der Pflanze gekühlt, Wasser wird wohl über Luftlöcher verdunstet. Es gibt auch einige Hunderte Luftlöcher pro  $\text{mm}^2$  und diese wirken als Ventile, die den Wasserdampf und somit auch die Kohlendioxidaufnahme und den Sauerstoffausstoß regulieren.

Der Unterschied der Sommerflächentemperaturen der Kulturlandschaft beträgt mehr als 20 °C (aufgenommen durch eine fliegende Wärmebildkamera)

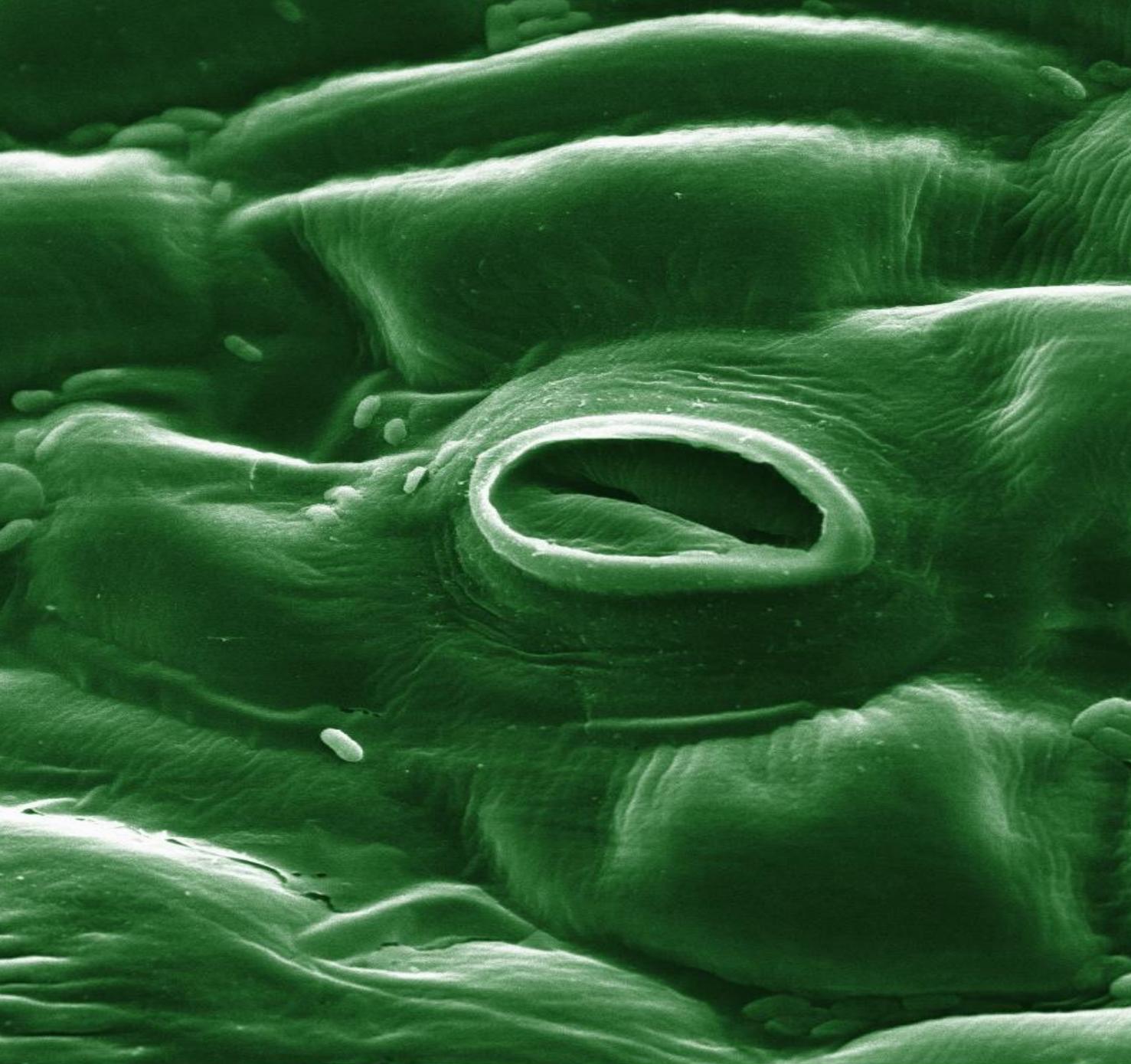


Auf dem besonnten Gehweg messen wir die Intensität des Sonnenscheins  $877 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  und die Oberflächentemperatur  $51 \text{ }^\circ\text{C}$ . Im Baumschatten gibt es die Oberflächentemperatur  $26,9 \text{ }^\circ\text{C}$  und die Intensität des Sonnenscheins  $82 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Unter dem Baum ist die Intensität des Sonnenscheins 10x niedriger und die Temperatur um  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  niedriger als auf dem besonnten Gehweg, wie werden wir es erklären? Der Baum kühlt



Dieser Baum kühlt durch die Leistung von 14kW und wandelt die Sonnenenergie in Wasserdampf um





**Jedes Luftloch wirkt als Ventil,  
reagiert auf die Lufttemperatur, -  
Feuchtigkeit  
und die Wassermenge in der Pflanze.**

**50 – 100 Luftlöcher pro mm<sup>2</sup>**

**Es wird auf jedes Molekül des  
aufgenommenen Kohlendioxids ein  
Molekül des Sauerstoffes  
ausgeschieden (zersetzt zwei  
Wassermoleküle) und es werden aus  
dem Blatt einige Hundert  
Wassermoleküle verdunstet.**

# ENERGIE IN DER BIOMASSE

Jahresproduktion der **Biomasse**

**0,5 %**

aus der Gesamtmenge der eingehender Energie pro Jahr  
1100kWh/m<sup>2</sup>/Jahr

Produktion: 1 kg Trockenmasse aus 1 m<sup>2</sup>

1 kg beinhaltet 5 kWh, wir nutzen 1–2kWh

D.h. 10–20MWh aus 1ha (wieviel verbraucht eine Familie)?

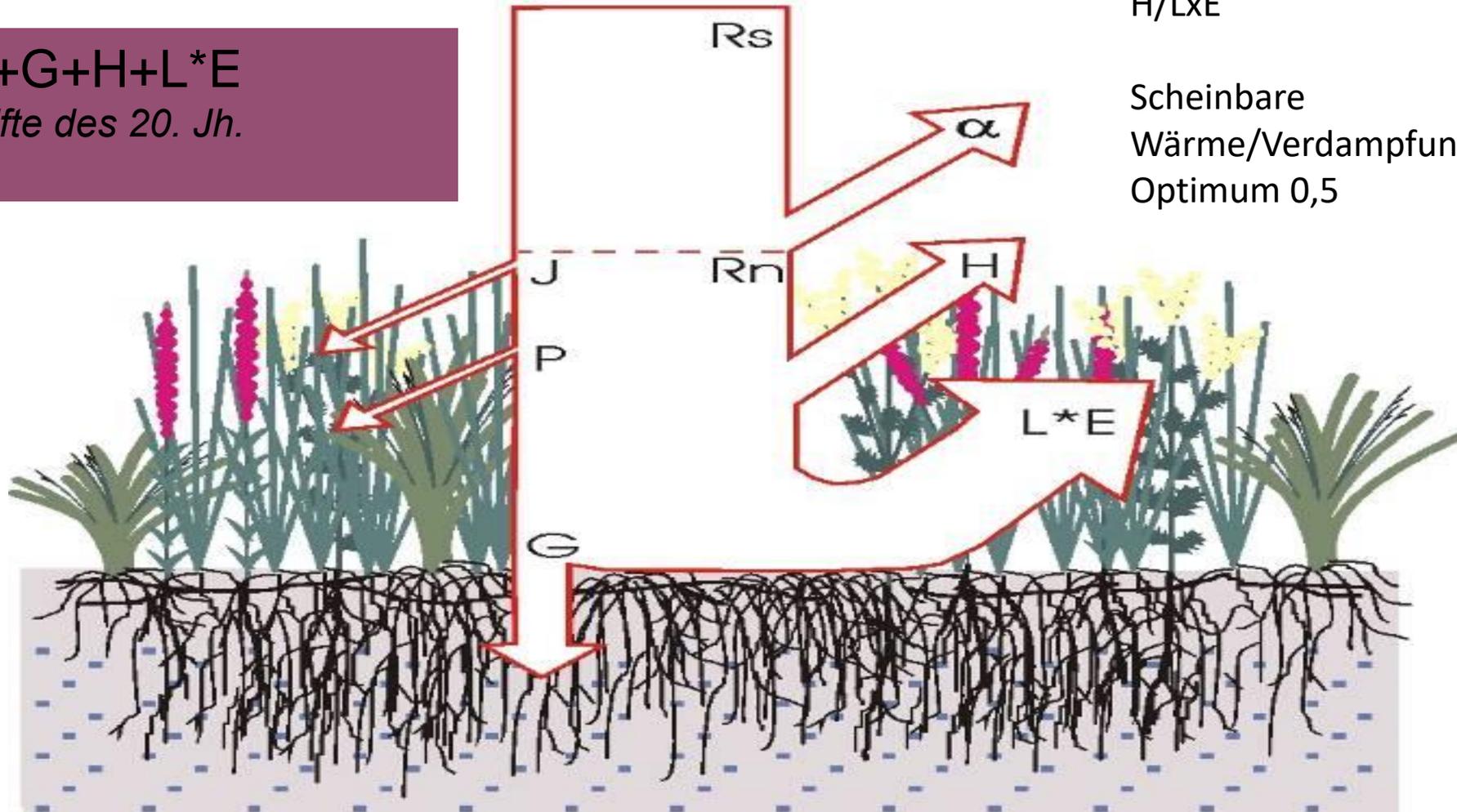
- Rs – Globale Strahlung
- Rn – Reine Strahlung
- $\alpha$  - Widerstrahl (Albedo)
- H – freigesetzte gefühlte Wärme
- L x E – Wärme des Aggregatzustandes x Evapotranspiration
- G – Fluss der Wärme in den Boden
- P – Photosynthese
- J – Akkumulierte Wärme in der Biomasse

$R_n = J + P + G + H + L * E$   
 seit der Hälfte des 20. Jh.  
 Grundkurs

Bowens Verhältnis (1926)

H/LxE

Scheinbare  
 Wärme/Verdampfungswärme  
 Optimum 0,5



*Abnehmender Luftstrom der „umgekehrten biotischen Pumpe“, der zum Ozean/Meer zielt*

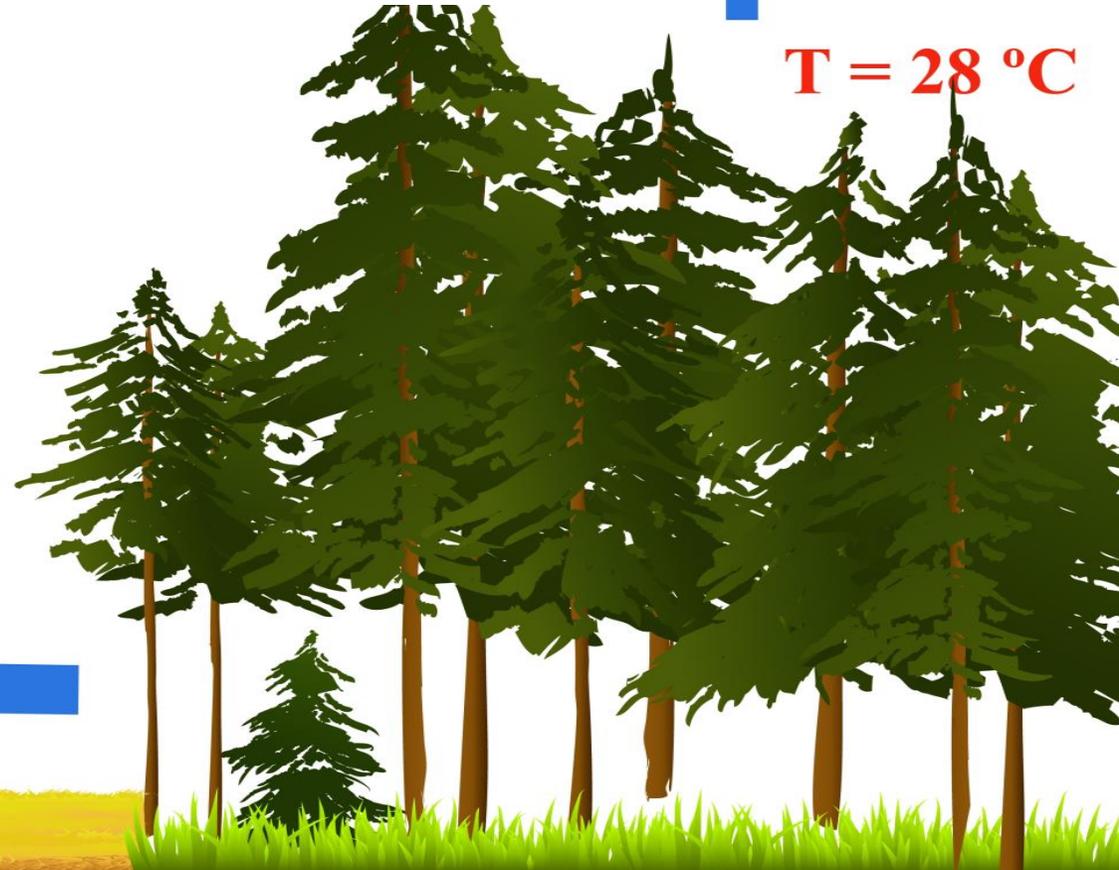
*Evapotranspiration produziert den Wasserdampf, der langsam nach oben steigt*

**T = 28 °C**

**schnell steigende Luft  
aus erwärmter  
Oberfläche (40°C, 20%  
Feuchtigkeit)**

*feuchter Luftstrom*

**T = 45 - 60 °C**



*Abnehmender Luftstrom der „umgekehrten biotischen Pumpe“, der zum Ozean/Meer zielt*

*Evapotranspiration produziert den Wasserdampf, der langsam nach oben steigt*

*schnell steigende Luft aus erwärmter Oberfläche (40°C, 20% Feuchtigkeit)*

*feuchter Luftstrom*

**T = 45 - 60 °C**



1

*Windströmung in der Höhe wird bisher durch die Thermik nicht beeinflusst, die Thermik breitet sich erst auf dem Boden aus.*

*Wärme verbreitet sich von der Landoberfläche in die Luft durch Radiation und den turbulenten Austausch.*

*Bodenturbulenz manifestiert sich optisch als Luftturbulenz.*

6

Aufsteigende Luft wird durch andere Luft aus der Umgebung ersetzt. Es entsteht ein absteigender Strom.

Der aufsteigende Strom hat im Kern die höchste Aufstiegs geschwindigkeit. An den Rändern vermisch t sich die Luft turbulent mit umgebender Atmosphäre.

Manchmal können einige Nebenzweige vom Hauptstrom gelöst werden, die dann getrennt aufsteigen.



10

Die Thermik steigt so lange auf, bis sie Energie hat deren Gewicht zu überwinden. Diese Energie wird vom Temperaturdefizit zwischen der umgebenden Atmosphäre und der Luft in der Thermik geliefert. Sobald die Thermik den Spiegel mit Nulldefizit erreicht, kommt es zum Nullauftrieb und der Aufstieg der Thermik beginnt sich zu verlangsamen und bleibt schließlich stehen.

In der Höhe ist die Thermik ein massiver aufsteigender Strom, der durch die Zusammenschmelzung von kleineren Blasen und Strömen tiefer in der Bodennähe entsteht.

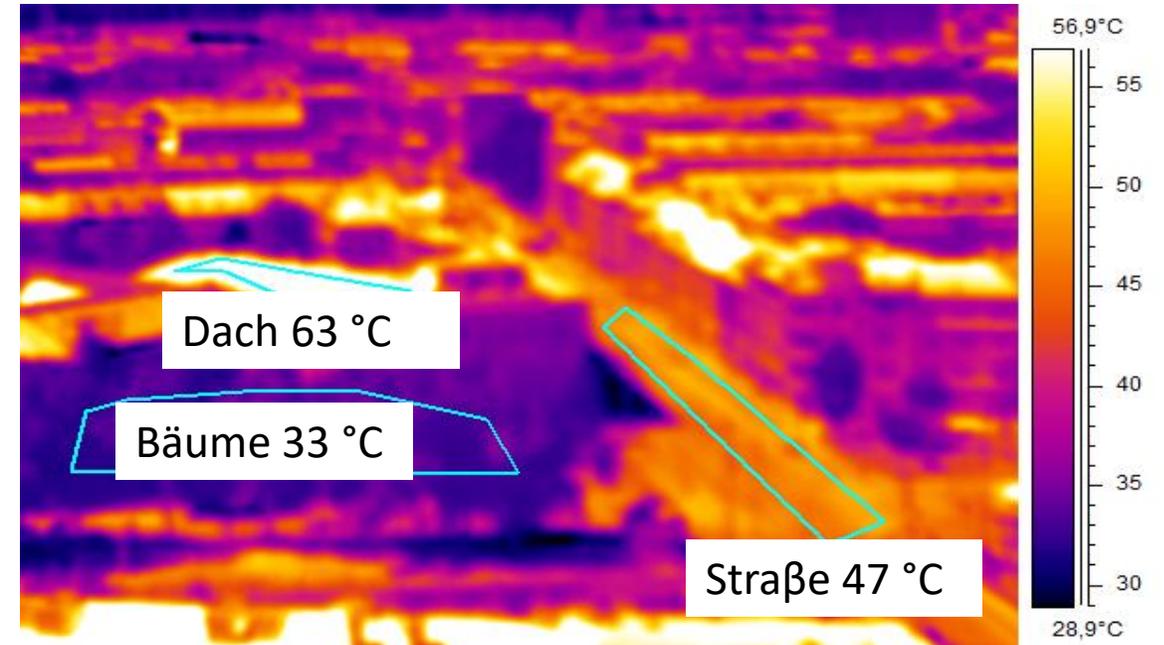
Verfügbare potentielle Energiekonvention CAPE hilft zu bestimmen, wie markant die Konvention sein wird; jedoch sagt sie vor allem an, ob die Bedingungen für die Sturmbildung geeignet sind.

Der Wind in Bodennähe zeigt keine Anzeichen einer früheren thermischen Ablösung mehr.

# Erwärmte Luft trocknet aus

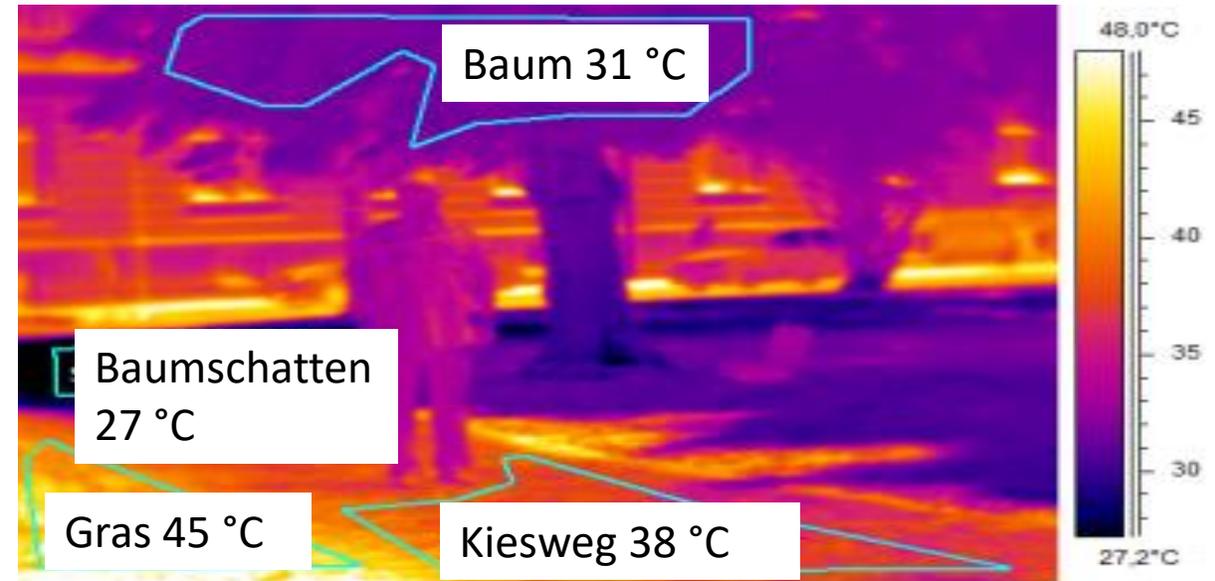
- Feuchtgebiete und Wälder kühlen sich durch die Wasserverdunstung, der Wasserdampf steigt nach oben, relative Luftfeuchtigkeit ist hoch (aktuelle Evapotranspiration (ET) nähert sich der potentiellen ET). ET = einige mm pro Tag
- Entwässerte Flächen erwärmen sich, erwärmte Luft steigt nach oben und erreicht den Taupunkt nicht. Luft 40 °C beinhaltet 50g Wasser im m<sup>3</sup> (bei 20% Feuchtigkeit 10g). **Bei der Geschwindigkeit 1,0m/s werden „aus 1 m<sup>2</sup>“ pro 1 Stunde 36000g Wasser (36 Liter) nach oben transportiert = Mechanismus der Landschaftsaustrocknung, also bis Hunderte Liter pro Tag**

Blick aus dem Weißen Turm (Bílá věž) auf die Straße Gočárova třída, die keine Allee hat



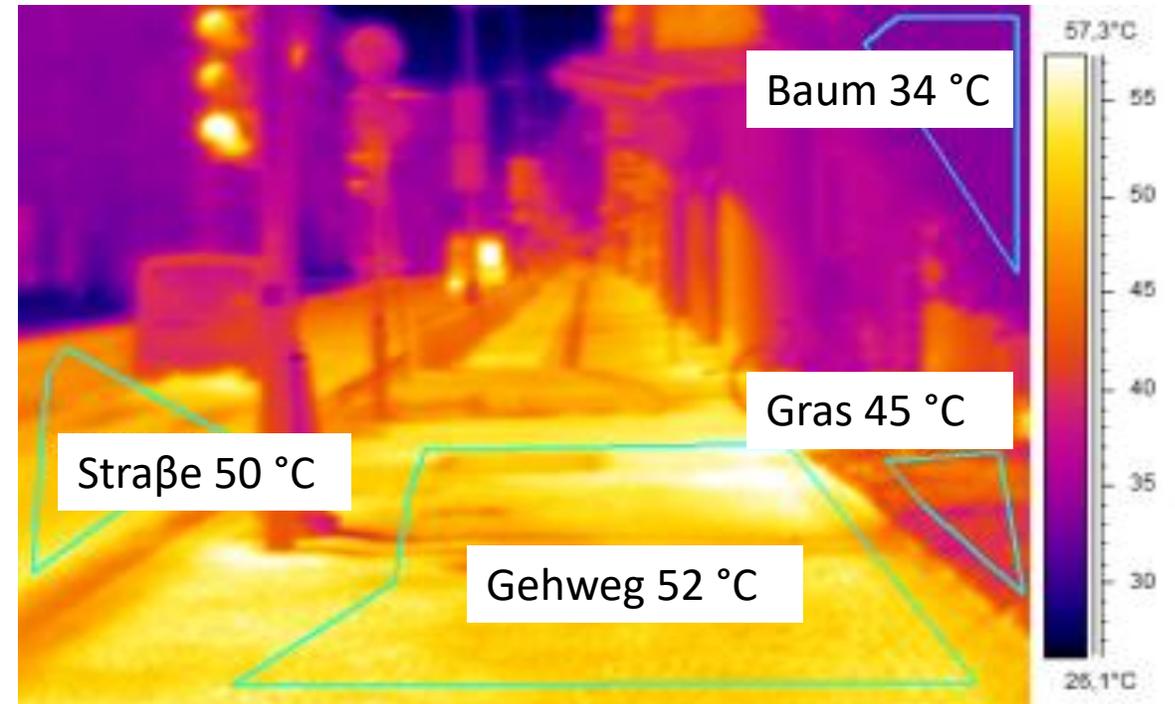
Straßen- und Gehwegoberfläche auf der Straße „Gočárova třída“ hat die Temperatur 47 °C

Wir treten in den Park „Žižkovy sady“ ein und vergleichen die Oberflächentemperatur der Person mit der Temperatur des besonnten Rasens und des Baumschattens.



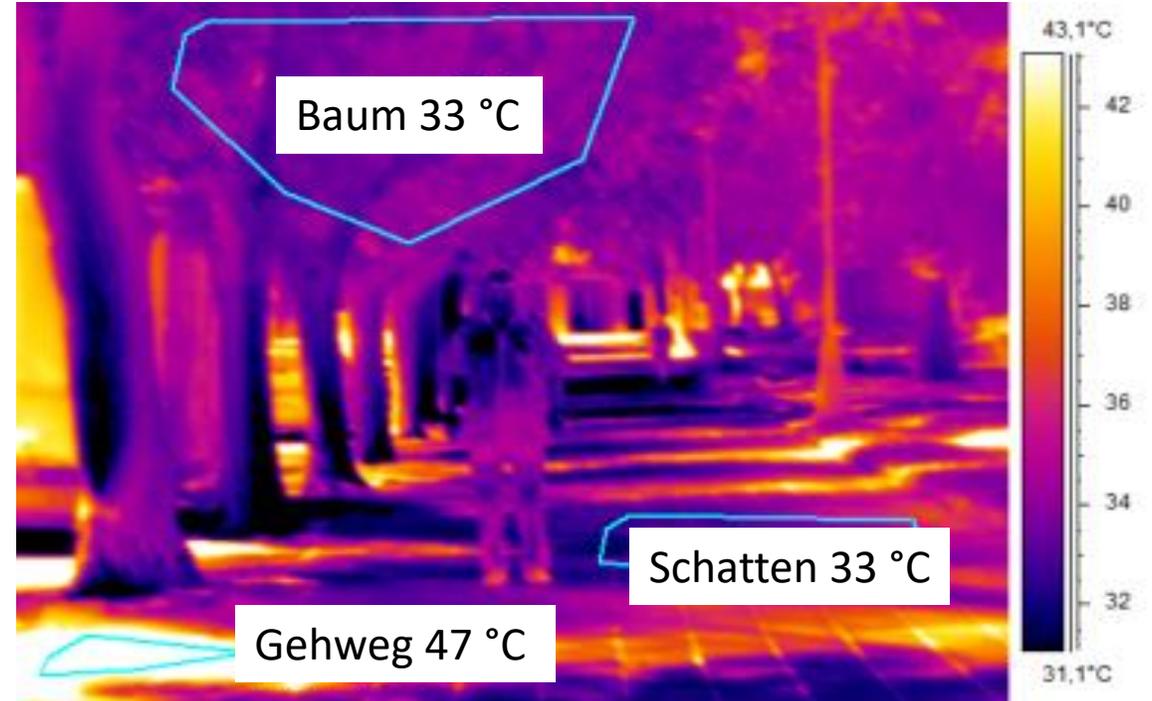
Temperatur im Rasen im Baumschatten beträgt 27 °C,  
Temperatur des Rasens auf der Sonne beträgt 45 °C,  
Temperatur der Wegoberfläche 38 °C, Temperatur der Baumoberfläche 31 °C.

# Straße „Gočárova třída“ fast ohne Bäume



Temperatur der Straßenoberfläche 50 °C, Temperatur des Gehweges 52 °C, Baum am Rande hat 34 °C

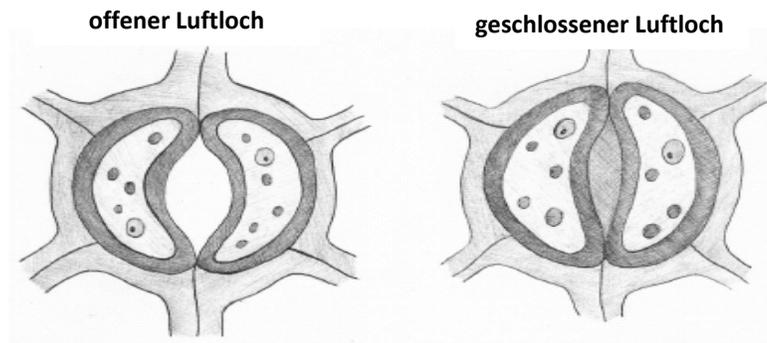
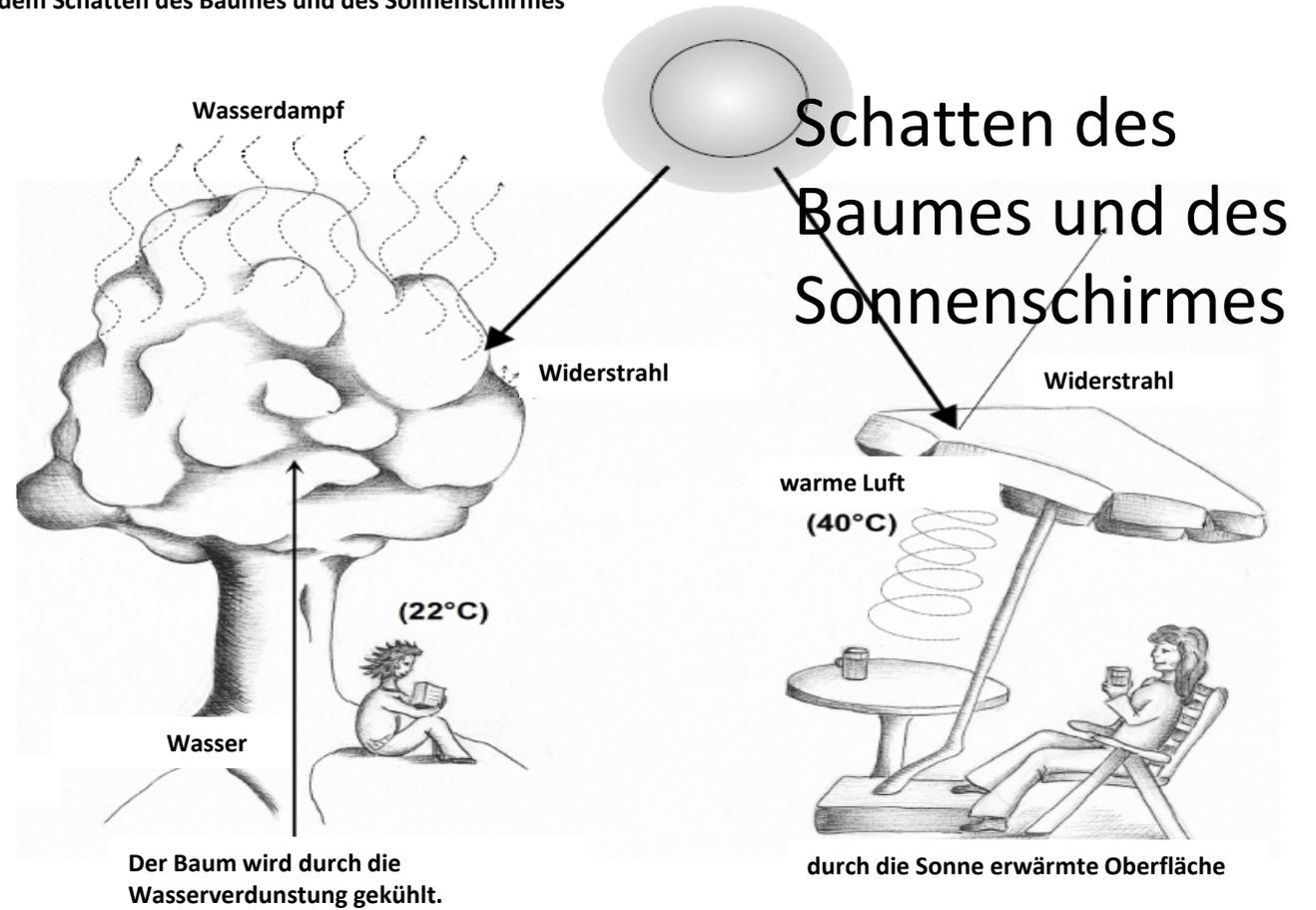
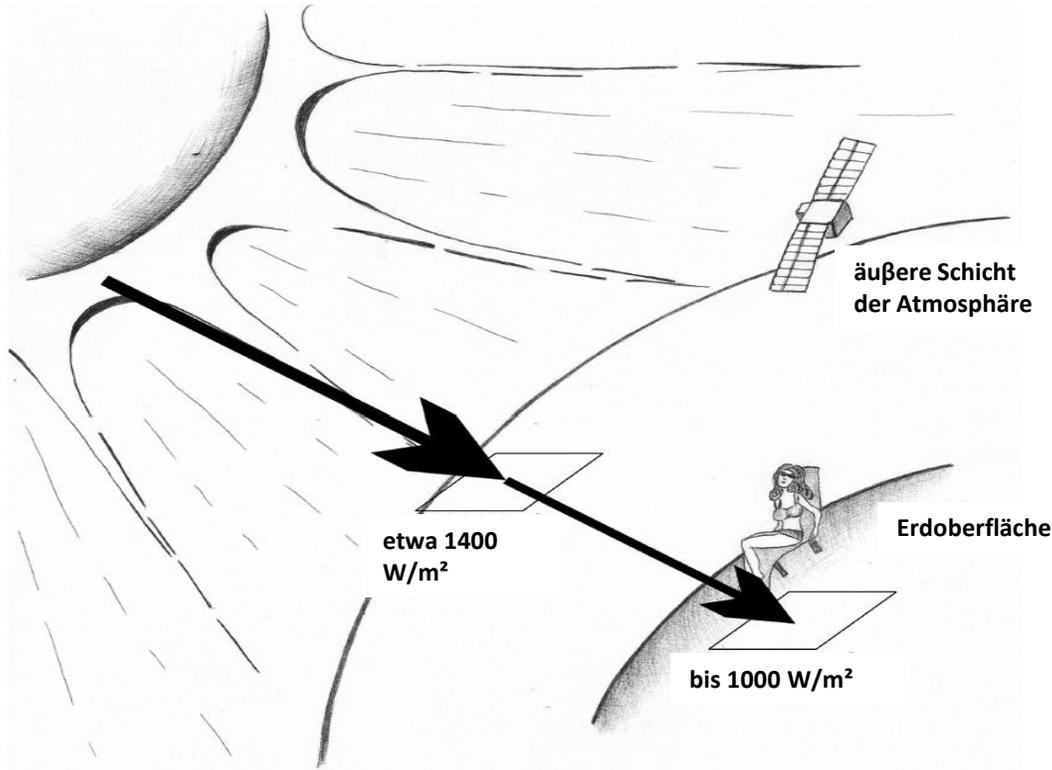
# Straße „Třída Karla IV.“ mit Baumallee.



Temperatur des Gehweges im Schatten der Bäume 33 °C, Temperatur der besonnten Oberfläche des Gehweges 47 °C, Temperatur der Baumoberfläche 33 °C.

# Unterschied zwischen dem Schatten des Baumes und des Sonnenschirmes

Die Menge an Sonnenenergie an der Grenze der Atmosphäre und auf der Erdoberfläche an einem hellen Tag



Solche Luftlöcher gibt es ca. 100 pro  $mm^2$  der Blattfläche. Jedes Luftloch besteht aus zwei Zellen in der Form der Bohne, die das Luftloch öffnen und schließen und somit die Wasserausgabe durch die Pflanze regulieren, und zwar in Abhängigkeit von der Wassermenge im Blatt und von der umgebenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit.