

SCIENCETOUR KLIMA LEHRERHEFT



REGIONAL
PARKSCIENCETOURS



Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

als Bürgeruniversität ist die Goethe-Universität fest in der Rhein-Main-Region verankert. Daher arbeiten wir auch eng und gerne mit dem Regionalpark RheinMain zusammen. Das gemeinsame Projekt Regionalpark-ScienceTours bringt Schülerinnen und Schüler mit Studierenden an spannenden Orten des Regionalpark zusammen. Zum gemeinsamen Lernen.

Forschung und Lehre gehen bei der Goethe-Universität Hand in Hand. Auch die Regionalpark-ScienceTours folgen diesem Ansatz: Studierende der Goethe-Universität konzipieren gemeinsam mit Professorinnen und Professoren die Forschertage und führen diese gemeinsam durch. Sie erwerben so wichtige pädagogische Erfahrungen und Kompetenzen.

Schülerinnen und Schüler erhalten durch die Regionalpark-ScienceTours spannende Einblicke in wissenschaftliches Denken und Arbeiten. Sie lernen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Goethe-Universität und ihre Forschungsgebiete kennen. Selbstständiges Entdecken und Experimentieren fördert die Kompetenzen der Jugendlichen. Die Jugendlichen erhalten so auch einen Einblick in die Universität.

Der Regionalpark RheinMain bietet direkt vor den Schul- und Haustüren ungewöhnliche außerschulische Lernorte. Im Zentrum stehen die Themen Klima, Biodiversität und Mobilität. Dadurch passen die Regionalpark-ScienceTours auch sehr gut zum schulischen Alltag. Begleitmaterialien helfen die Forschertage optimal in den Unterricht zu integrieren und tragen dazu bei, nachhaltige Lernprozesse bei den Schülerinnen und Schülern anzuregen.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern viel Spaß beim Entdecken!
Herzliche Grüße



Prof. Dr. Tanja Brühl
Vizepräsidentin der Goethe-Universität Frankfurt am Main



Regionalpark Portal Wetterpark Offenbach

Der Wetterpark Offenbach ist Treffpunkt und Lernort zugleich. Er ist 2005 auf dem Gelände einer ehemaligen Anzuchtgärtnerei entstanden.

Ein Themenpfad, der durch das Parkgelände führt, verbindet 14 Exponate von der vollautomatischen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bis hin zum 13 Meter hohen Sicht-Turm mit Blick auf Offenbach und den Taunus. Dieser Lehrpfad eignet sich nicht nur zur Naherholung, sondern veranschaulicht vor allem wissenschaftliche Informationen zum Wettergeschehen und zu Wetterphänomenen. Hierbei helfen Informationstafeln und die verschiedenen Exponate, wie der Luft-Würfel an der Station Luftdruck oder die Windfahnen, welche die Windrichtung anzeigen.

2014 eröffnete im Wetterpark das zweite Portal des Regionalpark RheinMain. Die Ausstellung in seinem Besucherzentrum bietet durch interaktive Stationen und Experimente die Möglichkeit, sich vertiefend und fachkundig mit dem Thema Wetter zu beschäftigen. So können beispielsweise Windstärken mit einem Föhn nachgeahmt und an einer Wassersäule sogar ein Tornado erzeugt werden. Auch das Wetter des Ballungsraums der Rhein-Main-Region wird interaktiv dargestellt und anschaulich erläutert.

Gleichzeitig erfährt man im Besucherzentrum mehr über den Regionalpark RheinMain und seine Angebote, welche Erlebnisse die Rhein-Main-Landschaft für ihre Besucher bereithält.

DER DIDAKTISCHE ANSATZ

Forschendes Lernen

Kompetenz- und handlungsorientiertes (Wissenschafts) Lernen an außerschulischen Lernorten.

Das Forschende Lernen stellt die Aneignung wissenschaftlichen Denkens und Handelns durch das Nachvollziehen oder die angeleitete Teilhabe an einem Forschungsprozess in den Mittelpunkt. Dabei wird Forschendes Lernen als dynamischer Prozess verstanden, bei dem Forschung erfahrbar gemacht wird.

Eigenes Forschungshandeln erfolgt in den Arbeitsschritten

- Fragestellung formulieren
- Hypothesen aufstellen
- Experimente planen und ausführen
- Ergebnisse interpretieren
- Ergebnisse dokumentieren

Das eigenständige Entdecken und die aktive Beschäftigung mit den Forscherfragen während der Regionalpark-ScienceTour ermöglichen den Jugendlichen ein tieferes Verständnis der Thematik und fördern nachhaltig einsetzbares Wissen. Im Verlauf des Tour-Tages erläutern und begründen die Schülerinnen und Schüler prozessbegleitend ihr Vorgehen. Dabei treten oder stehen sie in Diskussionen mit anderen Lernenden, vergleichen ihre Vorgehensweisen, präsentieren und reflektieren ihre Ergebnisse.

Kompetenzen stärken

Die handlungsorientierten und aktivierenden Elemente der Regionalpark-ScienceTours leiten die Jugendlichen zu selbstständigem forschenden und handlungsorientierten Wissenschaftslernen an und fördern fachliche, methodische und soziale Kompetenzen:

Handlungskompetenz

Wissen, Einstellungen und Fertigkeiten, die zum Handeln in praktischen Lebenssituationen befähigen

Methodenkompetenz

Erlernen und Anwendung experimenteller, wissenschaftlicher (Forschungs-)Methoden

Sozialkompetenz

Kommunikation, Diskussion und Reflektion mit den Lehrenden und innerhalb der Gruppe

Selbstkompetenz

Umgang mit dem eigenem Lernverhalten, Reflektion und Begründung eigener Annahmen

Eigenverantwortlichkeit

Selbstständiges und exploratives Lernverhalten, angetrieben durch Neugier

Problemlösungskompetenz

Aushandeln von eigenständigen Lösungsstrategien

Anknüpfung an den Schulalltag

Die Einbindung der Regionalpark-ScienceTours in den Schulalltag kann – durch eine gezielte Verknüpfung mit dem Schulunterricht – positive Lernsynergien, nachhaltige Motivations- und Leistungssteigerung bewirken. Die außerschulischen Lernorte in der Region bieten den Schülerinnen und Schülern ungewöhnliche Lernumgebungen. Sie eröffnen neue Sichtweisen und andere Lernerfahrungen, die so im Klassenzimmer nicht möglich sind.



WETTER UND KLIMA

Häufig wird von Klima gesprochen, wenn es sich eigentlich um das Wetter handelt. Diese zwei Begriffe werden des Öfteren miteinander vertauscht oder auch als gleichbedeutend angesehen. Doch Klima ist nicht gleich Wetter.

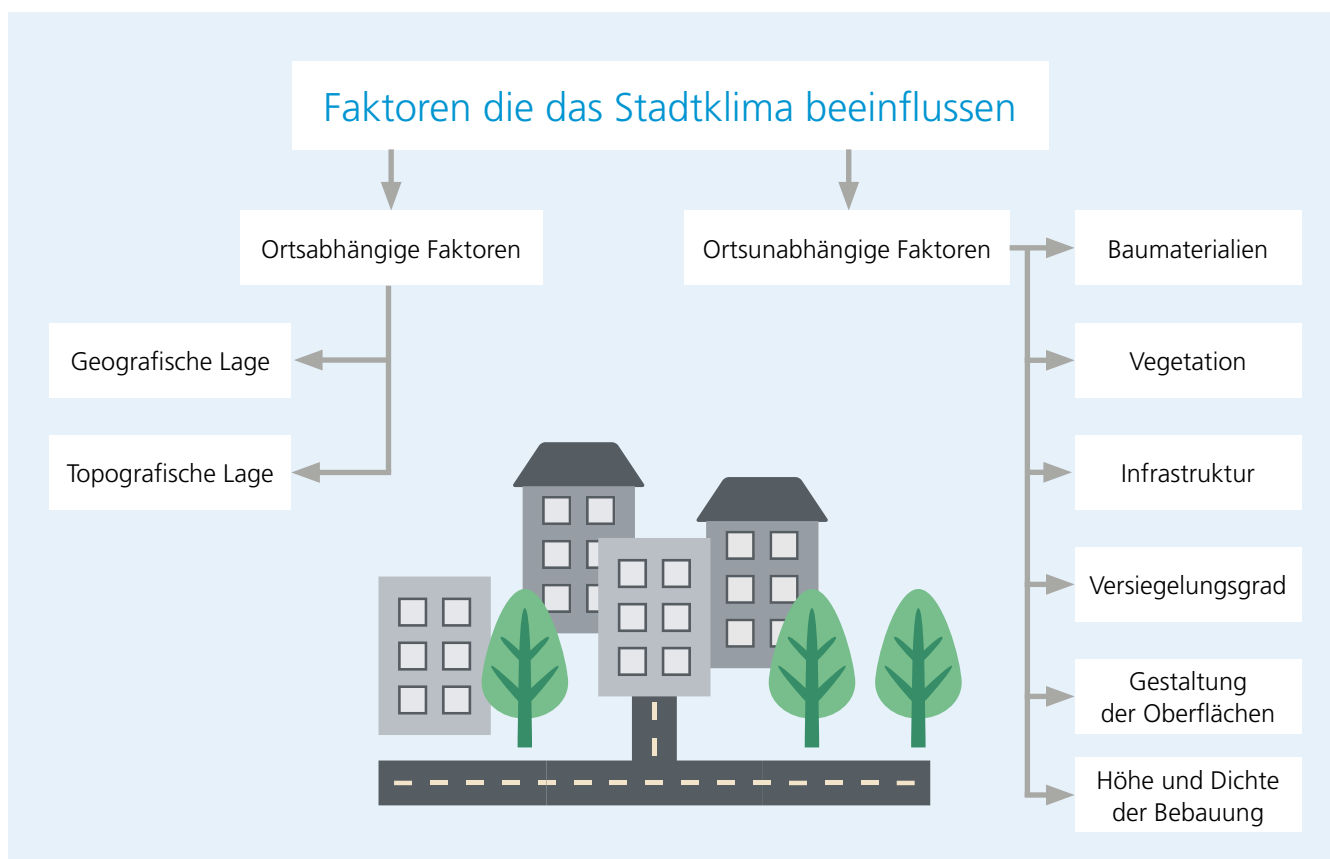
Wetter

Als Wetter wird der physikalische Zustand der Erdatmosphäre (der Luft) zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem Ort bezeichnet. Ob also gerade die Sonne scheint, ob es kalt oder warm ist, wie der Wind ist und ob es gerade regnet oder schneit, zeigt das aktuelle Wetter und nicht das Klima. Um das Wetter zu beschreiben, werden beispielsweise die Temperatur, die Windgeschwindigkeit, die Niederschlagsmenge und der Grad der Bewölkung gemessen. Das Wetter zeigt im Laufe der Zeit starke Variationen und kann sich sogar mehrmals am Tag ändern. So kann es passieren, dass gerade noch die Sonne scheint und es kurz darauf heftig regnet.

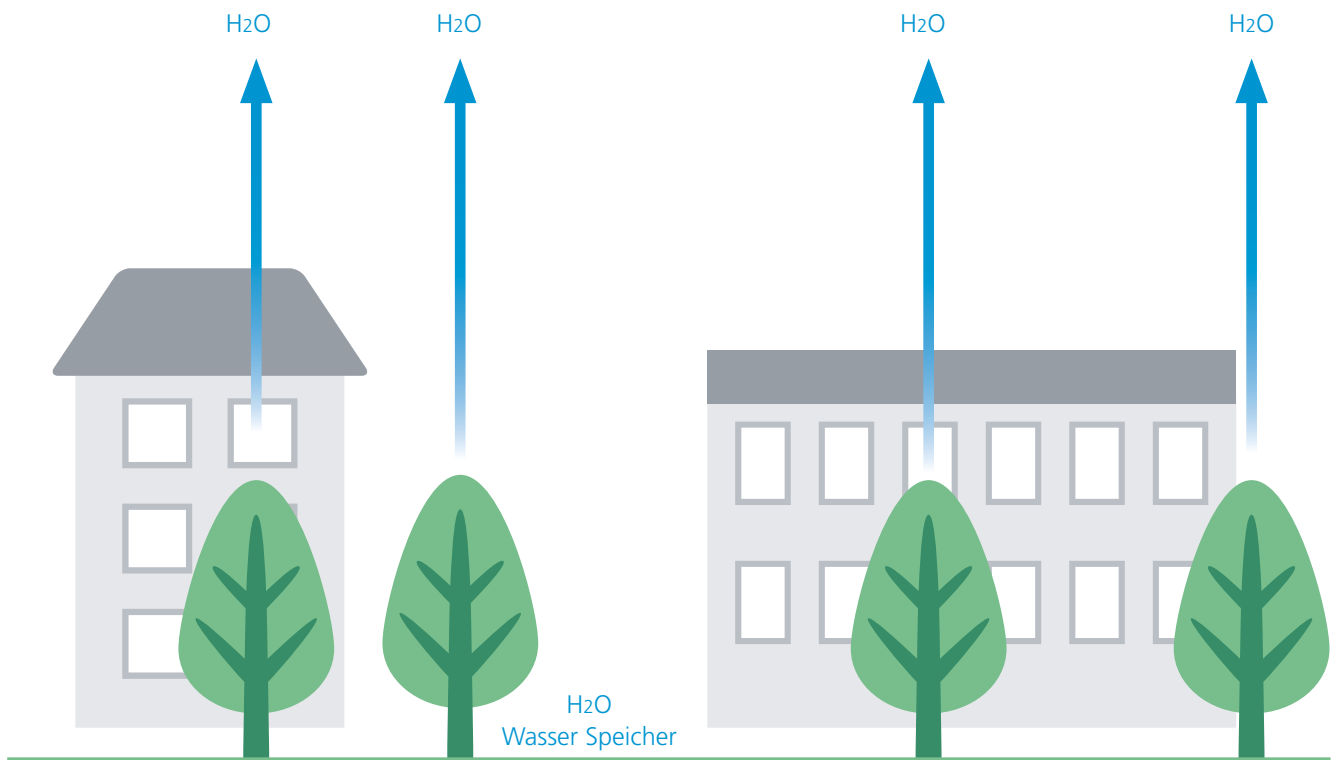
Klima

Aus den Wetterbeobachtungen über einen längeren Zeitraum, lässt sich das Klima in einem Gebiet ableiten. Es beschreibt also den typischen Wetterverlauf in einer Region. Der Beobachtungszeitraum muss ausreichend lang sein um statistische Aussagen treffen zu können. So nimmt man meist Zeitperioden von mindestens 30 Jahren. Dadurch zeigt das Klima einmal die durchschnittlichen Wetterverhältnisse in einer Region, aber auch die Wahrscheinlichkeit für Abweichungen und Wetterextreme, wie beispielsweise schwere Unwetter.

Die Erde lässt sich in verschiedene Klimazonen einteilen. So haben wir in Deutschland zum Beispiel gemäßigt Klima. Im Gegenteil dazu herrscht an der Antarktis die polare Zone.



Kühlung durch Verdunstung



Stadtklima

Mittlerweile lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. In Deutschland sind es über 70 Prozent und die Anzahl steigt. Städte gibt es schon seit mehreren tausend Jahren. Sie entstanden dort, wo Menschen zusammen lebten und Handel betrieben. Schon damals hat der Mensch Einfluss auf das Klima genommen und zwar auf das Stadtklima. Als Stadtklima wird die von Menschen gemachte Veränderung des Klimas und der Luftqualität in Städten bezeichnet. So herrschen hier für gewöhnlich höhere Temperaturen, mildere Windverhältnissen, eine geringere Luftfeuchte, veränderte Niederschläge und eine veränderte Luftqualität wie im ländlichen Umland. Das Stadtklima wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst.

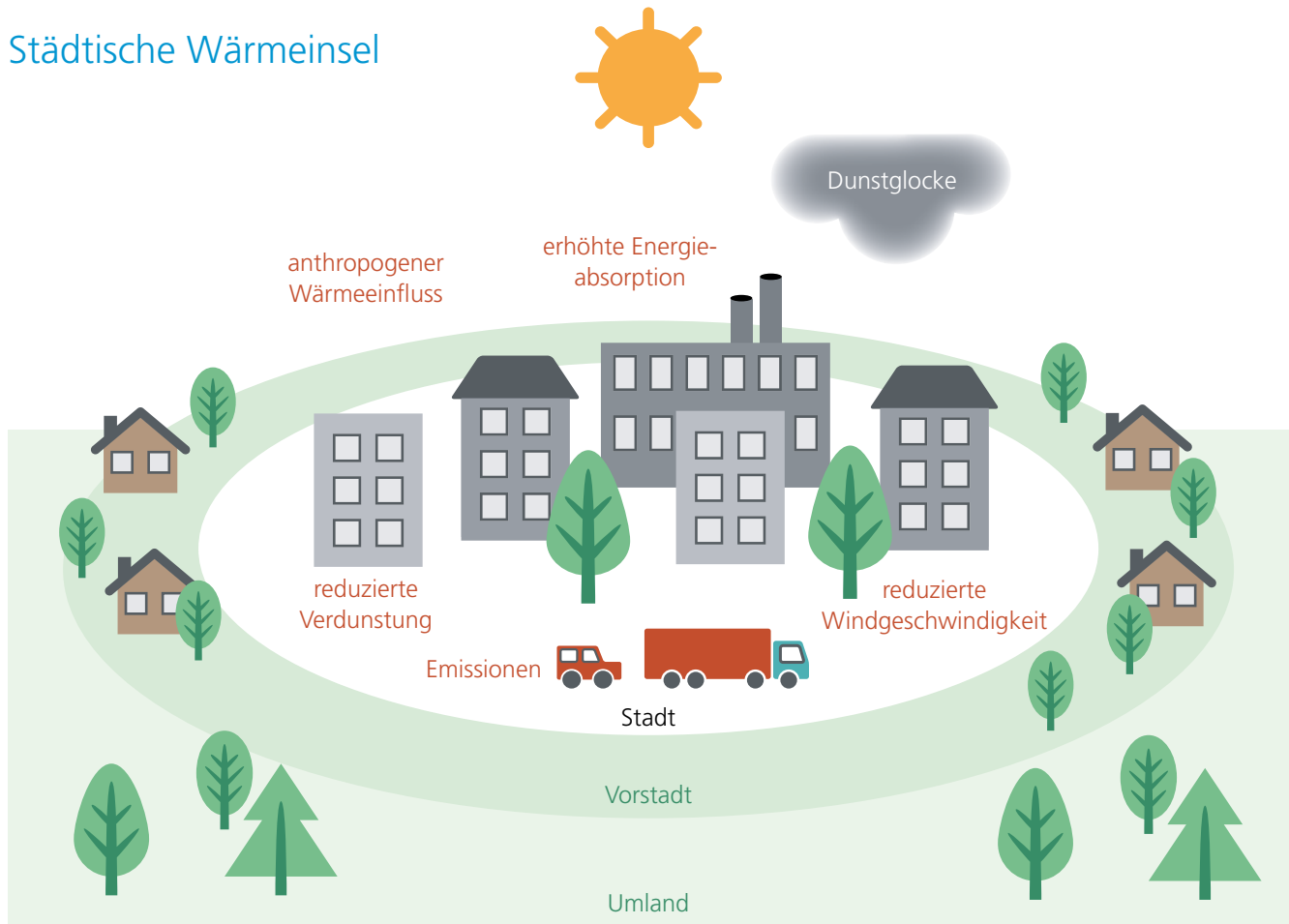
Faktoren, die das Stadtklima beeinflussen

Faktoren, die das Stadtklima beeinflussen, können in zwei Kategorien zusammengefasst werden: Die ortsabhängigen und die ortsunabhängigen Faktoren.

Ortsabhängige Faktoren sind durch die Lage der Stadt charakterisiert. Städte werden nicht zufälligerweise irgendwo gegründet. Wirtschaftliche und strategische Faktoren spielen hierbei eine wichtige Rolle, wie beispielsweise fruchtbare Ländereien, Knotenpunkte für Handelsrouten und Mineralvorkommen. Da viele Städte schon seit vielen Jahrhunderten bestehen und Ländereien damals noch gegenüber feindlich gesinnten Streitkräften verteidigt werden mussten, wurden auch militärische Faktoren berücksichtigt. Städte wurden an Grenzen errichtet, um diese zu verteidigen oder es wurden Lagen gewählt, die eine besonders gute Verteidigung der Stadt zuließen. Zusammenfassend können folgende ortsabhängige Faktoren festgehalten werden:

Geografische Lage: Liegt die Stadt im Norden, Osten, Westen, Süden oder zentral in Deutschland.

Städtische Wärmeinsel



Topografische Lage: Beschreibt die Geländeformen und Höhenlage der Erdoberfläche. Hier kann man beispielsweise Berg und Tal gegenüberstellen.

	Gründungsdaten	Höhenlagen
Offenbach	561	98 m ü. NHN*
Frankfurt	794	112 m ü. NHN*
Berlin	1.237	34–122 m ü. NHN*
Hamburg	810	6 m ü. NHN*
München	1.158	519 m ü. NHN*
Dortmund	882	86 m ü. NHN*

*m ü. NHN = Meter über Normalhöhennull

Ortsunabhängige Faktoren, die das Stadtklima beeinflussen, sind durch den Menschen festgelegte und erbaute Strukturen innerhalb einer Stadt. Dazu gehört die Höhe und Dichte der Bebauung, die verwendeten Baumaterialien, der Versiegelungsgrad, Vegetation, die Gestaltung der Oberflächen und die Infrastruktur. Bei der Verwendung von undurchlässigen Materialien wie Stein, Beton, Stahl und

Asphalt wird kein Niederschlagswasser im Boden gespeichert wie es bei natürlichem Boden der Fall ist. Dadurch fließt das Wasser schnell in die Kanalisation ab und steht nicht mehr zur Kühlung bringenden Verdunstung zur Verfügung. Auch fehlende Vegetation senkt die Verdunstungsleistung und trägt zu höheren Temperaturen und geringerer Luftfeuchtigkeit in Städten bei. Des Weiteren können sich die zur Versiegelung und zum Bau verwendeten Materialien wie Asphalt und Beton stark aufheizen. Nachts wird die gespeicherte Wärme an die Luft abgegeben und beeinträchtigt somit die nächtliche Abkühlung der Stadtluft. Besitzen diese Materialien auch noch eine dunkle Oberfläche heizen sie sich noch stärker auf, da sie mehr Sonnenlicht absorbieren wie helle Oberflächen. Dichte und hohe Bebauung begünstigen windstille Verhältnisse, die wiederum die Frischluftzufuhr und den Abtransport der Schadstoffe erschweren. Diese Schadstoffe verändern zum einen die Luftqualität und legen sich zum anderen wie eine Dunstglocke über die Stadt. Dadurch hemmen sie den Abtransport der Wärme. Die Abwärme von Verkehr, Industrie und menschlichen Haushalten verstärken nochmals den Wärmeinseleffekt.



SICHT

VORBEREITUNG IM UNTERRICHT

Eine ausführliche Vorbereitung im Unterricht ist nicht notwendig, da die Schülerinnen und Schüler alle wichtigen Informationen am Tour-Tag bekommen. Damit die Schülerinnen und Schüler unvoreingenommen forschen und experimentieren können, ist es sinnvoll, die das Stadtklima beeinflussenden Faktoren noch nicht im Unterricht zu behandeln. Allerdings ist es natürlich von Vorteil, wenn die Schüler sich schon etwas mit Wetter und Klima sowie Klimawandel auskennen.

Leitfragen für den Forschertag

- Welche Faktoren beeinflussen das Stadtklima?
 - Wieso unterscheidet sich das Klima in der Stadt vom Klima auf dem Land?
 - Wieso kühlt es in Städten nachts weniger ab als im Umland?
 - Wie sieht eine Stadt aus, deren Stadtklima nicht übermäßig vom Klima des Umlands abweicht?
 - Wie verändert sich das Stadtklima im Zuge des Klimawandels?
 - Was kann ich selber tun, um das Stadtklima zu verbessern?
-

Ablauf Forschertag

- Geführte Tour durch den Wetterpark
 - Einführung in das Thema Stadtklima und Erklärung des Versuchsaufbaus
 - Durchführung der Experimente
 - Ergebnissicherung, Diskussion und Ausblick
-

Ort und Anfahrt

Tour-Ort:

Regionalpark Portal Wetterpark Offenbach, Am Wetterpark 15, 63071 Offenbach

Erreichbarkeit:

S1, S2, S8, S9 bis Offenbach Ost,
dann mit dem Bus 106 Richtung Wetterpark, dies ist die Endhaltestelle (1 Minute Fußweg)

Hier ein paar hilfreiche Links*

Klima. Wie funktioniert der Klimawandel? Wie kannst du das Klima schützen?

http://www.ufu.de/media/content/files/Fachgebiete/Klimaschutz/Soko%20Klima/Info-Heft_Klima_ds.pdf

Klimaschutz und Klimapolitik. Materialien für Bildung und Information

http://www.umwelt-im-unterricht.de/uiufiles/dateien/klima_de_schuelerhefte.pdf

Meine Stadt, das Klima und ich

<http://lehrer-klima.verbraucher.de/stadt-klima-ich.php>

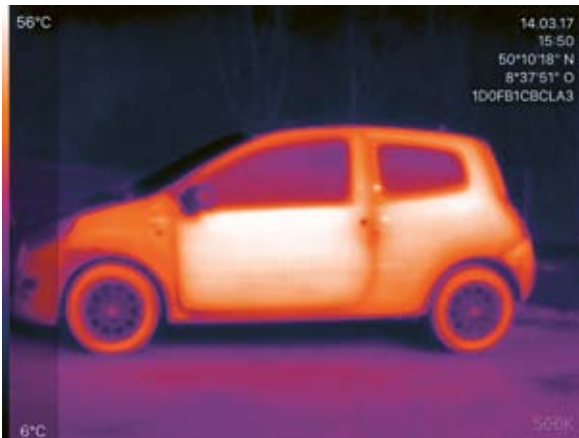
* letzter Zugriff 21.03.2017

FORSCHERWERKZEUGE

In diesem Abschnitt stellen wir Ihnen vor mit welchen Forscherwerkzeugen die Schülerinnen und Schüler arbeiten werden.

Wärmebildkamera

Wärmebildkameras messen die für das menschliche Auge nicht wahrnehmbare Wärmestrahlung mittels Infrarotstrahlen. Dadurch ist es möglich sämtliche Temperaturbereiche eines Objekts gleichzeitig zu messen und anzeigen zu lassen.



Infrarotthermometer

Mit Hilfe des Infrarotthermometers kann die Temperatur von Objekten gemessen werden ohne diese zu berühren.

Er misst die Infrarotstrahlung, die jedes Objekt abgibt, welches eine Temperatur >0 Kelvin ($-273,15^{\circ}\text{C}$) hat. So kann die Temperatur verschiedener Oberflächen gemessen und verglichen werden.



Thermometer



Ein Thermometer dient zur Messung der Temperatur. Der Name Thermometer kommt aus dem altgriechischen und ist zusammengesetzt aus den griechischen Wörtern *thermós* für warm und *métron* für messen. Die Messung der Temperatur in der Einheit Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) kann mittels mechanischer Veränderungen in sogenannten Bi-Metallen erfolgen. Eine weitere klassische Methode der Temperaturmessung ist die Messung mittels Flüssigkeitsthermometer. Je nach Temperatur besitzt die Flüssigkeit eine andere Ausdehnung und steigt so in einem feinen Glasrohr (= Kapillare) nach oben oder sinkt entsprechend. Moderne Thermometer messen die Temperatur über Thermosensoren oder über Wärmestrahlung (Pyrometer).

Hygrometer



Ein Hygrometer dient zur Messung der Luftfeuchtigkeit. Der Name Hygrometer kommt aus dem altgriechischen und ist zusammengesetzt aus den griechischen Wörtern **hydrós** für **nass** und **métron** für **messen**.

Die Messung der Luftfeuchtigkeit kann mittels mechanischer Veränderungen wasseranziehender – hygroskopische – Eigenschaften von Stoffen erfolgen oder aber digital durch die Änderung elektrischer Eigenschaften. Die Einheit der sogenannten relativen Luftfeuchtigkeit wird in der Regel mittels Hilfsmaß-einheit in Prozent angegeben (%).

Das von uns verwendete eingesetzte Hygrometer misst die elektrischen Änderungen der Luftfeuchtigkeit digital und gibt diese auf einem Bildschirm aus.

Anemometer



Ein Anemometer dient zur Messung der Windgeschwindigkeit. Der Name Anemometer kommt aus dem altgriechischen und ist zusammengesetzt aus den griechischen Wörtern **anemos** für **Wind** und **métron** für **messen**.

Es gibt verschiedene Bauformen des Anemometers.

Wir verwenden ein sogenanntes Flügelrad-Anemometer, welches ein wenig an eine Windkraftanlage erinnert und einen zusätzlichen Schutzring um die Rotationsblätter besitzt. Die Messung der Windgeschwindigkeit erfolgt elektronisch über die Berechnung der sogenannten Winkelgeschwindigkeit und wird in der Einheit Meter pro Sekunde (m/s) angegeben.

Tabelle Windgeschwindigkeiten

Beaufort Skala	Bezeichnung	Geschwindigkeit [m/s]
0	Windstille	0,0 – < 0,3 m/s
1	Leichter Zug	0,3 – < 1,6 m/s
2	Leichte Brise	1,6 – < 3,4 m/s
3	Schwache Brise	3,4 – < 5,5 m/s
4	Mäßige Brise	5,5 < 8,0 m/s
5	Frische Brise	8,0 – < 10,8 m/s
6	Starker Wind	10,8 – < 13,9 m/s
7	Steifer Wind	13,9 – < 17,2 m/s
8	Stürmischer Wind	17,2 – < 20,8 m/s
9	Sturm	20,8 – < 24,5 m/s
10	Schwerer Sturm	24,5 – < 28,5 m/s
11	Orkanartiger Sturm	28,5 – < 32,7 m/s
12	Orkan	> 32,7 m/s

CHECKLISTE

Checkliste zur Vorbereitung der Regionalpark-ScienceTour

Um Ihnen die Vorbereitung auf den Tour-Tag zu erleichtern, haben wir einige wichtige Punkte für Sie zusammengestellt:

- Antrag für Ausflug/Projekttag an der Schule stellen
- Einverständniserklärung zum Unterschreiben für die Erziehungsberechtigten verteilen (Elternbrief als Download auf www.regionalpark-sciencetours.de)
- Unterschriebene Einverständniserklärung einsammeln
- Organisation der Anreise: Zug- oder Busverbindung auswählen, Erfragen von Monatsfahrkarten der Schüler, (Gruppen-)Fahrkarten besorgen oder einen Bus buchen, eventuell Begleitpersonen suchen, Eltern über die An- und Abfahrtszeiten informieren
- Das Kollegium über die Abwesenheit der Schülerinnen und Schüler informieren

Das sollten die Schülerinnen und Schüler für den Forschertag bitte unbedingt mitbringen:

- Rucksack
- Trinkflasche
- Pausenproviant
- wetterfeste Kleidung
- festes Schuhwerk
- Schreibutensilien

Wir freuen uns auf einen spannenden Forschertag mit Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern!

DER FORSCHERTAG

Nach der Begrüßung geht es auf die geführte Tour durch den Wetterpark. Begleitet werden die Schülerinnen und Schüler von im Wetterpark beschäftigten Meteorologen. Hierbei lernen sie unter anderem die Wetterphänomene Sonne, Wind sowie Niederschlag kennen und erfahren, dass Wetter nicht gleich Klima ist. Informationstafeln und verschiedene Exponate dienen der Veranschaulichung, doch haben die Schülerinnen und Schüler auch die Möglichkeit den Experten vor Ort Fragen zu stellen.

Im Anschluss wird das Stadtklima thematisiert, welches im Ballungsraum Rhein-Main einen starken Alltagsbezug besitzt. Zunächst bekommen die Schüler eine kleine Einführung in das Thema mit folgender Erläuterung des Versuchsaufbaus.

Die Schüler erstellen nun erste Hypothesen und formulieren Forscherfragen, die sie im folgenden Versuch überprüfen können.

Ausgestattet mit den nötigen technischen Messgeräten (Thermometer, Hygrometer, Anemometer, Infrarotkamera, Wärmebildkamera und Stoppuhr) geht es in Kleingruppen an die experimentelle Durchführung. Die Schüler können nun mit Hilfe von einfachen Modellen Städte selber bauen. Wetterphänomene wie Sonne und Wind werden mit Hilfsmitteln simuliert. Um nun die Faktoren, die das Stadtklima beeinflussen zu erforschen, können die Schüler verschiedene Städteszenarien erstellen: Dabei messen sie die Temperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in bestimmten Zeitabständen und vergleichen diese Werte mit verschiedenen Szenarien. Außerdem wird überprüft wie schnell sich verschiedene Materialien aufheizen und wie stark sie Wärme speichern. Zum Schluss findet eine Ergebnissicherung und eine Diskussion mit Ausblick statt.

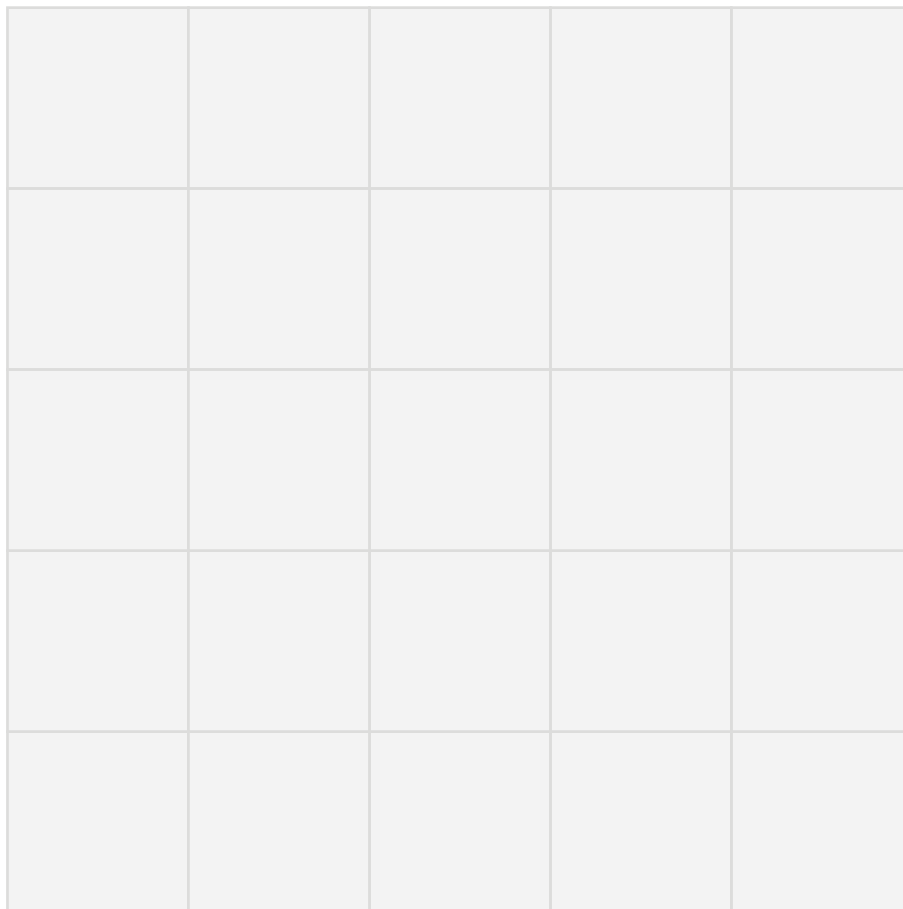


ANREGUNGEN ZUR NACHBEREITUNG IM UNTERRICHT

Die Nachbereitung dient der Wiederholung und Vertiefung des Themas Stadtklima

AUFGABE: STÄDTEBAU

- Hier könnt ihr versuchen eine Stadt zu erbauen, welche die Vorteile des Dorfes und des Umlands in sich vereint und so für ein besseres Stadtklima sorgt.
- Skizziert eure Stadt grob und notiert worauf ihr geachtet habt:



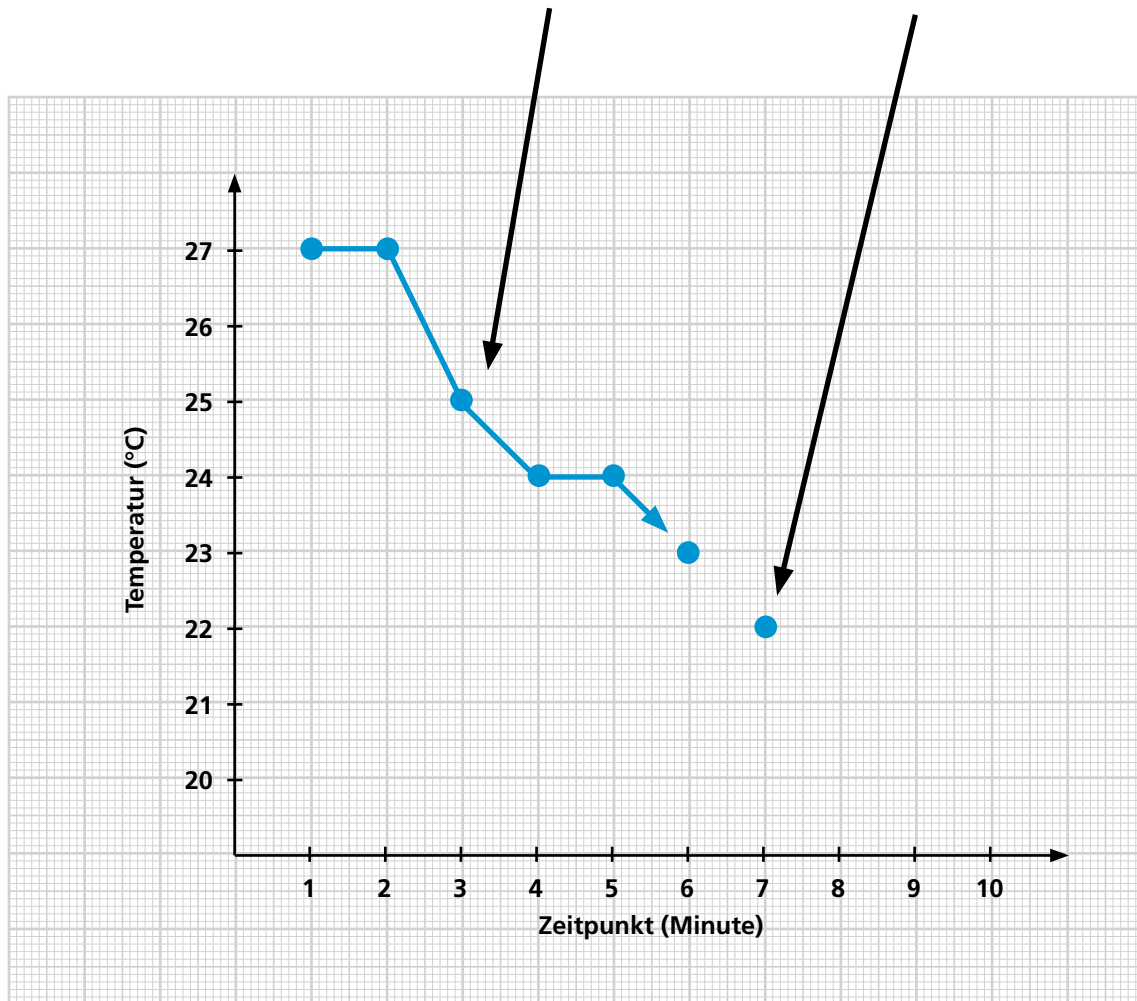
Darauf haben wir geachtet:

Grafische Darstellung der Messwerte

Stellt eure Messwerte graphisch dar. Hierfür könnt ihr das Computerprogramm Excel oder Millimeterpapier verwenden. Anschließend könnt ihr die Graphen miteinander vergleichen. Gibt es Unterschiede? Notiert diese!

Beispiel Graphen Temperatur (Nacht):

Zeitpunkt der Messung [Minute]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur [°C]	27	27	25	24	24	23	22			



Unterschiede Dorf – Stadt:

AUFGABE

Lest euch den Zeitungsartikel „Die reinste Sauna“ gut durch. Erarbeitet in Gruppen folgende Fragen. Eure Antworten können über den Artikel hinausgehen. Im Anschluss findet eine Ergebnissicherung und Diskussion in der Klasse statt.

Die reinste Sauna

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 18.08.2012, Andreas Frey

Das Problem mit der Hitze hat Freiburg genauso wie New York. Klimaforscher warnen schon seit langem: Unsere Städte heizen sich auf. Doch Stadtplaner wissen immer noch nicht so recht, was sie dagegen tun sollen.

Freiburg kann das Paradies sein. Doch in der sengenden Mittagshitze ist die Stadt eher die Hölle. Die Sonne scheint nicht, sie brät. Einzig im Schatten lässt es sich aushalten. Den findet man dieser Tage beispielsweise auf dem Platz der Alten Synagoge, der an das Freiburger Universitätsgelände grenzt. Stämmige Platanen haben an den Rändern der großen Rasenfläche ein grünes Dach aufgespannt. Noch bieten sie Schutz. Doch schon in ein paar Monaten wird die Motorsäge anrücken.

Freiburg soll urbaner werden, hat die selbsternannte „Green City“ beschlossen. Dafür müssen Rasen und zahlreiche Bäume weichen. Die Neugestaltung des Platzes ist längst zum Politikum geworden. Kritiker sprechen von einem Backofen, den man sich da in der wärmsten Stadt Deutschlands bauen werde. Ein neues Gutachten der Universität Freiburg bescheinigt, dass das zu unerträglicher Hitze im Sommer führen wird. Die Klimaerwärmung ist in dem Szenario noch gar nicht berücksichtigt.

Mehr als die Hälfte der Menschheit wohnt mittlerweile in Städten, in Deutschland sind es drei Viertel der Bevölkerung. Um Wohn- und Büroraum zu schaffen, werden Freiflächen systematisch zugebaut. Die kompakte, verdichtete City ist eines der beliebtesten Konzepte der modernen Stadtplanung. Welche Folgen das für das Stadtklima hat, ist bislang kaum erforscht worden. „Das Wissen über den Klimawandel in der Stadt ist kümmerlich bis nicht vorhanden“, sagt der Meteorologe Hans von Storch von der Universität Hamburg. Global gesehen sei der Klimawandel zwar sehr gut untersucht und nachgewiesen, und er sei keineswegs auf die zunehmende Urbanisierung zurückzuführen, wie Klimaskeptiker gerne behaupten. Doch auf lokaler Ebene lägen bisher lediglich dürre Ergebnisse und vage Erkenntnisse vor, sagt von Storch.

Dazu tausendundeine meteorologische Prozessstudien, die zwar hübsche Ergebnisse lieferten, aber kein überzeugendes Gesamtbild. Dabei ist der städtische „Wärmeinsel-Effekt“ schon vor zweihundert Jahren beschrieben worden.

Der Apotheker, Hobby-Meteorologe und Wolkenforscher Luke Howard wies ihn 1819 am Beispiel seiner Heimatstadt London nach und verfasste zwei Bände zum Thema „The Climate of London“.

Städte sind häufig einige Grad wärmer als das Umland

Er zeigte damals, dass die Stadt, vor allem bei strahlungsintensiven Hochdruckwetterlagen, ganzjährig um ein bis drei Grad wärmer ist als ihr Umland. Ursachen für diesen Effekt sind ebenfalls schon gefunden worden: Die dichte Bebauung bremst Winde, erzeugt aus sich heraus Wärme, speichert sie und fördert damit häufig noch die Konvektion im Osten der Stadt, so dass dort mehr Regen fällt. Zudem ist die Stadt eine stete Quelle von Luftschadstoffen. Die Wärme- und Schadstoffschicht hängt häufig wie eine Glocke über der Stadt, sie kann Dutzende Meter mächtig sein.

Seit rund vierzig Jahren weiß man auch, dass die Intensität des Wärmeinsel-Effekts mit der Größe der Stadt zunimmt. Er wirkt sich in höheren Breiten stärker aus als in den Tropen. In Vancouver etwa sind in den siebziger Jahren ganze zwölf Grad Unterschied zwischen Stadt und Umland gemessen worden.

Zum ohnehin schon vorhandenen Inseleffekt kommt auf die Stadtbewohner der Klimawandel und damit eine weitere Erhöhung der Temperaturen um zwei bis drei Grad bis zum Ende dieses Jahrhunderts zu; so jedenfalls lautet die optimistischste Prognose des Weltklimarates der Vereinten Nationen. Was können Städteplaner da noch tun? Wie soll man sich auf eine zweifellos wärmere Zukunft einstellen?

Nach Ansicht von Storchs bedarf es zunächst einer besseren statistischen Grundlage. Nur dann ließen sich die Auswirkungen des Wärmeinsel-Effekts und der Klimaerwärmung sauber voneinander trennen. Diese grundlegende Klimastatistik fehlt allerdings in vielen Städten. Die Meteorologen hätten ihre Schularbeiten noch nicht gemacht, sagt Hans von Storch. Allerdings auch keine ganz einfache Aufgabe: Stadtklima ist hochkomplex und sehr individuell, setzt sich aus Hunderten von Mikroklimaten zusammen.

Bebauungsart und Topographie sind entscheidend

Bebauungsart, Gebäudedichte, Baumaterialien, Topographie und Relief müssen berücksichtigt werden. Eine Kesselanlage beispielsweise, wie man sie in Stuttgart antrifft, verzögert den Luftaustausch. Als Folge davon wird die Luft dort im Sommer noch schneller stickig.

Weil das Mikroklima nicht in allen Straßenzügen gemessen werden kann, hilft man sich gern mit Simulationen im Windkanal und numerischen Modellen. Es geht allerdings auch einfacher, wie ein Beispiel aus Utrecht zeigt: Weil dort kaum Daten existierten, montierten zwei Meteorologen Sensoren auf Fahrräder, mit denen sie jeden Morgen und jeden Abend zur gleichen Zeit zur Arbeit und zurück fahren. So entstand schon ein erstes brauchbares Profil.

Auch in Städten wie Hamburg hat man grundlegende Arbeiten viele Jahre lang vernachlässigt. Erst jetzt werde das ordentlich untersucht, sagt von Storch: „Die Frage ist doch zum Beispiel: Begrüne ich ein Dach, weil ich nur annehme, dass es das Klima in meinem Stadtteil positiv beeinflusst? Oder mache ich es, weil ich sicher weiß, dass es etwas bringt?“

Analysen des Stadtklimas sind das eine. Das andere ist die Frage, wie man die ermittelten Daten interpretiert und welche Schlüsse man daraus ableitet. Der Freiburger Meteorologe Andreas Matzarakis hat seit mehr als zwanzig Jahren untersucht, wie sich das Wetter auf den menschlichen Organismus auswirkt. Stadtplaner beachteten diesen Aspekt nicht genügend. Sie konzentrierten sich zum Beispiel nur auf Messgrößen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit, dabei seien diese Faktoren kaum zu beeinflussen und hätten obendrein viel weniger mit dem Wohlempfinden des Menschen zu tun, als man allgemein denken würde.

Sonneneinstrahlung und Wind dagegen könne man lenken. Eine Stadt, die Frischluftschneisen berücksichtige, könne atmen. Und ein Baum, der einen großen Schatten werfe, schütze vor praller Sonne, auch wenn das die Lufttemperatur kaum ändere. Als Beispiel führt Matzarakis ebenden Platz der Alten Synagoge in Freiburg an. In einer Studie, die jetzt im Tagungsband „Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics“ (Springer Atmospheric Sciences) veröffentlicht wurde, hat er berechnet, dass die sogenannte „physiologisch äquivalente Temperatur“ – ein ähnliches Maß wie die gefühlte Temperatur – nach dem Umbau des Platzes um bis zu zehn Grad zunehmen wird. Zudem wird sich der Zeitraum, in dem Hitzestress auftreten kann, von drei auf fünf Monate ausdehnen, und auch die Frequenz der heißen Tage wird sich erhöhen. Als Ursachen benennt er den fehlenden Schatten der Bäume sowie die Oberflächengestaltung des Platzes aus Granit.

Die „gefühlte Temperatur“

Matzarakis' Ergebnisse fußen auf der Erkenntnis, dass sich dreißig Grad Lufttemperatur nicht immer gleich anfühlen. Wie dreißig Grad vom Menschen empfunden werden, hängt von der direkten oder indirekten Einstrahlung der Sonne ab, außerdem von Feuchte und Windgeschwindigkeit. Indizes wie die physiologisch äquivalente Temperatur berücksichtigen zudem Körpergewicht, Geschlecht, Bekleidung sowie

die nicht unwesentliche Frage, ob ein Mensch gerade steht, läuft oder sitzt. Dreißig Grad in der reflektierten Sonne der Hochhausschluchten des New Yorker Broadways beispielsweise fühlen sich unerträglich an, während sie nebenan im Central Park fast schon behaglich sein können.

Das Konzept der „gefühlten Temperatur“ ist allerdings nicht unumstritten. Kritiker monieren, dass man die Gesamtheit aller Einflüsse auf den Menschen nicht in eine Formel packen könne, zumal sie häufig sehr subjektiv erlebt würden. Dass Bäume vor Sonne schützen, ist allerdings auch Stadtplanern bekannt. Sie wissen, dass man Beton und Asphalt eigentlich aufbrechen und Schneisen in den Stadtdschungel schlagen müsste, um die Überhitzung zu stoppen. „Planer sind heute besser ausgebildet, sie können auch mit Begriffen wie Klima und Lufthygiene etwas anfangen“, sagt der Klimatologe Wilhelm Kuttler von der Universität Duisburg-Essen, der im Ruhrgebiet seit Jahrzehnten eng mit Stadtplanern zusammenarbeitet. Die Kooperation sei viel enger geworden, sagt er.

Etwas kritischer sieht das die Stadtplanungsexpertin Sonja Deppisch von der Hafen-City-Universität Hamburg. Sie bezweifelt, ob das in der Praxis schon überall so ist. Städte wie Stuttgart, die bereits seit längerem gegen schlechte Luftqualität und Hitze kämpfen, seien natürlich daran interessiert. Aber viele andere Städte hätten das Problem noch gar nicht erkannt und setzten sich deshalb auch nicht mit den erwartbaren Folgen des Klimawandels auseinander.

Kommunalpolitiker scheuen vorbeugende Maßnahmen gegen den Hitzekollaps der Städte häufig aus ganz simplen Gründen. Eine Rasenfläche muss immer wieder gemäht, ein Baum gelegentlich beschnitten werden. Deshalb werden vorzugsweise Bäume mit möglichst kleiner Krone angepflanzt, schon aus Haftungs- und Versicherungsgründen, weil große Bäume eben sturmanfälliger sind. Gewerbesteuer werfen Grünflächen natürlich auch nicht ab. Und plätschernde Brunnen, die ebenfalls zur Abkühlung beitragen können, verursachen laufende Kosten im Haushalt.

Eigeninitiative der Bewohner ist gefordert

Wo die Stadtplanung versagt, ist die Eigeninitiative der Bewohner gefordert. Hitzestress ist nicht zuletzt eine Frage des Verhaltens. Wer der Mittagsglut entkommen will, greift am besten zu altmodischen Mitteln: wenn es geht, zu Hause bleiben und die Fenster verdunkeln. Klimaanlage hingegen kühlen zwar das eigene Heim, das Büro oder das Auto, doch die städtische Umgebung wird dadurch insgesamt noch heißer. In den wärmeren Regionen der Vereinigten Staaten von Amerika und in Teilen Ostasiens kühlt es durch den massenhaften Einsatz von Klimaanlage sogar nachts nicht mehr ab. Und so sitzen die Menschen dort in der selbstgemachten Hitzefalle.

<http://www.faz.net/-gwz-721ss> *

* Zuletzt geprüft: 28.02.2017

AUFGABE

Wenn ihr den Artikel auf der vorhergehenden Seite „Die reinste Sauna“ von Andreas Frey vom 18.08.2012 gelesen habt, beantwortet in Gruppenarbeit folgende Fragen. Eure Antworten können über den Artikel hinausgehen. Im Anschluss findet eine Ergebnissicherung und Diskussion in der Klasse statt.

Wo liegt das Problem?

Welche Faktoren beeinflussen das Stadtklima?

Welche Gefahren bringt die geplante Veränderung in Freiburg?

Wie sollten Städte gebaut werden, um das Stadtklima zu verbessern?

Welche Folgen kann das Stadtklima auf den Menschen haben?

Was könnt ihr tun?

LÖSUNGEN

Wo liegt das Problem?

Das Klima in der Stadt ist anders als im Umland
→ wärmer, windstill, mehr Schadstoffe, geringere Luftfeuchte

Welche Faktoren beeinflussen das Stadtklima?

Geografische und topografische Faktoren, Höhe und Dichte der Gebäude, Gestaltung der Oberflächen, Versiegelungsgrad, Material, Farbe, Vegetation, Baumaterialien, Infrastruktur, offene Wasserflächen

Welche Gefahren bringt die geplante Veränderung in Freiburg?

Freiburg soll urbaner werden, Rasen Bäume weichen
→ unerträgliche Hitze, Frequenz heißer Tage wird erhöht

Wie sollten Städte gebaut werden, um das Stadtklima zu verbessern?

Frischluftschneisen, ausreichend Begrünung, auf Materialien und Farbe achten, Struktur der Bebauung beachten, Bäume spenden Schatten ...

Welche Folgen kann das Stadtklima auf den Menschen haben?

Besonders während Hitzeperioden ist es kaum möglich der Hitze zu entgehen um den Körper ab zu kühlen. Besonders für Kinder, kranke und alte Menschen kann dies zu einer ernsten Gefahr werden. Schlafstörungen, Kreislaufprobleme, Hitzeerschöpfung, Hitzeschlag können Folgen heißer Temperaturen sein und auch junge gesunde Menschen treffen. Die Feinstaubbelastung der Luft stellt außerdem einen gesundheitsgefährdenden Faktor dar.

Was könnt ihr tun?

Begrünung des Schulhofes, bepflanzt euren Balkon, Schulteich, Teich im Garten, nicht so viel Abwärme produzieren, Schadstoffproduktion verringern

NÜTZLICHE LINKS ZUR NACHBEREITUNG *

Klima im Kleinen. Unterrichtsmaterialien zu den Themen Stadtklima & Innenraumluft für die Sek I

http://www.ufu.de/media/content/files/Fachgebiete/Klimaschutz/Schule_und_Kiez/UfU_KlimaimKleinen_1312_V5.pdf

Meine Stadt, das Klima und ich

<http://lehrer-klima.verbraucher.de/stadt-klima-ich.php>

Planung und Klima. Was ist Stadtklima? Was hat Klima mit Städtebau zu tun?

http://www.ufu.de/media/content/files/Fachgebiete/Klimaschutz/Soko%20Klima/Info-Heft_Planung_Klima_ds.pdf

Stadtgrün für Mensch und Umwelt

<http://www.umwelt-im-unterricht.de/wochenthemen/stadtgruen-fuer-mensch-und-umwelt/>

* letzter Zugriff: 21.03.2017

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

Stefanie Nett

Master of Science Biologie (Johannes von Gutenberg Universität in Mainz). Sie ist seit Juni 2016 Doktorandin in der Didaktik der Biowissenschaften und Zootierbiologie.

Eric Thiel

Diplom Biologe (Goethe-Universität Frankfurt am Main). Er ist seit September 2016 Doktorand in der Didaktik der Biowissenschaften und Zootierbiologie.

Waltraud Bütöf

Die Meteorologin ist seit 2006 Wetterparkführerin im Regionalpark Portal Wetterpark Offenbach.

Denny Karran

Der Meteorologe ist seit 2012 Wetterparkführer im Regionalpark Portal Wetterpark Offenbach.

Dorothea Paetzold

Die Diplom Meteorologin ist seit 2006 Wetterparkführerin im Regionalpark Portal Wetterpark Offenbach.

Forschung und Wissenschaft erleben und begreifen

Raus aus dem Schulalltag – Rein in die Region!

Das Projekt ist eine Kooperation des Regionalpark RheinMain, der Goethe-Universität Frankfurt am Main und des Regionalverbandes FrankfurtRheinMain.

**REGIONAL
PARK
RHEINMAIN**

**GOETHE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN**

Regionalverband
FrankfurtRheinMain



Die Stiftung Flughafen Frankfurt/Main für die Region hat die Durchführung des Projekts ermöglicht.

Stiftung Flughafen Frankfurt/Main
für die Region



Impressum

Autoren:

Stephanie Nett

Eric Thiel

Redaktion:

Katharina Völk M.A.

Projektbüro Regionalpark-ScienceTours

Fotos/Illustrationen:

Seite 2: 4FR, iStock.com

Seite 4: Katharina Völk

Seite 6: chokchaipoomichaiya, iStock.com

Seite 7 bis 8: Katrin Small, Julia Urchenko,
iStock.com, Nikola Schulz

Seite 10: Katharina Völk

Seite 12 und 13: Eric Thiel

Seite 15: Linda Yolanda, iStock.com

Gestaltung:

Hausgrafik, www.hausgrafik.de

Druck:

dieUmweltDruckerei GmbH, Hannover

Auflage:

100 Hefte

© Regionalpark-ScienceTours, April 2017

Klimaneutral auf 100 % Recyclingpapier
(ausgezeichnet mit dem Blauen Engel) mit Farben
auf Basis nachwachsender Rohstoffe gedruckt.

Kontakt

Projektbüro Regionalpark-ScienceTours
Goethe-Universität Frankfurt am Main
PR & Kommunikation
Theodor-W.-Adorno-Platz 1
60323 Frankfurt am Main

T: (069) 79 84 22 78

E: kontakt@regionalpark-sciencetours.de

www.regionalpark-sciencetours.de



**REGIONAL
PARKSCIENTOURS**