



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

STADTMETEOROLOGIE

EINE KLEINE EINFÜHRUNG

30. April 2022

Oscar Ritter, Johannes Röttenbacher und Jakob Thoböll

meteorologie.hautnah@uni-leipzig.de

<https://meteorologiehautnah.github.io/MeteorologieHautnah>



DER HOCHSCHULWETTBEWERB

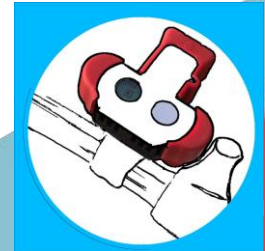
Im Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt!

Mitforschen erwünscht!

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2022

Nachgefragt!



METEOROLOGISCHE MESSGRÖßEN MIT DEM METEOTRACKER

Meteorologische Größen:

Lufttemperatur

Taupunktstemperatur

Relative Feuchte

Luftdruck

Biometeorologische Größen:

Gefühlte Temperatur

Humidex

LUFTTEMPERATUR: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Die Lufttemperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Moleküle in unserer Atmosphäre.
Die Messung der Lufttemperatur darf weder durch Strahlung, noch durch Wärmeleitung beeinflusst sein.

Messeinheiten:

Physik: Kelvin (K)
Wetterbericht: Grad Celsius (°C)

Wie rechnet man
Grad Celsius in
Kelvin um?

Wie ändert sich die
Lufttemperatur mit
der Höhe?

LUFTTEMPERATUR: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Die Lufttemperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Moleküle in unserer Atmosphäre.
Die Messung der Lufttemperatur darf weder durch Strahlung, noch durch Wärmeleitung beeinflusst sein.

Messeinheiten:

Physik: Kelvin (K)
Wetterbericht: Grad Celsius (°C)

$$0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{K}$$
$$10^{\circ}\text{C} = 283,15\text{K}$$

Im Schnitt:
Abkühlung um 6°C
je Kilometer Höhe

Messmethoden:

Klassisch:
Flüssigkeitsthermometer in einer Wetterhütte



2m Messung →

Moderne Messung:
Pt-1000 Messfühler in einem belüfteten Strahlungsschutz



Erdbodenmessung

RELATIVE FEUCHTE: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Massenverhältnis des aktuellen Wasserdampfgehaltes in der Luft zu dem Wasserdampfgehalt, der bei der aktuellen Temperatur maximal möglich ist.

Messeinheiten:

Relative Größe: 0 – 100 % → 100%: Luft ist Wasserdampfgesättigt → Wassertröpfchen (Wolken) entstehen

Messmethoden:

Klassisch:
Hygrometer



Moderne Messung:
Feuchtesensor in einem belüfteten Strahlungsschutz

2m Messung →



TAUPUNKTSTEMPERATUR: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Die Temperatur, die bei der aktuellen Luftfeuchtigkeit unterschritten werden **müsste**, damit die Luft wasserdampfgesättigt wäre und sich Tröpfchen (Wolken) bilden würden.

Messeinheiten:

Physik: Kelvin (K)
Wetterbericht: Grad Celsius (°C)

Taupunkttemperatur ist **immer kleiner als** oder **genauso hoch** wie die Lufttemperatur


Taupunkttemperatur ist ein Feuchtemaß

Messmethoden:

Klassisch:
Psychrometer



Nasses Tuch

Umrechnungen 

Lufttemperatur (standardisierte Thermometer) in °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
5	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
6	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
7	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
8	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
9	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
12	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
13	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
15	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
17	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
26	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
27	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
28	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
30	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
31	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
32	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
33	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
34	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
35	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
36	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3
37	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4
38	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
39	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6
40	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7
41	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8
42	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9
43	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10
44	-41	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11

Moderne Messung:
Feuchtesensor in einem belüfteten Strahlungsschutz



2m Messung



LUFTDRUCK: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Druck der Luft auf einem Körper an einem Ort, der durch die Gewichtskraft der Luftsäule über dem Körper entsteht

Messeinheiten:

Physik: Pascal (Pa)

Wetterbericht: Hektopascal (hPa) = 100 Pascal

In welchem Bereich schwankt der Druck auf Meereshöhe?

Wie ändert sich der Druck mit der Höhe?

LUFTDRUCK: WAS IST DAS?

Physikalische Definition:

Druck der Luft auf einem Körper an einem Ort, der durch die Gewichtskraft der Luftsäule über dem Körper entsteht

Messeinheiten:

Physik: Pascal (Pa)

Wetterbericht: Hektopascal (hPa) = 100 Pascal

Messmethoden:

Klassisch:
Barometer



920hPa – 1070hPa

Abnahme um 1hPa
aller 8m
Höhenunterschied

Moderne Messung:
Barometrischer Drucksensor



GEFÜHLTE TEMPERATUR UND HUMIDEX: WAS IST DAS?

Kombinierte biometeorologische Größe:

Gefühlte Temperatur: Maß für das thermische Empfinden. Beschreibt die Wärmeabgabe eines Durchschnittsmenschen (Temperatur- und Feuchteabhängig)

Humidex: Gefühlte Temperatur bei Werten über 25°C → Hitzeindex

Messeinheiten:

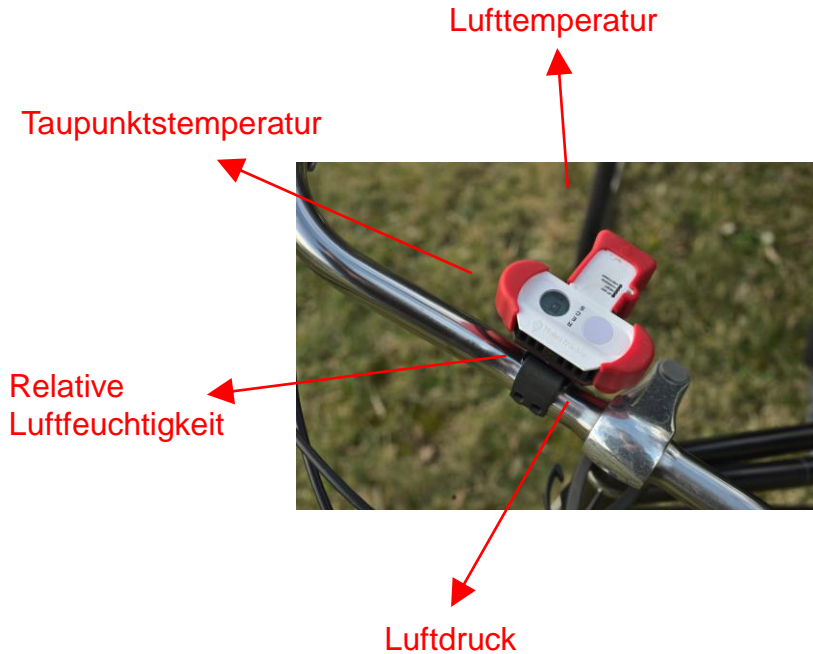
Wetterbericht: Grad Celsius (°C)

Berechnungsmethoden:

1. Messung der Lufttemperatur und der relativen Feuchte
2. Verwendung des „Klima-Michel“-Modells des menschlichen Wärmehaushalts:

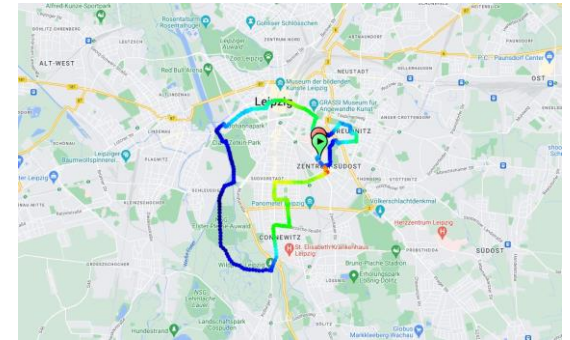
Männlich, 35 Jahre alt, 1.75m groß, 75kg schwer, behagliche Kleidung, 4km/h Gehtempo

KOMPAKTE MESSUNG MIT DEM METEOTRACKER



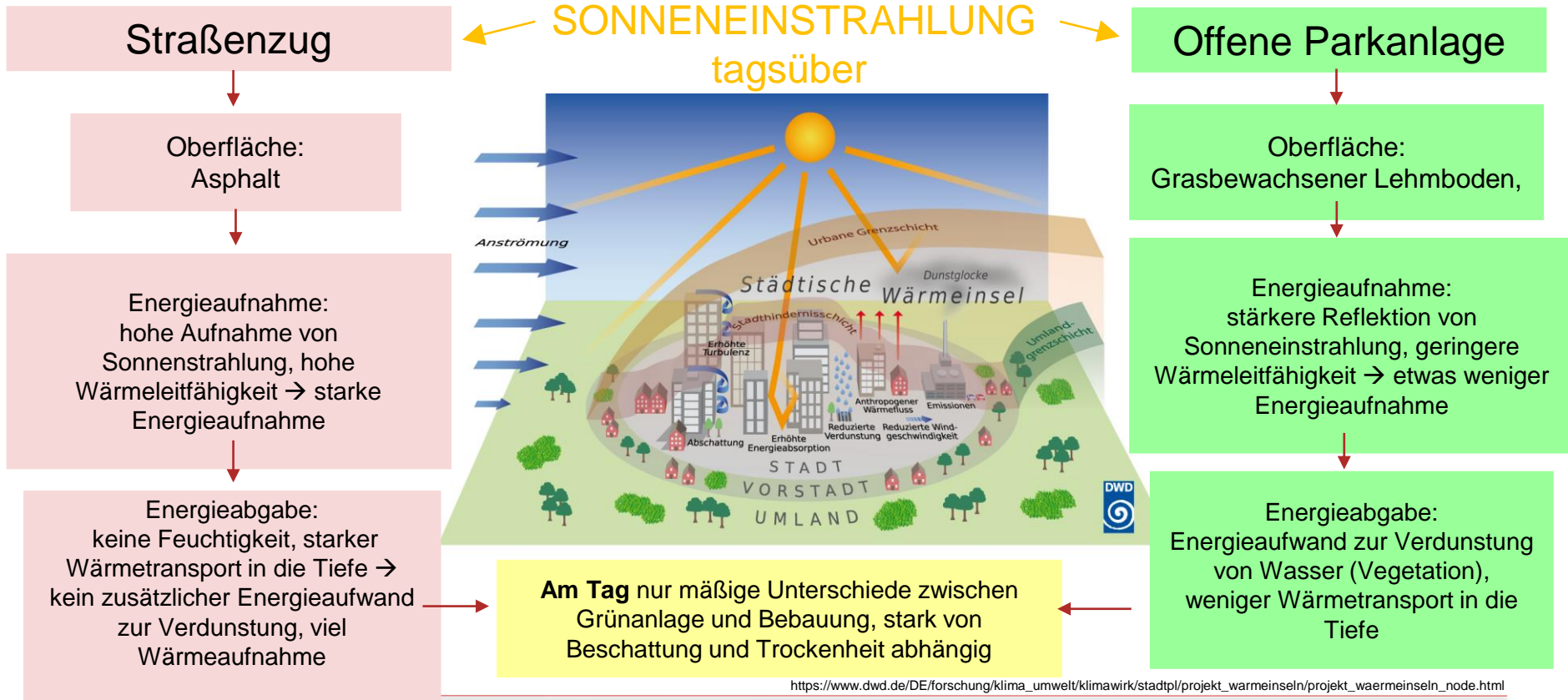
+ GPS Standort =

Räumliche Verteilung der meteorologischen Größen

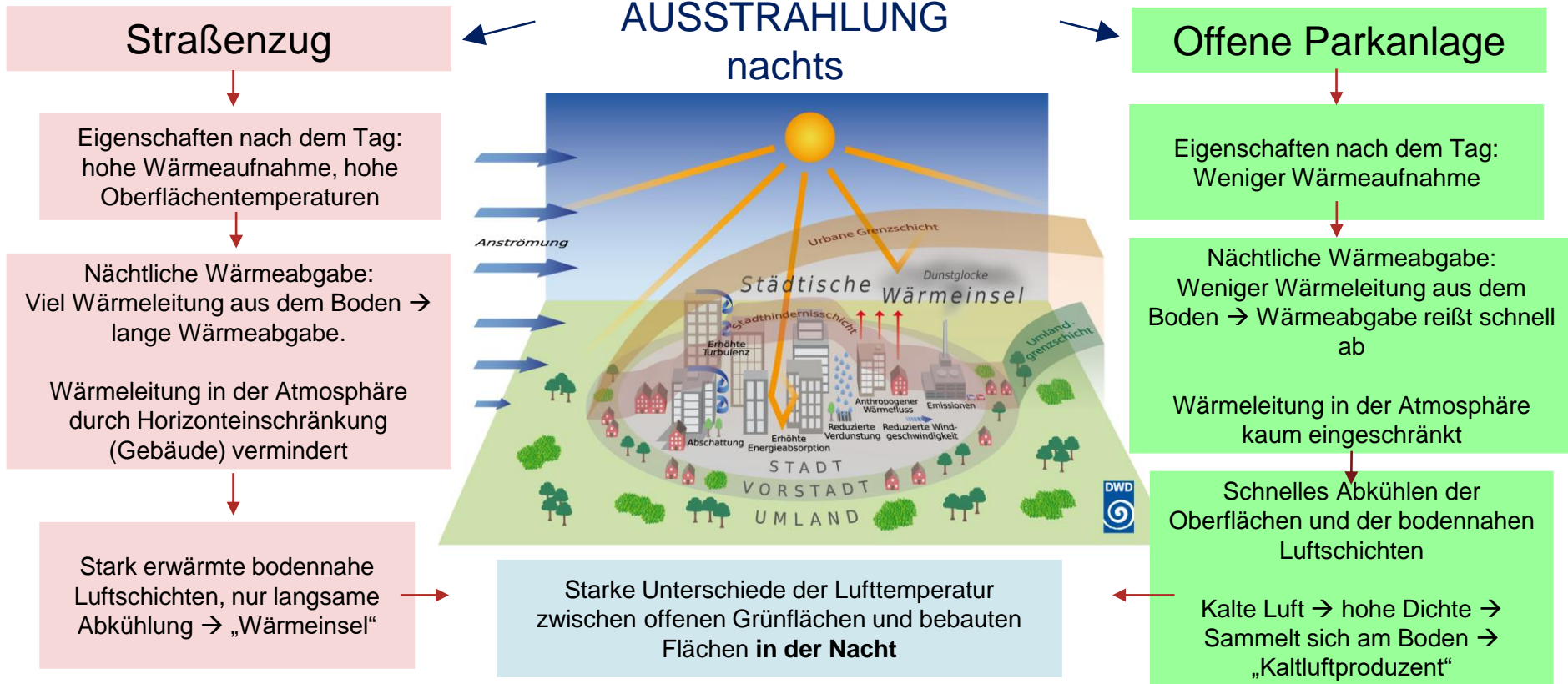


WARUM IST ES INNERHALB EINER STADT UNTERSCHIEDLICH WARM/KALT?

WARUM UNTERSCHIEDET SICH DIE TEMPERATUR INNERHALB EINER STADT?



WARUM UNTERSCHIEDET SICH DIE TEMPERATUR INNERHALB EINER STADT?



WAS BEEINFLUSST DIE STÄRKE DER STÄDTISCHEN ÜBERWÄRMUNG?

Bedeckungsgrad:

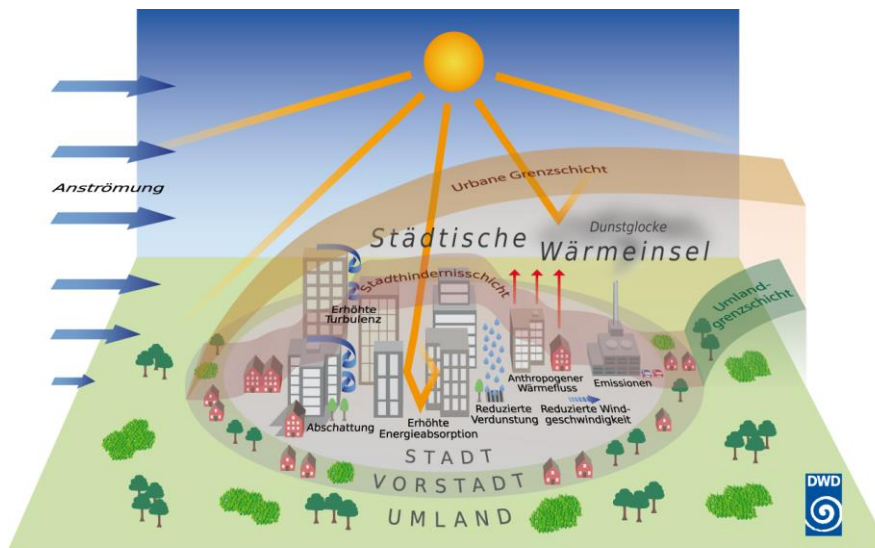
Stärkste Unterschiede bei klarem Himmel

Windgeschwindigkeit:

Stärkste Unterschiede bei wenig Wind, mehr Wind sorgt für Durchmischung

Oberflächenfeuchte:

Länge der aktuellen „Trockenzeit“



Horizonteinschränkung durch Gebäude:

Je weniger Himmel zu sehen ist, desto schlechter kann Wärme nachts abgegeben werden

Aber: Abschattung führt tagsüber u.U. zu weniger Wärmeaufnahme

Anteil versiegelter Flächen:

Je mehr Versiegelung desto mehr Wärme wird aufgenommen

Stadtgröße:

Je größer die Stadt, desto länger dauert es, bis kalte Luft von außen zugeführt wird

WIE UNTERSCHIEDET SICH DIE TEMPERATUR INNERHALB EINER STADT?

Tagsüber

Nachts

WIE UNTERSCHIEDET SICH DIE TEMPERATUR INNERHALB EINER STADT?

Tagsüber

Höchste Temperaturen:

Asphalтиerte, besonnte
Plätze/Kreuzungen

Niedrigste Temperaturen:

Baumreiche Parkanlagen, Seen

Temperaturunterschied:

Oberfläche: teils mehr als 20°C
Lufttemperatur: einige °C, genaue
Untersuchungen stehen aus

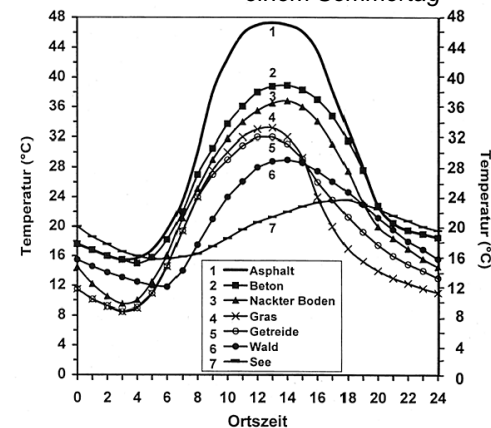
Nachts

Höchste Temperaturen:
Dicht bebaute Wohnviertel, Seen

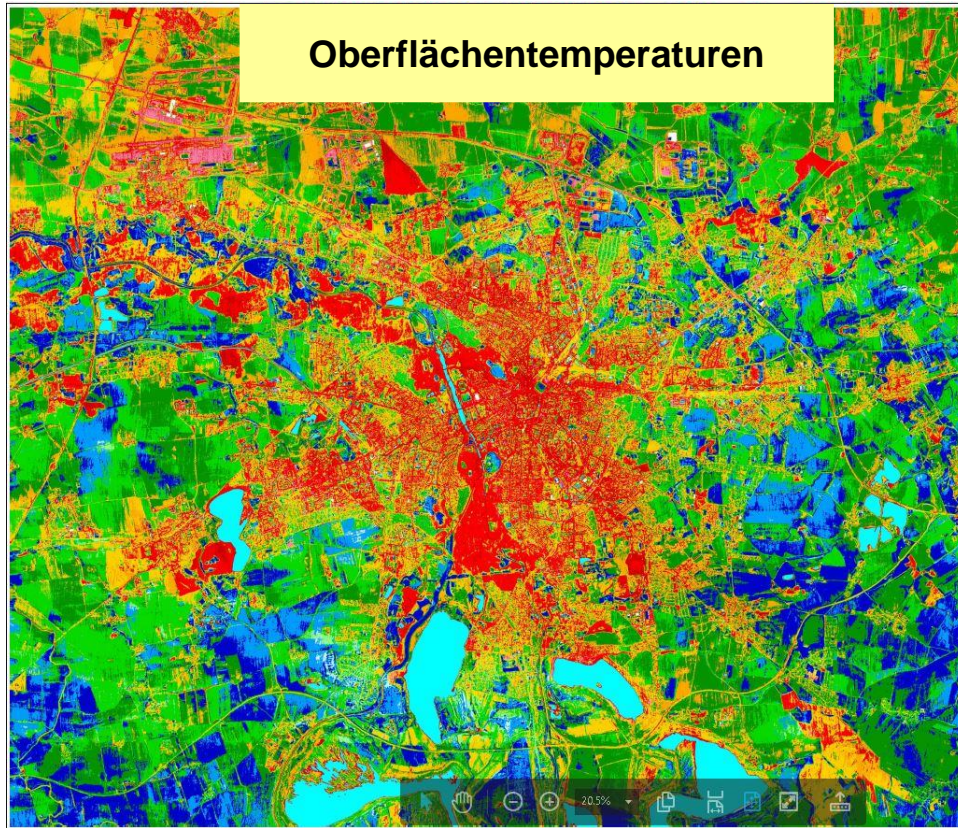
Niedrigste Temperaturen:
Offene Wiesen in Senken und
außerhalb der Stadt

Temperaturunterschied:
Oberfläche: wenige °C
Lufttemperatur: bis zu 10°C

Typischer Temperaturverlauf
verschiedener **Oberflächen** an
einem Sommertag



WELCHE ERGEBNISSE BRACHTEN BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN IN LEIPZIG?



Oberflächentemperaturen

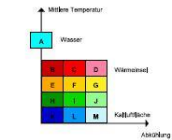
Stadtklimauntersuchung
Leipzig 2010
Klassifizierte Thermalkarte



Datengrundlagen

Aufnahmefrist: 22.06.2010
16:30 + 21:00 Uhr (MESZ)
Morgenaufnahme: 23.06.2010
05:30 + 08:30 Uhr (MESZ)

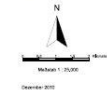
Klassifikation



Wärmelacke sind Bereiche, in denen sich Wärme durch die Stadtstruktur ansammelt. Sie sind durch die geringere Durchlässigkeit für Wind und die geringere Abkühlung im Vergleich zu den umliegenden Freizeitanlagen gekennzeichnet.

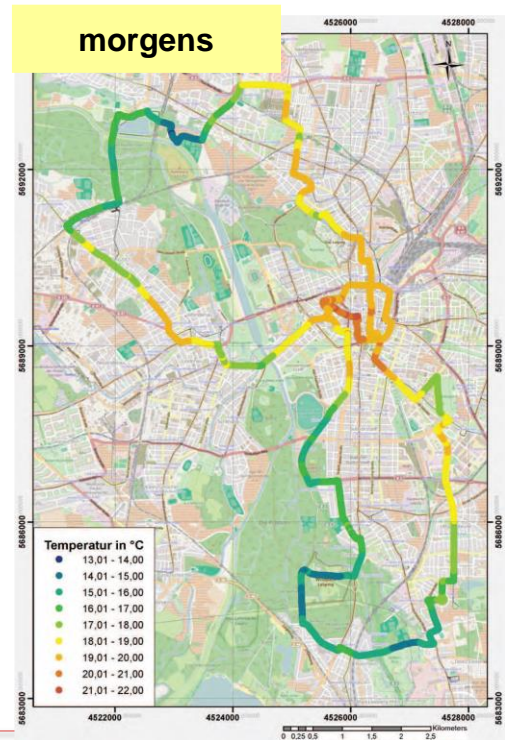
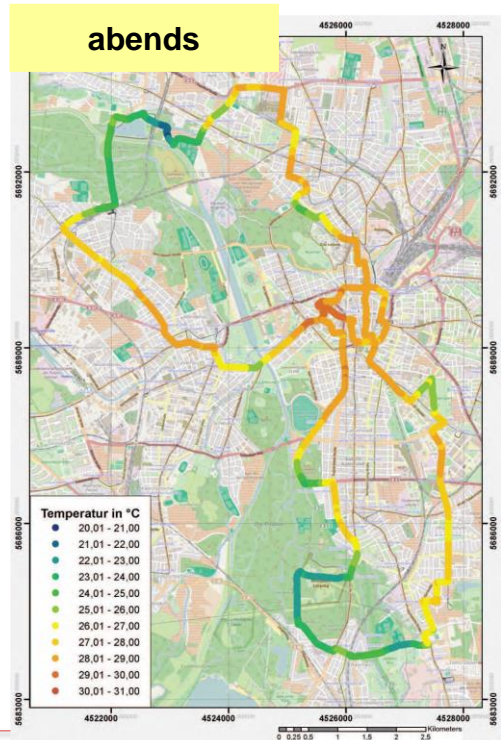
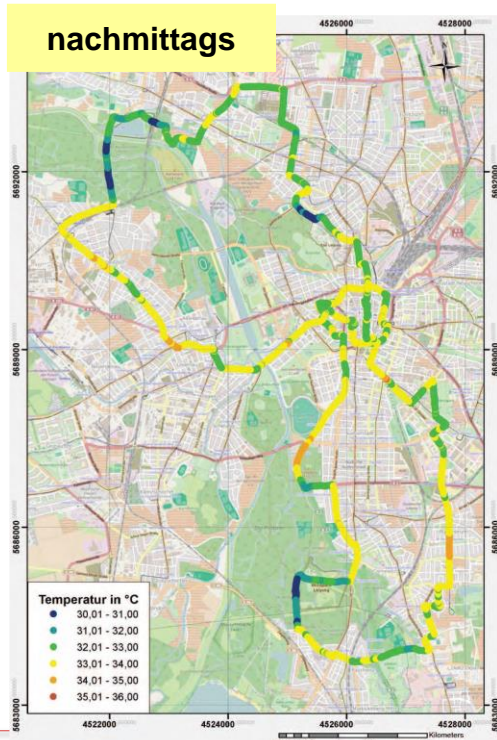
Die Temperaturunterschiede sind ein Indikator für die Luftqualität. In Wärmelacke sind die Schadstoffkonzentrationen höher als in den umliegenden Freizeitanlagen. Dies ist durch die geringere Durchlässigkeit für Wind und die geringere Abkühlung im Vergleich zu den umliegenden Freizeitanlagen gekennzeichnet.

Bearbeitung



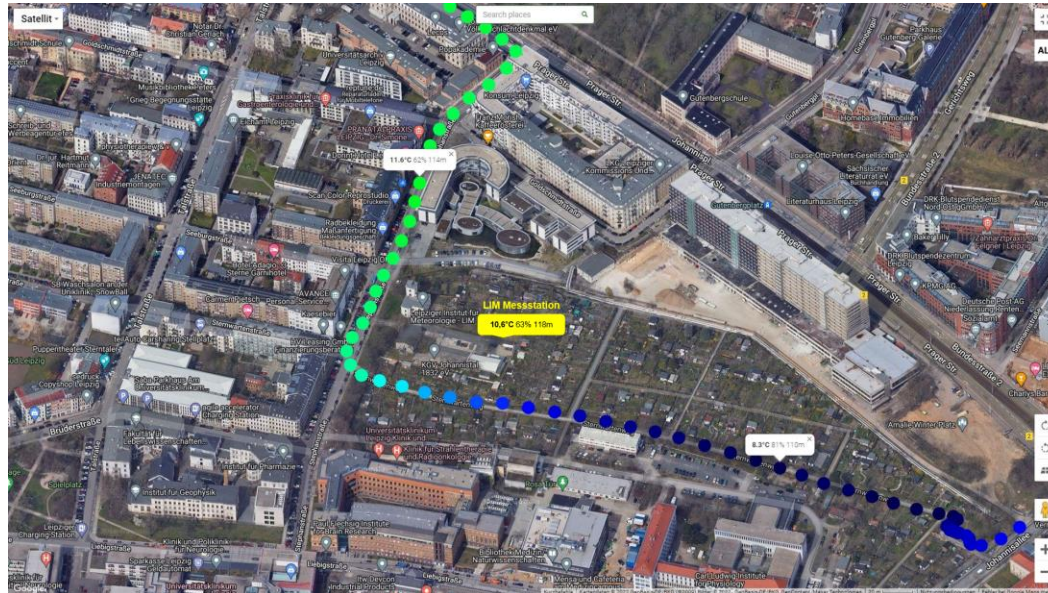
WELCHE ERGEBNISSE BRACHTEN BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN IN LEIPZIG?

Lufttemperaturen



WAS MACHT DIE METEOTRACKER-MESSUNGEN SO SPANNEND?

- Kleinräumige Variabilität kann untersucht werden
- Viele Messfahrten aus der ganzen Stadt über lange Zeiträume
→ Bisher ging nur je eines von beiden



WIE KANN ICH MEINE MESSUNGEN MIT ANDEREN MESSWERTEN VERGLEICHEN?

METEOROLOGISCHE MESSUNGEN IN LEIPZIG

- Vergleich mit anderen Teilnehmern im App-Dashboard und unseren Auswertungen:
→ Diskussion im Workshop?
- Wettermessungen am Leipziger Institut für Meteorologie (LIM, Stephanstraße 3):
Stationsmesswerte LIM
- 10-Minütliche Messungen vom Deutschen Wetterdienst in Leipzig-Holzhausen und Leipzig-Schkeuditz, sowie weiterer, privater Wetterstationen im Raum Leipzig:
Link zur Webseite www.kachelmannwetter.com
- Messwerte der Stationen des Deutschen Wetterdienstes auch in der kostenpflichtigen Version der „DWD WarnWetter“-App: **WarnWetter-App**

WO FINDE ICH AUSFÜHRLICHE INFOS ZUM THEMA

- **Grundlagen zum Thema Stadtklima / städtische Wärmeinsel:**
 - Städtebauliche Klimafibel: <https://www.staedtebauliche-klimafibel.de/?p=0>
 - Deutscher Wetterdienst: [Stadtklima - Die städtische Wärmeinsel](#)
- **Auswertungen zum Leipziger Stadtklima**
 - [Übersicht der Leipziger Stadtklimauntersuchungen](#)
- **Bei Fragen zum Thema:**
 - Jetzt stellen ;)
 - Uns kontaktieren: meteorologie.hautnah@uni-leipzig.de