Braunschweiger Wissenschaft für Braunschweig:
Stadtklimauntersuchung zu Kaltluftleitbahnen in Braunschweig

Erstmals hat ein Team von Wissenschaftlern* des Instituts für Geoökologie der TU Braunschweig um Laura Grunwald gezielt einen wichtigen Teilbereich des Stadtklimas in Braunschweig erforscht - die Kaltluftleitbahnen. Zusammen mit Meinolf Kossmann vom Deutschen Wetterdienst und Prof. Dr. Stephan Weber ging sie neue Wege. Nach eineinhalb Jahren intensiver Forschungstätigkeit konnten die drei schließlich ihre Ergebnisse im Sommer 2019 vorlegen. "Mapping urban cold-air paths in a Central European city using numerical modelling and geospatial analysis", so lautet der Originaltitel ihrer Arbeit, wie er in der amerikanischen Fachzeitschrift Urban Climate im September veröffentlich wurde. In deutscher Übersetzung: "Kartierung von städtischen Kaltluftleitbahnen mithilfe numerischer Modelle und raumbezogener Analysen in einer mitteleuropäischen Stadt" (die Arbeit liegt nicht in deutscher Sprache vor).

Warum sind städtische Kaltluftleitbahnen und ihre Kenntnis für das Stadtklima so wichtig?

Ein wichtiger Faktor für das thermische Wohlbefinden von Menschen in einer großen Stadt ist der ständige Luftaustausch. Dafür sorgen in der Regel Winde, die in Braunschweig häufig und zumeist aus westlichen bis südwestlichen Richtungen wehen. Bleiben sie dagegen aus, kann sich die Stadt in der wärmeren Jahreszeit regelrecht aufheizen. Das liegt daran, dass sich versiegelte Flächen, wie sie auch im Stadtgebiet Braunschweigs dominieren, bei Sonneneinstrahlung stark erwärmen können. Bei wenig oder gar keinem überregionalen Wind kann diese Wärme schlecht abgeführt werden, staut sich und wird als belastend empfunden. Dies gilt besonders dann, wenn wenig nächtliche Abkühlung stattfindet. Anders sieht es dagegen bei Grünflächen (Landwirtschaft, Parks, Wäldern) aus. Sie erwärmen sich weit weniger stark, wirken ausgleichend und bieten eine höhere Aufenthaltsqualität als die Straßenfluchten und wirken mäßigend auf die Umgebungstemperatur. Unstrittig wird sich diese Problematik bei künftig weiter steigenden Temperaturen verschärfen. Ein Lichtblick: Wenn es unbebaute Flächen gibt (wie etwa die Okerauen), die vom Umland bis ins Stadtinnere führen, dann kann sich die kühlere Umgebungsluft Richtung Stadtmitte ausbreiten und so für eine gewisse Entlastung sorgen. Man spricht dabei von "Kaltluftleitbahnen". Doch wo sind sie? Wie wirksam sind sie? Kann man sie beeinflussen? Die Klärung solcher Fragen ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern hat eine große Bedeutung für das Stadtklima und ist eine wesentliche Grundlage für die Stadtplanung.

Kaltluftleitbahnen - eine Annäherung

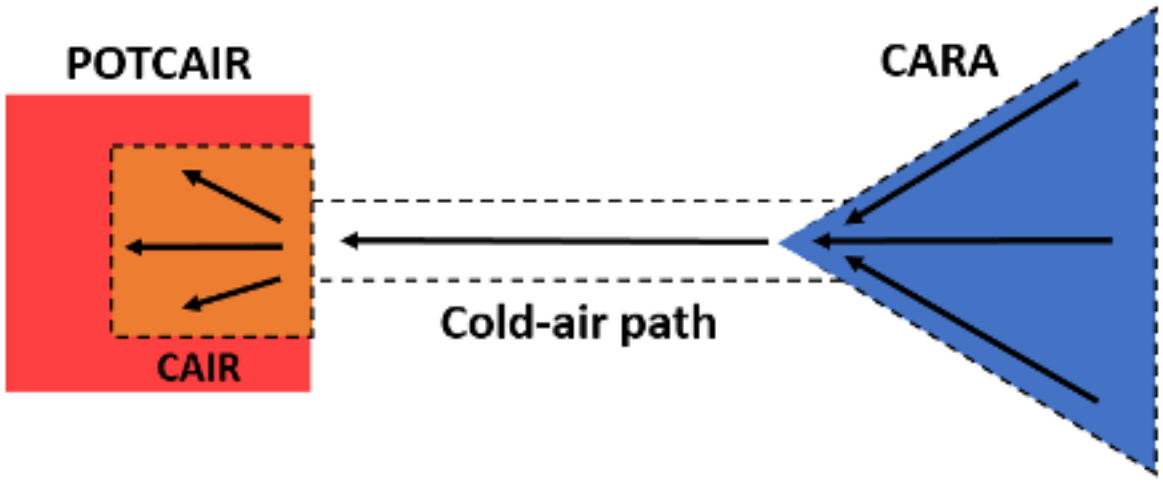
Um solche Bahnen charakterisieren zu können, ist ein erheblicher Aufwand vonnöten. Vorliegende Geodaten (Oberflächengestalt und -beschaffenheit) und Wetterdaten werden unter Verwendung komplexer mathematischer Modelle verknüpft . So können diese Bahnen identifiziert und lokalisiert werden. Ein solches Vorgehen liegt den Stadtklimaanalysen für

*) steht für männliche und weibliche Form

Braunschweig aus den Jahren 2012 und 2017 zugrunde. Verbesserte Rechnerleistungen ermöglichen inzwischen immer kleinräumigere Darstellungen. Ein prinzipielles Dilemma bleibt: Über die tatsächliche Wirksamkeit der Leitbahnen sagen diese Modelle nur bedingt etwas aus - es sind eben modellierte Annäherungen. Hier gehen nun die Braunschweiger Forscher* um Frau Grunwald einen Schritt weiter. Über ein Jahr hinweg wurden an 15 Sensor- und sechs Wetterstationen, die über das gesamte Stadtgebiet verteilt waren, Wetterdaten erhoben, gespeichert und ausgewertet. Neben der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte (wie bei den anderen Messaufnehmern) wurden an den Wetterstationen auch die Windgeschwindigkeit sowie die -richtung gemessen. Den Wissenschaftlern gelang es so, ihre Modellergebnisse mit den realen Verhältnissen abzugleichen und die Übereinstimmung zu prüfen. Erst so kann sich ein Bild ergeben, das die realen Verhältnisse zutreffend wiederspiegelt.

Ein klein wenig Theorie zu den Kaltluftpfaden: Von CARA zu CAIR

Kaltluftleitbahnen verbinden CARA (cold-air reservoir areas) mit CAIR (cold air impact regions). Also Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftausgleichsräume (CARA) mit Kaltluftwirkungsräumen (CAIR). Bereiche, in denen sich Kaltluft ansammelt, können also mit Regionen städtischer Kaltluftauswirkungen verbunden sein. Daneben gibt es potenzielle Kaltlufteinflussbereiche (POTCAIR), d.h. wärmere Bereiche der Stadt, in denen Kaltluft benötigt wird, zu denen aber keine Kaltluftleitbahnen führen.



Kaltluftleitbahnen sind oftmals durch offene, oberflächenrauigkeitsarme Freiflächen gekennzeichnet.
Kaltluftströme können prinzipiell induziert werden durch:
- thermische Unterschiede zwischen Stadt und Land (lokale Druckunterschiede),
- Abfluss ("drainage") in hügeligem Gelände (lokale Dichteunterschiede).
Sie können auftreten, wenn klare und ruhige Nächte mit geringer Bewölkung und niedrigen Windgeschwindigkeiten (man spricht von sogenannten "autochthonen Wetterlagen") vorliegen.

Wo liegen die Kaltluftpfade in Braunschweig?

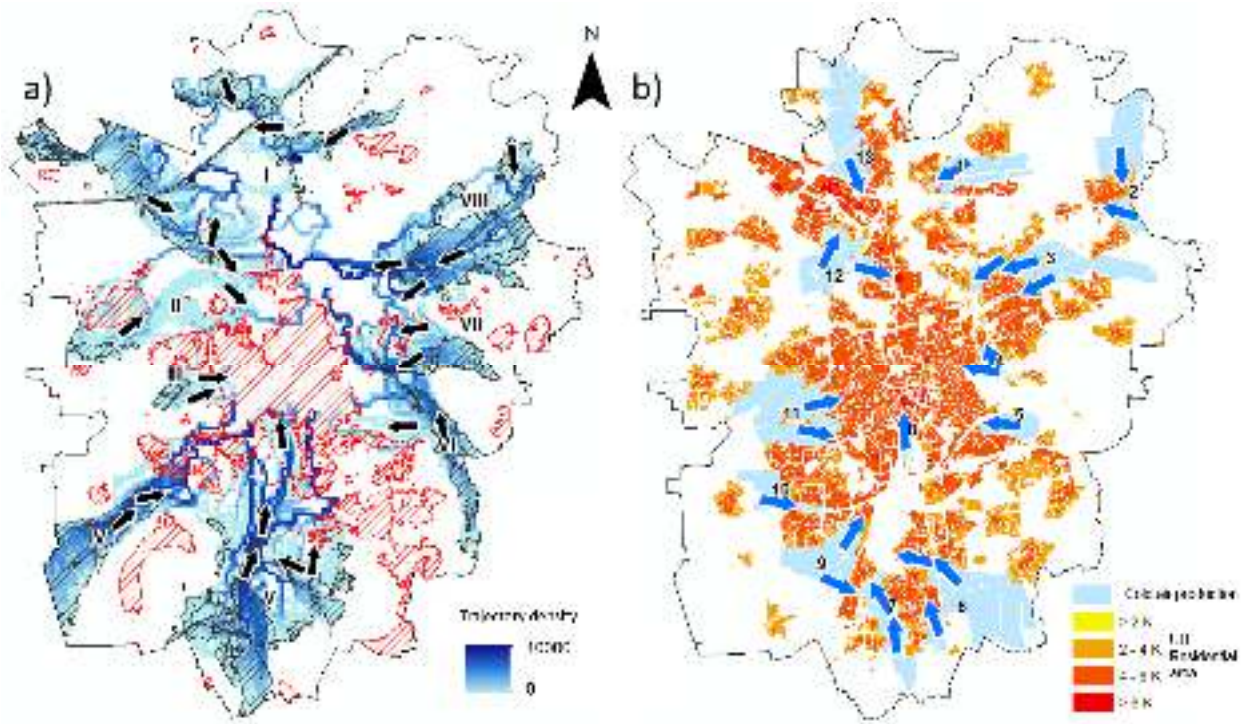


Bild: Vergleich der ermittelten Kaltluftleitbahnen in **Braunschweig**
links: Ergebnisse aus der Studie von Grunwald et al. (2019); rechts: Ergebnisse der **Stadtklimauntersuchung von GEONET (2017)**

Durch ihre Untersuchungen konnte die Forschergruppe für Braunschweig acht wirksame Kaltluftleitbahnen (siehe Karte oben links) ermitteln und näher charakterisieren. Sie sind mit I bis VIII bezeichnet und je nach Intensität abgestuft blau eingefärbt. Pfeile geben die Hauptströmungsrichtung wieder. Zum Vergleich ist rechts eine Karte aus der Stadtklima-untersuchung 2017 von GEO-NET dargestellt, in der die Kaltluftflüsse auf Berechnungen basieren. Die aus dieser Stadtklimaanalyse vorliegenden Geodaten wurden von der Forschergruppe für die Abbildung angepasst.
Die Kaltluftströmungsrichtung ist hauptsächlich in Richtung Stadtzentrum ausgerichtet. Die Wege zeichnen sich durch unterschiedliche Breiten (0,8 - 3,4 km) und Längen (2,4 - 8,5 km) aus. Die Oberfläche der Kaltluftleitbahnen reicht von 1,7 bis 18,0 km^2 und das Kaltluftvolumen von 0,04 bis 0,53 km^3. Die identifizierten Kaltluftleitbahnen unterscheiden sich in ihren Eigenschaften stark in Bezug auf die Effizienzklassifizierung. Erstmalig konnte für die Wirksamkeit der Kaltluftleitbahnen ein Ranking erstellt werden. Es umfasst Werte von 9 bis 44 (S. 12, Grunwald et al., 2019). Eine Kaltluftleitbahn ist umso wirksamer, je mehr Punkte sie aufweist. Im Allgemeinen resultieren Kaltluftpfade mit einer höheren Effizienz-rangfolge aus größeren Längen, größeren Breiten und einem größeren Kaltluftvolumen. Pfad IV liegt mit dem Wert 33 im oberen Drittel. Ein Vergleich der Ergebnisse der Forschergruppe um Fr. Grunwald und der Klimastudie von GEO-NET ergibt, grob gesagt, für den Süden, Osten und Norden weitgehende Übereinstimmung. Dagegen weichen die Ergebnisse für den Westen der Stadt erheblich von einander ab. Kaltluftleitbahnen bei I, II und IV in deren westlichen Bereichen kommen bei GEO-NET nicht vor. Dafür konnten deren Angaben für die Kaltluftwirkung des Geitelder Berg (hier Nr. 9) von den Brauschweiger Forschern nicht bestätigt werden. Ihre Begründung: Hügel, wie der Geitelder Berg, führten zu einem Abfließen der zunächst vorhandenen Kaltluft, die dann im weiteren Verlauf (der

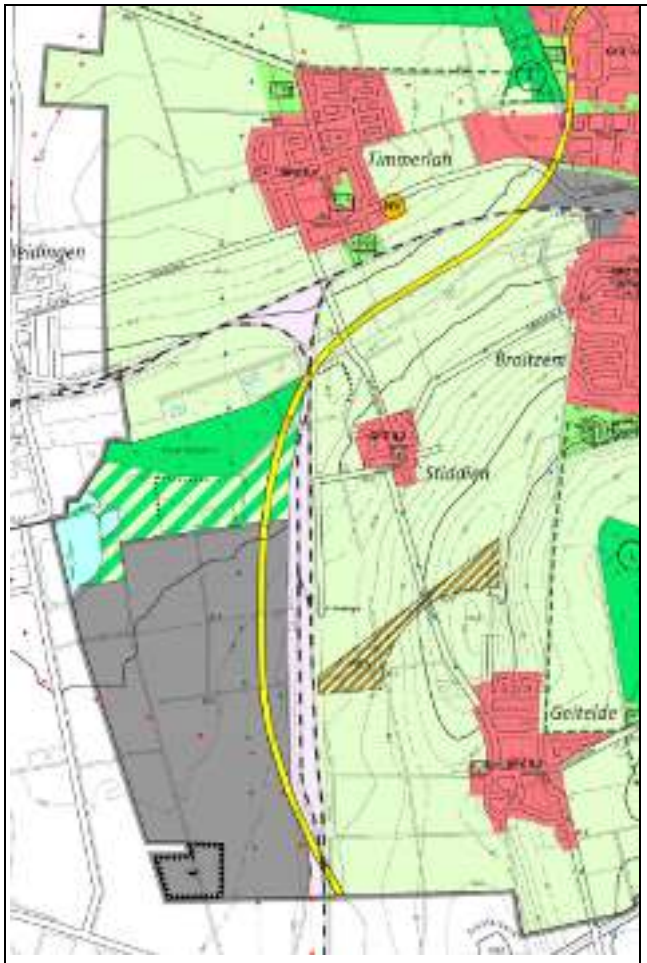
Nacht) durch wärmere Luft aus der Höhe ersetzt wird, so dass gemittelt über die Nacht keine Kaltluftwirkung zustande käme.

Was wird für sie empfohlen?

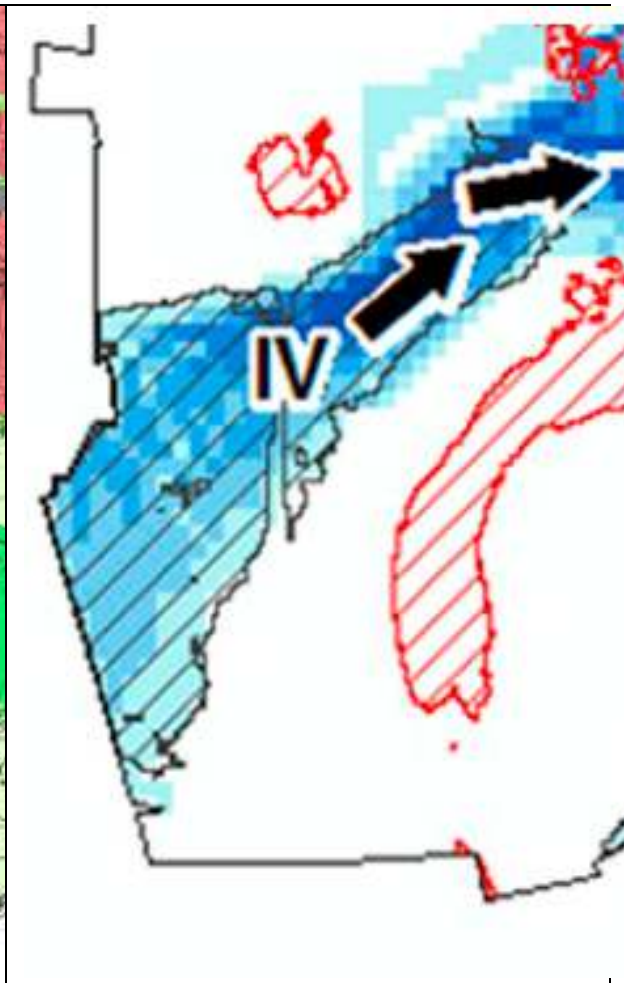
"Mit dem vorliegenden Ansatz können städtische Kaltluftpfade identifiziert und bewertet werden. Ähnliche Methoden zur Identifizierung der städtischen Lüftungspfade wurden zuvor bereits von anderen Forschern (...) berichtet. Das Konzept von POTCAIR und CARA berücksichtigt jedoch die Konnektivität zwischen Kaltluftausgleichsräumen (starke Kaltlufterzeugung oder Zufluss) und Gebieten mit einem Mangel an Kaltluft (Kaltluft-wirkungsräumen). Die Bedeutung eines Korridors, der den Transport von Kaltluft von CARA nach CAIR ermöglicht, wird berücksichtigt. Die Klassifizierung der Effizienz von Kaltluftleit-bahnen ist ein Vorteil, der in ähnlichen Studien noch nicht berücksichtigt wurde. Die Beurteilung hilft bei der Priorisierung der Kaltluftleitbahnen und unterstützt möglicherweise die Entscheidungsfindung. Durch Identifizierung und Priorisierung von städtischen Kaltluftleitbahnen können Planer sicherstellen, dass diese Wege von weiteren Entwicklungen freigehalten werden, oder sie können sogar vorschlagen, Hindernisse abzubauen, die den Kaltluftstrom begrenzen. Im Allgemeinen sollten offene Räume, die zur Erzeugung von Kaltluft fähig sind, freigehalten werden (unbebaut), insbesondere sollten Hänge nicht bebaut werden. Mit der in diesem Beitrag vorgeschlagenen Effizienzklassifizierung ist eine Priorisierung der Kaltluftleitbahnen möglich." (S. 12, frei übersetzt nach Grunwald et al., 2019)

Bürgerinitiative SüdWest Braunschweig fordert praktische Konsequenzen

Pfad IV belegt mit unabweisbarer Deutlichkeit die große Bedeutung der Flächen am Südwestrand von Braunschweig für das Stadtklima. Dort liegt ein großes Kaltluftent-stehungsgebiet. Von im führt eine breite und sehr wirksame Kaltluftleitbahnen Richtung Stadtkern. Damit ist der wissenschaftliche Nachweis eines großen Gewichts für das Stadtklima erbracht. Wiederholt hatte die Bürgerinitiative seit Bekanntwerden der Pläne auf die große Bedeutung der Flächen für das Stadtklima hingewiesen und vor deren Zerstörung durch Versiegelung und Bebauung gewarnt.



Auszug aus dem aktuellsten erhältlichen (!) Flächennutzungsplan der Stadt Braunschweig



Ausschnittsvergrößerung von Bild 10, Grunwald et al., 2019

In völligem Widerspruch zu den Argumenten der Bürgerinitiative hatte Stadtbaurat Leuer in der Vergangenheit mehrmals bestritten, dass ein geplantes interkommunales Gewerbegebiet am südwestlichen Stadtrand nennenswerte Auswirkungen auf das Stadtklima hätte. In der Beantwortung von Anfragen wurde stets in Abrede gestellt, dass Kaltluftströme mit diesem Gebiet in räumlicher Beziehung stünden und stattdessen darauf verwiesen, dass solche erst östlich des Geitelder Bergs ihren Ausgang nähmen. Einzelne Kommunalpolitiker, wie der Fraktionsvorsitzende der SPD im Stadtbezirksrat 222, Herr Dobberphul, gingen noch weiter. Im Planungs- und Umweltausschuss der Stadt Braunschweig am 20.03.19 stellte Ratsmitglied Dobberphul in TOP 26.11 u.a. folgende mündliche Anfrage:

"3. Die Bürgerinitiative zum (ruhenden) interkommunalen Gewerbegebiet hat kommuniziert, wenn man dort bauen wurde, wäre der Klimaschutz in großer Gefahr. Ratsherr Dobberphul fragt, ob dies stimmt. Und wenn ja, warum die Verwaltung keine Gegendarstellung herausgibt.

Die Verwaltung beantwortet die mündliche(n) Anfrage(n) wie folgt:

Stadtbaurat Leuer betont, dass die Aussage falsch ist. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde dies geprüft. Hiernach würden sich keine Auswirkungen auf Luftleitbahnen und Kältezufuhr für die Stadt ergeben. Auf solche Behauptungen habe die Presse reagiert, seitens der Verwaltung werde darauf regelmäßig nicht eingegangen. Dies erfolge regelmäßig dann, wenn Aussagen der Verwaltung falsch wiedergegeben werden.

Nichtsdestotrotz könne die Erwiderung der Verwaltung weiterkommuniziert werden. "
(Wörtliches Zitat aus dem Protokoll)

Höchste Zeit für Kursänderung

Offenbar hält sich das Stadtklima nicht immer an die Vorstellungen von Politikern und Verwaltung. Aber sich zu irren ist eine menschliche Eigenschaft und Irrtümer können korrigiert werden. Dazu besteht hier, wissenschaftlich belegt, große Veranlassung.

Die Bürgerinitiative fordert:

- Statt Pläne für ein Industrie- und Gewerbegebiet lediglich "ruhen zu lassen" , sind sie zu den Akten zulegen.
- Die Kennzeichnung als Industrie- und Gewerbegebiet muss aus dem Flächennutzungsplan gestrichen werden.

Angesichts des real stattfindenden Klimawandels wäre eine Bebauung völlig unverantwortlich gegenüber den in der Stadt lebenden Menschen.

Sachverstand ist in der Stadtverwaltung vorhanden

Seit Februar 2019 liegt in Braunschweig die "Leitlinie für klimagerechte Bauleitplanung vor". Dort werden unter anderen folgende Handlungsbereiche definiert (S. 5):

- Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Förderung einer klimaschonenden Stadt- und Siedlungsstruktur (z. B. durch Erhalt klimawirksamer Freiräume, Vorrang der Innenentwicklung, sparsamen Umgang mit Grund und Boden, angemessene städtebauliche Dichte, effiziente Erschließung)

- Reduzierung und klimaverträglichere Abwicklung von Verkehrsströmen und Stärkung des Umweltverbundes (z. B. „Stadt der kurzen Wege“, Sicherung der wohnortnahen Nahversorgung, ausgewogene Nutzungsmischung, klimagerechte Mobilitätsangebote und -konzepte)

- Vorsorge gegenüber den Folgen des Klimawandels (z. B. Erhalt von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten sowie Luftaustauschbahnen, Verbesserung des Kleinklimas, Schaffung von Klimakomforträumen und Klimaoasen, Vorsorge vor Überflutung durch Starkregenereignisse)

- ...

Bislang allerdings gab eine Lobby aus IHK, Metall- und lokalem Arbeitgeberverband und anderen Verbänden hier den Ton an mit ihrem Credo: Wir brauchen (immer) mehr Industrie- und Gewerbeflächen. Die Kommunalpolitiker, v.a. von CDU und SPD stimmten in den Chor ein: Wir brauchen mehr Arbeitsplätze und mehr Steuereinnahmen und dürfen in der Konkurrenz mit Nachbarkommunen nicht zurückfallen. Inzwischen jedoch wird immer deutlicher: So wie bisher kann es nicht weitergehen. Grünflächen müssen vergrößert, nicht verkleinert werden, wenn eine Stadt im Zeichen des Klimawandels ihre Lebensqualität nicht verlieren will. Für immer neue Gewerbegebiete gibt es zudem keine (gesetzlich aber

vorgeschriebenen) Ausgleichsflächen im Stadtgebiet mehr. Ein nachhaltiges und zukunftsfähiges Entwicklungskonzept sieht dagegen anders aus. Statt Agrarland zuzubetonieren und so zusätzlich unsere Nahrungsgrundlagen zu gefährden, muss eine kluge Politik darauf setzen, vorhandene Flächen besser zu nutzen. Ein Beispiel, wie so etwas aussehen könnte, wäre etwa die "Bahnstadt" (bitte nicht "Brunswick-Rail-Quarters"), wo brachliegende Gewerbeflächen anders und neu genutzt werden sollen.

Neue flächenfressende Mammutgewerbe- und -industriegebiete weitab am Stadtrand mit ihrer Klimaschädlichkeit haben dagegen in Gegenwart und Zukunft in Braunschweig nichts mehr verloren.

Danksagung:
Wir danken Frau Grunwald für kritische Anmerkungen zum fachlichen Teil dieses Artikels

Quellen:

- Mapping urban cold-air paths in a Central European city using numerical modelling and geospatial analysis, Laura Grunwald, Meinolf Kossmann, Stephan Weber
Urban climate, September 2019
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095519300665

- Leitlinie klimagerechte Bauleitplanung
Herausgeber: Stadt Braunschweig Bau- und Umweltschutzdezernat Stadtbaurat Heinz-Georg Leuer Braunschweig, 12.02.2019
https://ratsinfo.braunschweig.de/bi/vo020.asp?VOLFDNR=1012415

- Mündliche Anfrage(n) des Ratsherrn Dobberphul und Antwort von Stadtbaurat Leuer, Planungs- und Umweltausschuss, 20.03.2019
https://ratsinfo.braunschweig.de/bi/to020.asp?TOLFDNR=1034760

- Flächennutzungsplan, Fortschreibung der Neufassung (2005), Stand: Oktober 2019
http://www.braunschweig.de/leben/stadtplanung_bauen/fnp/index_378762.php

-Stadtklimaanalyse Braunschweig 2017, veröffentlicht 2018, GEO-NET
http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/klima/stadtklima/stadtklima_start.php

Edgar Vögel
Braunschweig, 23.10.19