

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 66 (2025)

Heft: 2

Artikel: Klimaanalyse und Grünflächenausscheidung als Grundlage einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung : Beispiel Kanton Aargau

Autor: Meier, Stefan / Zanola, Silvio

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088611>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Klimaanalyse und Grünflächenausscheidung als Grundlage einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung. Beispiel Kanton Aargau

Stefan Meier, Silvio Zanola

Zusammenfassung

Bereits vor fünf Jahren führte der Kanton Aargau eine umfassende GIS-gestützte Klimaanalyse mit Ausscheidung von Planhinweiskarten durch, um zu klären, wie der zunehmenden Hitzeentwicklung in urbanen Gebieten durch städtebauliche und soziale Anpassungsstrategien begegnet werden kann. Die Klimaanalyse wird im Jahr 2025 wiederholt und ergänzt mit der Erfassung der Grünflächen im Siedlungsgebiet. Dafür wurde gemeinsam mit der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) eine Methode entwickelt, die es ermöglicht, die Grünflächen und speziell auch die Baumkronenvolumen zu berechnen. Klimaanalyse und Grünflächen-Ausscheidung in Kombination dienen den kommunalen Planungsbehörden als Grundlage, um eine zielerichtetere hitzemindernde Siedlungsentwicklung voranzutreiben. Der Artikel stellt die Methode, Ergebnisse und ein Anwendungsbeispiel vor.

1 Einleitung

Heisse Sommer, zunehmende Starkniederschlagsereignisse und eine steigende physiologische Hitzebelastung im Siedlungsgebiet verlangen nach städtebaulichen und sozialen Anpassungsstrategien, wenn Menschen mit den zunehmenden Klimaveränderung weiterhin in unseren Städten und Gemeinden leben wollen. Der Klimawandel ist die Herausforderung für das Überleben der Menschheit auf diesem Planeten. Und da immer mehr Menschen in urbanen Räumen leben, wird die Herausforderung an die städtebauliche Entwicklung zunehmend grösser.

Der menschengemachte Klimawandel, an dem es keinen Zweifel gibt, ist die Folge unserer fossilen Vergangenheit seit der Industrialisierung, und leider wurde viel zu spät neben dem Thema Klimaschutz auch das Thema Klimaanpassung aufgegriffen. Das zentrale Ziel, die Treibhausgase, allen voran das CO₂, zu reduzieren und damit die Erderwärmung auf 1.5 bis max. 2 Grad Celsius zu begrenzen, fordert Anstrengung auf allen Ebenen. Lokal in unseren Ländern, aber auch global. Dennoch steht mittlerweile unzweifelhaft fest, dass die Folgen des bisherigen fossilen Zeitalters

Adresse der Autoren: Dr. Stefan Meier, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Entfelderstr. 22, CH-5001 Aarau; E-Mail: stefan.meier@ag.ch; Silvio Zanola, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Entfelderstr. 22, CH-5001 Aarau; E-Mail: silvio.zanola@ag.ch

bereits jetzt und auch in Zukunft spürbar sind. Eine zunehmende Erwärmung gerade in Ballungsräumen lässt sich feststellen. Ohne eine entsprechende hitzeangepasste Siedlungsentwicklung wird das Leben im Hochsommer für viele Bevölkerungsgruppen anstrengender werden. Ältere Menschen, Kranke und Kinder werden zunehmend einer Hitzebelastung ausgesetzt, der mit einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung begegnet werden muss.

Um diese hitzeangepasste Siedlungsentwicklung nach Klimagesichtspunkten zu unterstützen, hat sich der Kanton Aargau bereits vor Jahren auf den Weg gemacht und eine Klimaanalyse mit Hilfe von digitalen Daten und GIS-basiert modelliert (1). Diese Klimamodellierung wird nun aktuell nach fünf Jahren auf Basis aktualisierter Datengrundlagen wiederholt. Die daraus resultierenden Planhinweiskarten dienen dann in der städtebaulichen Entwicklung als Planungsgrundlagen (2).

Bei der hitzeangepassten Siedlungsentwicklung haben die Grünflächen eine besonders wichtige Rolle inne. Grünflächen haben einen positiven Effekt auf die Hitzeminderung im Siedlungsraum. Sowohl bei der Abkühlung durch Verdunstung als auch bei Beschattung und damit Abkühlung von Plätzen und Wegen spielen Grünelemente eine entscheidende Rolle für die Absenkung der physiologisch wirksamen Temperatur. Aus diesem Grund hat der Kanton Aargau gemeinsam mit der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) eine Methode entwickelt, um Grünflächen im Siedlungsraum aus Fernerkundungsdaten zu modellieren und so Auswertungen für einzelne Gemeinden und Städte vornehmen zu können. Diese werden in Zukunft als Planungsgrundlage in Kombination mit den Klimaanalysekarten für die Gemeinden und die Planenden zur Verfügung gestellt. In diesem Artikel werden die Methoden der Klimaanalyse und der Grünflächenausscheidung kurz dargestellt und die Bedeutung der Ergebnisse für die hitzeangepasste Siedlungsentwicklung erörtert.

2 Klimaanalyse Kanton Aargau

Für eine detaillierte Klimaanalyse braucht es eine Vielzahl digitaler Eingangsdaten. Da der Kanton Aargau über eine hervorragende Datenbasis und u. a. auch über einen 2024 neu geflogenen LiDAR-Datensatz (Light Detection And Ranging) verfügt, konnte mit dem physikalischen Klimamodell FITNAH-3D (Flow Over Irregular Terrain With Natural And Anthropogenic Heat Sources), unterstützt durch die Firma Geo-Net Umweltconsulting GmbH, eine Klimaanalyse durchgeführt werden.

Als Eingangsdaten benötigt das FITNAH-3D-Modell Informationen zur Topografie, der Bodennutzung, der Höhe von Gebäuden und Bäumen und dem Versiegelungsgrad. Als meteorologische Rahmenbedingung wird ein strahlungsintensiver, austauscharmer Sommertag zugrunde gelegt, entsprechend einer autochthonen Hochdruckwetterlage. Sie widerspiegelt die Wärmebelastung der Bevölkerung im Sommer und stellt eine Wetterlage dar, bei der sich Kaltluftausgleichsströmungssysteme wie Flurwinde und reliefbedingte Kaltluftabflüsse besonders gut ausprägen. Die Auswertungen der Klimamodellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau (zwei Meter über Grund), was dem Aufenthaltsbereich des Menschen entspricht.

Die Ergebnisse der Modellierung liegen neu in Form von Rasterdaten mit einer räumlichen Auflösung von 5 x 5 Metern vor. Im Einzelnen sind dies: Windgeschwindigkeit, Kaltluftströmungsfeld, Lufttemperatur, Kaltluftproduktionsrate, Kaltluftvolumenstrom und die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET). Die Nachtsituation (4 Uhr) wird über die Lufttemperatur, die Kaltlufthaushaltsgrößen (Windgeschwindigkeit, Kaltluftströmungsfeld etc.) und den Wärmeinseleffekt beschrieben (Abb. 1). Die Tagsituation (14 Uhr) beruht auf der Aufenthaltsqualität der Menschen im Freien und greift daher auf die potentielle Evapotranspiration zurück. Für die

Planhinweiskarten werden die Ergebnisse als bewertete und gewichtete Information für vorher ausgeschiedene Referenzflächen ausgewiesen. In der Klimaanalysekarte sind die Informationen als Rasterergebnisse dargestellt.

Die Modellergebnisse und die daraus resultierenden Klimaanalyse- und Planhinweiskarten geben Aufschluss über die klimatische Situation: Wo befinden sich Gebiete mit besonders ausgeprägter Hitzebelastung? Welche Grün- und Freiräume sind wichtig für die Kaltluftproduktion? Wo gilt es, wichtige Kaltluftleitbahnen freizuhalten? Die Klimakarten sind eine zentrale Planungsgrundlage für eine hitzeangepasste Siedlungsentwicklung. Aus ihnen lässt sich bei Planungen oder Projekten der konkrete Handlungsbedarf für eine hitzeangepasste Entwicklung ableiten. Ergibt sich aus der Analyse der Klimakarten kein zwingender Handlungsbedarf, können Massnahmen dennoch sinnvoll sein. In solchen Fällen ist es wichtig, das funktionierende System nicht zu beeinträchtigen und weitere Entwicklungen vorausschauend anzugehen. Bei grösseren Planungen und Projekten kann eine detailliertere Klimaanalyse sinnvoll sein – insbesondere zur Beurteilung der Wirkung von Bebauungsvarianten auf das Lokalklima im Planungsperimeter und in den angrenzenden Siedlungsstrukturen.

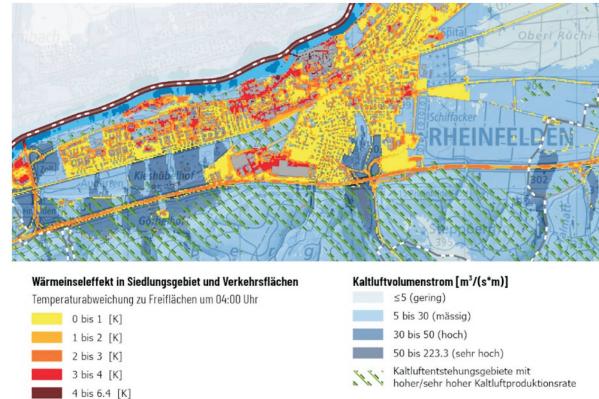


Abb. 1 Im hier gezeigten Ausschnitt der Stadt Rheinfelden ist deutlich der Wärmeinseleffekt im Siedlungsbereich zu erkennen, der sich aus der höheren Temperatur im Vergleich mit den umgebenden Freiflächen ergibt. Ebenso wird der Kaltluftvolumenstrom deutlich, und man kann daraus ableiten, wo Bebauungen diesen bremsen oder negativ beeinflussen. Als Schraffur-Symbol erkennbar sind die Kaltluftentstehungsgebiete, die für den Kaltluftvolumenstrom und damit Abkühlungseffekte von zentraler Bedeutung sind.

©: Departement Bau, Verkehr und Umwelt

3 Methodik zur Ausscheidung von Grünflächen und Baumkronenvolumen

Um Grünflächen mit Hilfe von Fernerkundungsdaten auszuscheiden und darzustellen, wurden folgende Datengrundlagen verwendet: Aktuelle Orthobilder des Kantons mit den Farb-Wellenlängen rot, grün, blau und dem nahen Infrarot (Abb. 2). Die Auflösung der Bilder am Boden beträgt 0.20 m.

Die Bilder im TIFF-Format wurden in ArcGIS Pro (Firma ESRI) zu Mosaiken für einzelne Jahre zusammengefasst (“Create Mosaic Dataset” und “Add Rasters To Mosaic Dataset”). Aus den Mosaiken wurden sogenannte NDVI Layer (Normalized Difference Vegetation Index) erstellt (mittels Raster Functions). Diese wurden mit “Mosaic To New Raster” mit einer Auflösung von 1 m als TIFF exportiert. Der Wertebereich liegt zwischen -1 und +1. Diese NDVI-Raster bildeten die Grundlagen für die weiteren Analysen.



Abb. 2 a, oben Orthophoto der Stadt Aarau aus dem Jahr 2022 im nahen Infrarottbereich, das als Grundlage für die Ausscheidung des NDVI dient.

Abb. 2b, unten der aus dem Orthophoto berechnete NDVI mit einem Schwellenwert von 0.2.

©: Departement Bau, Verkehr und Umwelt

Das Vegetationsvolumen wird aus LiDAR-Daten berechnet. Der Kanton Aargau lässt aktuell alle vier Jahre eine Befliegung für die Erhebung der LiDAR-Daten durchführen. Bei dieser Methode wird die Erdoberfläche mittels einem auf dem Flugzeug installierten Laserscanner vermessen. Die daraus gewonnenen Daten bilden das Gelände mit Vegetation, Gebäuden und anderen Objekten als dreidimensionale Punktwolken ab. Für die Weiterverarbeitung werden die Punktwolken in die Klassen "Boden", "Vegetation", "Gebäude" usw. unterteilt.

Zur Abbildung der Vegetationsvolumen (siehe Abb. 4) werden die auf die Höhe über Boden normalisierten, unregelmässigen dreidimensionalen LiDAR-Punktdaten in regelmässige dreidimensionale Pixel, sogenannte Voxel, umgewandelt. Bildhaft kann man sich die Voxel am besten als Legosteine vorstellen (Abb. 3). Die Umrechnung in Voxel wird mittels LAStools Werkzeugen durchgeführt. Dabei werden nur die als "Vegetation" klassifizierten Punktdaten verwendet. Die Voxel haben eine Kantenlänge von einem Meter (ein Kubikmeter Volumen). Das Resultat der Umrechnung ist ein Datensatz von Punkten mit einem regelmässigen Abstand von einem Meter. Für die kartografische Darstellung und weitere GIS-Analysen werden die Vegetationsvolumen in einem nächsten Schritt für verschiedene Höhenklassen berechnet: Die "Vegetations-Voxel" werden dafür in Rasterdatensätze umgewandelt (im vorliegenden Fall 1m-Raster), wobei die Anzahl Voxel der jeweiligen Höhenklasse pro Rasterzelle gezählt werden. Für die Auswertung wurden Rasterdatensätze für die Höhenklassen "bis 3m", über 3m bis 10m, über 10m bis 20m und über 20m erstellt. Damit können Büsche und kleinere Sträucher bzw. kleine, mittlere sowie grosse Bäume unterschieden werden.

Die NDVI-Raster geben das Verhältnis vom Rot-Kanal zum nahen Infrarot-Kanal wieder. Dadurch kann zwischen Vegetation und Nicht-Vegetation unterschieden werden. Es wurde zusätzlich eine Klassifikation mit Grenzwert 0.2 durchgeführt. Der Wert "0" entspricht Nicht-Vegetation, der Wert "1" entspricht Vegetation. Damit können in den weiteren Schritten sehr einfach Anteile gerechnet werden.

Der NDVI erlaubt eine Trennung von Nicht-Vegetation und Vegetation. Allerdings ist dieser Wert in beschatteten Gebieten oft zu hoch und diese Gebiete werden falsch als Vegetation ausgewiesen. Daher wurde mit Daten der Amtlichen Vermessung (AV) und der Bodenbedeckung eine Maskierung von versiegelten Flächen durchgeführt. Die ursprünglichen klassifizierten NDVI-Raster wurden mit dieser Maske multipliziert und dadurch die beschatteten Flächen auf Strassen und Gebäuden zu Nicht-Vegetation klassiert.

Aus diesen Daten lassen sich schliesslich Analysen z. B. über die Bauzonen in den Siedlungsgebieten analysieren und folgende Ergebnisse darstellen:

- das Total vorhandener Grünflächen, z. B. pro Bauzonentyp oder auch über eine ganze Gemeinde;
- Grünflächen mit Unterwuchs;
- Grünflächen in der Höhe, also Baumbestand mit unterschiedlichen Kronenhöhen, sowie Kronenfläche und Kronenvolumen (Abb. 4).



Abb. 3 Baum, bestehend aus sogenannten Voxeln. Diese entstehen durch Umwandlung der 3D-Punktvolke in 3D-Pixel (Voxel), in Auflösungen von $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ bis zu $2.0 \times 2.0 \times 2.0$ Meter.
©: Departement Bau, Verkehr und Umwelt



Abb. 4 Aus den LiDAR-Daten abgeleitete Kronenvolumen für Bäume ab 3 Meter bis über 20 Meter Wuchshöhe in der Stadt Aarau (gleicher Ausschnitt wie Abb. 2).

©: Departement Bau, Verkehr und Umwelt

4 Anwendungsbeispiel

Ein gutes Beispiel für eine solche Untersuchung ist die Mikroklimasimulation, die für das wichtige städtische Entwicklungsgebiet “Oberstadt” in Baden durchgeführt wurde (🌐). Mit der Mikroklimasimulation wurde untersucht, wie bei einer zukünftigen baulichen Verdichtung mit einer angemessenen Bebauungs- und Freiraumstruktur die Grundlage für eine hohe Siedlungsqualität und ein klimaangepasstes Wohnumfeld geschaffen werden kann (Wicki 2022).

Eine Massnahme zur Verbesserung der Situation am Tag ist das Pflanzen von grosskronigen Bäumen. Die Bäume müssen dabei so gesetzt werden, dass sie Bereiche vor Hitze schützen, die am Nachmittag nicht bereits durch Gebäude beschattet werden. Um die besten Standorte für die Bäume zu ermitteln, können Schattenanalysen durchgeführt werden. Dafür ist es u. a. wichtig zu wissen, wo sich bereits Bäume befinden und welche Dimensionen und Volumina diese haben. Daneben kann anhand der Daten zu den Baumkronenvolumina auch der Beschattungs- und Kühleffekt des vorhandenen Baumbestandes genauer abgeschätzt werden. Damit Grünflächen nachts einen merklichen Kühleffekt für die Umgebung erzielen können, müssen Parkanlagen und Entlastungsräume eine Mindestgrösse von ca. 0.5 ha haben und dürfen nicht versiegelt sein (Wicki 2022, 49-50). Mit den neuen Daten kann nun für eine Gemeinde oder ein konkretes Planungsgebiet präziser und schneller abgeschätzt werden, wie viele genügend grosse Grünflächen zur Verfügung stehen.

In diesem Sinne können die Auswertungen aus der Grünflächenanalyse und der Bewertung des Baumkronenvolumens, kombiniert mit den kantonalen Klimaanalysekarten oder ergänzenden Mikroklimasimulationen, für die Planung und die Entscheidungsträger bei der hitzeangepassten Siedlungsentwicklung einen wertvollen Beitrag leisten.

5 Fazit: Klimakarten und Grünflächenausscheidung als Grundlage einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung

Die Kombination der detaillierten Klimaanalyse und der Modellierung der Grünflächen und Baumkronenvolumen bietet wertvolle Planungsgrundlagen für die Umsetzung einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung und ermöglicht GIS-basierte Auswertungen auf verschiedenen Ebenen. Die Klimakarten weisen darauf hin, wo der Handlungsdruck bezüglich Klimaanpassungsmassnahmen im Siedlungsgebiet besonders hoch ist. In Kombination mit den Grundlagen zu den Grünflächen und dem Baumkronenvolumen kann so beispielsweise rasch eine Übersicht gewonnen werden, wo die Beschattungssituation bereits ausreichend ist oder verbessert werden sollte. Die Erreichbarkeit von begrünten, attraktiven Freiräumen für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen lässt sich nun mit den neuen Grundlagen einfach beurteilen.

Für detailliertere Untersuchungen bieten insbesondere die Daten zu den Baumkronenvolumina wertvolle Ergänzungen, die bisher in diesem Detailgrad und dieser Aktualität nicht zur Verfügung standen.

Danksagung

Unser Dank gilt Herrn Dr. Christian Ginzler von der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL für die Unterstützung bei der Grünflächenanalyse.

Literatur

Wicki A. et al. 2022. *Stadtklimasimulation Oberstadt+. Modellierungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Technischer Bericht.* <https://www.ag.ch/media/kan ton-aargau/bvu/klima/mikroklimasimulati on/6718-technbericht-stadtklimaanalyse-oberstadt-baden-v3-2022-10-20-highres.pdf>

Internetquellen

- ① <https://www.ag.ch/klimawandel>
Was unternimmt der Kanton bezüglich Klimawandel?
- ② <https://www.ag.ch/klimawandel-siedlung>
Leitfaden Hitzeangepasste Siedlungsentwicklung – Arbeitshilfe für Gemeinden und Planende
- ③ <https://www.ag.ch/de/themen/klimawandel/mikroklimasimulation>
Fallbeispiel Baden Oberstadt – Mit Mikroklimasimulationen die Auswirkungen von baulichen Massnahmen auf das Lokalklima testen