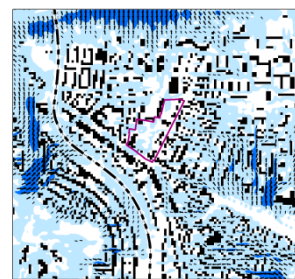
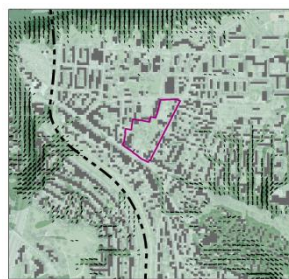
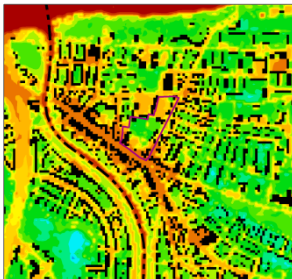


Klimaexpertise

Verbal-argumentative Stellungnahme zur klimaökologischen Auswirkung der Umgestaltung des Zentrums Birsfelden



Auftraggeber:

Gemeinde Birsfelden

Hardstraße 21

4127 Birsfelden

Auftragnehmer:



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a

30161 Hannover

Tel. (0511) 3887200

www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. G. Gross

Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),

Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Inhalt

1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	4
2	Klimaanalyse Kanton Basel-Landschaft.....	5
3	Analyse der Nachtsituation	6
3.1	Planungshinweiskarte Nacht.....	6
3.2	Lufttemperatur in der Nacht.....	7
3.3	Strömung und Kaltluftprozessgeschehen in der Nacht	8
3.4	Zu erwartende Auswirkungen und Empfehlungen zur Klimaoptimierung	10
4	Wärmebelastung am Tage.....	12
4.1	Planungshinweiskarte Tag	12
4.2	Physiologisch Äquivalente Temperatur	13
4.3	Zu erwartende Auswirkungen und Empfehlungen zur Klimaoptimierung	15
	Weiterführende Empfehlungen.....	16
	Erhöhung der Albedo	16
	Dachbegrünung.....	16
	Verschattung von Fassaden	18
	Schulen und Sportplätze.....	24
	Literaturverzeichnis	26

Abbildungen

Abbildung 1	Perimeter der Umgestaltung (violett) im Luftbild, Gemeinde Birsfelden.....	4
Abbildung 2:	Geplante Überbauung für das Zentrum Birsfelden. Quelle: Harry Gugger Studio Basel.....	5
Abbildung 3:	Auszug aus der Planungshinweiskarte Nacht. Quelle: Klimaanalyse Kanton Basel Landschaft	6
Abbildung 4:	Bodennahe nächtliche Lufttemperatur um 4 Uhr morgens.....	8
Abbildung 5:	Bodennahes nächtliches Strömungsfeld (Windfeld) um 4 Uhr morgens.	9
Abbildung 6:	Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom um 4 Uhr morgens.	10
Abbildung 7:	Auszug aus der Planungshinweiskarte Tag. Quelle: Klimaanalyse Kanton Basel Landschaft	12
Abbildung 8:	Einteilung des PET in Belastungsstufen. Quelle: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9, S. 57.....	14
Abbildung 9:	Wärmebelastung am Tage (PET) in Birsfelden.	15
Abbildung 10:	Dachaufbau bei unterschiedlich ausgeführten Gründächern und ihre Kühlwirkung und Rückhaltung (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016, S. 27).....	17
Abbildung 11:	Gutes Beispiel einer Dachbegrünung mit Photovoltaikerelementen in Dresden. (MVI 2012)	18
Abbildung 12:	Das Corbusierhaus (Unité d’Habitation), Flatowallee, Berlin-Westend, 1956–1958,	20
Abbildung 13:	Entstehende Verschattung durch Balkone.	20
Abbildung 14:	Ausgestaltung von Laubengängen.....	21
Abbildung 15:	Einordnung der Verschattungsmöglichkeiten und ihrer Wirkung für den Außen- und Innenraum. Quelle: (Buchin et al. 2016, S. 33).....	24

Tabellen

Tabelle 1:	Planungshinweise der Belastungsklassen im Perimeter in der Nacht.....	7
Tabelle 2:	Planungshinweise der Belastungsklassen im Perimeter am Tag.....	13
Tabelle 3:	Unterschiedliche Breiten der Brise Soleil als Vordach ausgeführt für unterschiedliche Bauhöhen an einer Südfassade eines Hauses, um die gesamte darunterliegende Fassade zu verschatten.	19
Tabelle 4:	Veranschaulichung von verschiedenen Arten und Wirkweisen der Brise Soleils für Fensterflächen. Aus Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 50–51	22
Tabelle 5:	Weitere Möglichkeiten der Fassadenverschattung zur Verbesserung des Innenraumklimas und Fassadenverschattung aus Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 50–51	23

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Birsfelden plant die Umgestaltung des Zentrums mit neuen Gebäuden, Wegen und Freiflächen. Das Baukonzept soll klimaökologisch optimiert werden. Die momentane Ausgangssituation stellt sich in der Abbildung 1 im Luftbild dar. Das Gebiet innerhalb des Perimeters (violette Umrandung) ist wenig überbaut und durch eine große Grünfläche in der Mitte charakterisiert. Außerdem sind ausgedehnte versiegelte Flächen in Form eines Parkplatzes an der Post und Kantonalbank im Südwesten und eine versiegelte Fläche im Norden im zu überplanenden Quartier vorzufinden.



Abbildung 1: Perimeter der Umgestaltung (violett) im Luftbild, Gemeinde Birsfelden

Das Harry Gugger Studio in Basel erarbeitet dazu die Raumkulisse und hat eine erste Planung übermittelt, die hinsichtlich ihrer klimaökologischen Auswirkung unmittelbar im Planungserimeter und auf die umgebenden Stadtquartiere eingeschätzt wird. Weiterhin werden Empfehlungen zu einer stadtklimatischen Anpassung der Planung unterbreitet.

Die Umgestaltungsplanung ist in der Abbildung 2 dargestellt. Es werden mehrere neue mehrgeschossige Gebäude, Grünflächen wie ein Naturgarten, eine Blumenwiese und schattenspendende Bäume geplant. Die Parkplatzfläche im Südwesten wird zu einem öffentlichen Zentrumsplatz mit Wasserspiel umgestaltet. Die neu errichteten Gebäude werden mit Dachbegrünungen geplant. Als Oberflächenmaterialien für die Wege und Plätze werden befestigte Schotterwege, Kopfsteinpflaster und Asphalt angegeben. Die von Südwest nach Nordost ausgerichtete Wegeachse wird bspw. mit Kopfsteinpflaster ausgeführt.



Abbildung 2: Geplante Überbauung für das Zentrum Birsfelden. Quelle: Harry Gugger Studio Basel

Die verbal-argumentative Stellungnahme bewertet die klimaökologische Ausgangssituation für das Vorhaben indem als erstes eine kurze Erläuterung der verwendeten Klimamodellierungsergebnisse aus dem Vorhaben Klimaanalyse Kanton Basel Landschaft (2020) gegeben wird. Anschließend werden die Ergebnisse der Klimaanalyse dargestellt und auf das Vorhaben bezogen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der bioklimatischen Belastung am Tag und in der Nacht mit dem nächtlichen Kaltlufthaushalt.

2 Klimaanalyse Kanton Basel-Landschaft

Die Klimaanalyse für den Kanton Basel Landschaft wurde im Jahr 2020 durch die Firma GEO-NET Umweltconsulting GmbH erarbeitet. Die Klimaanalyse erfolgte mithilfe des mikroskaligen FITNAH-3D Simulationsprogrammes (Gross 1989, 2012, 1993) in einer Auflösung von 10 mal 10 m, was es erlaubt, Häuser und Baumgruppen im Modell als Strömungshindernisse zu berücksichtigen. Es wurde ein Tagesgang eines Sommertages modelliert (ohne überprägenden Wind, autochthone Wetterlage), so dass sich in der Nacht Kaltluftströmungen einstellen aus denen Kaltluftleitbahnen abgeleitet werden können. Weiterhin prägen sich in der Simulation die Wärmeinseln der Siedlungen aus. Ausgewertet wird der Aufenthaltsbereich des Menschen, das 2 m Niveau. Die Simulationsergebnisse werden zum einen für



den wärmsten Zeitpunkt am Tag mit der maximalen solaren Einstrahlung um 14 Uhr ausgewertet und zum anderen wird der kühlsste Zeitpunkt des Tages die 4 Uhr Situation mit dem ausgeprägten Kaltluftthaushaltssystem analysiert. Dafür stellt das Simulationsprogramm FITNAH-3D die wichtigsten meteorologischen Parameter zur Verfügung, wie die nächtliche Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit sowie –richtung und Kaltluftvolumenstrom für die Nachtsituation bzw. die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) für die Wärmebelastung am Tag. Diese Modellergebnisse wurden in eine Planungshinweiskarte Nacht und Tag über ein Bewertungsschema überführt und Planungshinweise den einzelnen Bewertungsklassen zugeordnet. Diese Grundlagen liefern die Basis der Bewertung des Projektes „Umgestaltung des Zentrum in Birsfelden“.

3 Analyse der Nachtsituation

3.1 PLANUNGSHINWEISKARTE NACHT

In der Abbildung 3 ist ein Auszug für den Planungsperimeter aus der Planungshinweiskarte Nacht mit der bioklimatischen Bedeutung der Flächen für den Wirkraum (Siedlungsraum) und dem Ausgleichsraum (Grünflächen) dargestellt. Da das Zentrum in Birsfelden in der Nacht hauptsächlich unbewohnt ist, ist ein großer Teil des Entwicklungsgebietes ausgegraut.

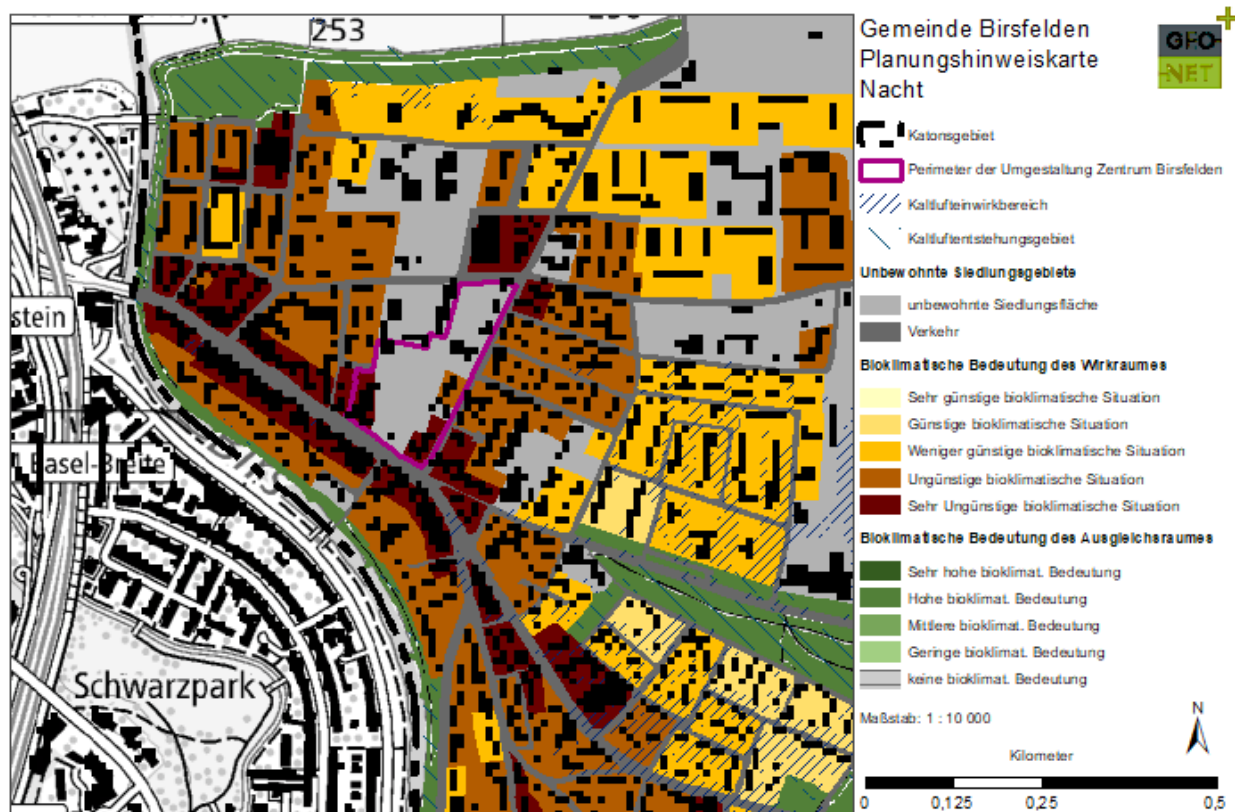


Abbildung 3: Auszug aus der Planungshinweiskarte Nacht. Quelle: Klimaanalyse Kanton Basel Landschaft

Für die zu bewertenden Siedlungsflächen ist eine *sehr ungünstige* bis *ungünstige bioklimatische Situation* angegeben. Die folgende Tabelle 1 gibt die Planungshinweise für die Nachtsituation wieder:



Tabelle 1: Planungshinweise der Belastungsklassen im Perimeter in der Nacht

Thermische Belastungsklasse	Planungshinweis
Sehr ungünstige bioklimatische Situation	Die Flächen weisen das höchste thermische Belastungsniveau im Wirkraum auf. Maßnahmen zur Verbesserung dieser sehr ungünstigen Situation sollten prioritär umgesetzt werden. Neben Instrumenten der Städtebauförderung sollten auch weitere proaktive Optionen umgesetzt werden (z.B. Förderprogramme zur Gebäude-/Hofbegrünung, Informationskampagnen, Entsiegelungsinitiativen). Es sollten möglichst keine neuen Strömungshindernisse oder Wärmeemissionen geschaffen werden. Bei jeglicher Art von klimaökologisch relevanten Planungen sind modellgestützte Detailgutachten – ggf. unter Berücksichtigung etwaiger weiterer Planungen im Umfeld – notwendig.
ungünstige bioklimatische Situation	Die Flächen weisen ein relevantes thermisches Belastungsniveau auf. Zur Verbesserung dieser ungünstigen Situation sollten proaktiv insbesondere auch Instrumente der Städtebauförderung eingesetzt werden. Es besteht eine Empfindlichkeit gegenüber Nachverdichtungen jeglicher Art, so dass bei allen klimaökologisch relevanten Planungen modellgestützte Detailgutachten – ggf. unter Berücksichtigung etwaiger weiterer Planungen im Umfeld – notwendig sind.

Die Planungshinweise verdeutlichen, dass die zu überplanende Fläche im Zentrum von Birsfelden eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Nachverdichtungen aufweisen und prioritär Maßnahmen zur Anpassung an die Wärmebelastung ergriffen werden sollten. Auch eine modellgestützte Untersuchung von geplanten Bauvorhaben wird empfohlen, was im Rahmen dieses Projektes in der nächsten Stufe umgesetzt werden soll.

In den folgenden Abschnitten sollen die einzelnen Klimaparameter für die Nacht genauer analysiert werden, um konkrete zu erwartende Auswirkungen identifizieren zu können.

3.2 LUFTTEMPERATUR IN DER NACHT

In der Nacht steht weniger der Aufenthalt im Freien, sondern die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum im Vordergrund. Nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 besteht ein Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumlufte, sodass die Temperatur der Außenluft die entscheidende Größe für die Beurteilung der Nachtsituation darstellt. Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 - 18 °C angegeben (Umweltbundesamt 2016), während Tropennächte mit einer Minimumtemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten. Dieser Wert wird jedoch nicht im Zentrum der Gemeinde Birsfelden erreicht.

Abbildung 4 zeigt die modellierte bodennahe Lufttemperatur im Untersuchungsgebiet zum nächtlichen Untersuchungszeitpunkt von 4 Uhr. Unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen erreicht die nächtliche Lufttemperatur im Entwicklungsgebiet Werte über 19 °C an der Haupt- und Hardstraße. Die Hauptstraße weist im gesamten Verlauf zwischen Hardstraße bis zum Birsquai Temperaturen > 19 °C aufgrund der dichten Bebauung und dem hohen Versiegelungsgrad auf. Die versiegelte Fläche zwischen Post und Kantonalbank und die versiegelte Fläche im Norden des Entwicklungsgebietes weisen Temperaturen von über 18 °C auf. Die baumbestandene Freifläche im Inneren des Perimeters ist mit über 16 °C deutlich kühler.

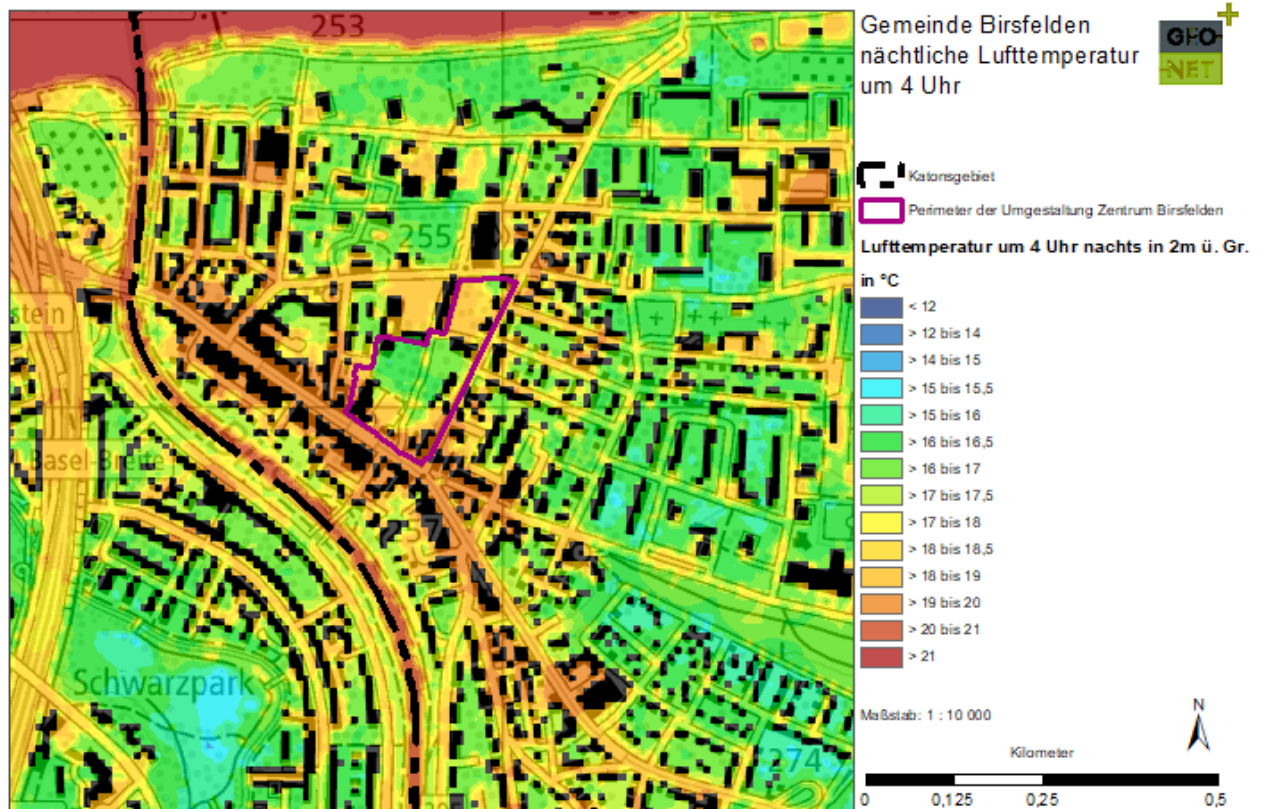


Abbildung 4: Bodennahe nächtliche Lufttemperatur um 4 Uhr morgens.

Die angrenzenden Quartiere im Osten sind als Reihenhäuser charakterisiert und damit ebenfalls mit über 16 °C recht kühl aufgrund der stark durchgrünten Innenhöfe. Am südlichen Ende der Schulstraße (Einmündung zur Hauptstraße) sind ebenfalls Temperaturen über 19 °C zu finden.

Im Norden schließt sich an die Entwicklungsfläche an der Kirchstraße ein dicht bebautes und stark versiegeltes Einzelhandelsgeschäft und weiter westliche der Kirchgarten an. Der Kirchgarten ist mit Temperaturen über 16°C wiederum deutlich kühler als die Supermarktpläche mit deutlich über 18 °C.

Im Nordwesten schließt sich an die Entwicklungsfläche im Zentrum Birsefeldens eine Schule an, die für den großen versiegelten Schulhof nächtliche Temperaturwerte von knapp unter 19 °C aufweist.

Das westlich gelegene durchgrünte Einfamilien- und Reihenhausergebiet an der Gartenstraße ist recht kühl mit 17 °C. Die im Südwesten vom Entwicklungsgebiet gelegene Parkplatzfläche an der Gartenstraße und das Hotel an der Hauptstraße sind deutlich wärmer mit deutlich über 19 °C.

3.3 STRÖMUNG UND KALTLUFTPROZESSGESCHEHEN IN DER NACHT

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Ausgleichsströmungen dieser Art sind Hangab- und Flurwinde. Mit ihrer (dichten) Bebauung stellen Stadtkörper ein Strömungshindernis dar, sodass deren Luftaustausch mit dem Umland eingeschränkt ist. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus, wenn der Siedlungsraum schwach bis gar nicht mehr durchlüftet wird, was im Zentrum von Birsefelden der Fall ist. Da die potentielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert (siehe Abbildung 5), sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch



die Höhe der Kaltluftschicht), wird zur Bewertung der Grünflächen auch der sogenannte Kaltluftvolumenstrom herangezogen (in Abbildung 6).

Das *nächtlich bodennahe Strömungsfeld* ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Strömungsgeschwindigkeit liegt minimal bei weniger als 0,1 m/s im Perimeter der Entwicklungsfläche und auch in vielen Räumen der umgebenden Quartiere. Das Strömungsminimum wird dadurch bedingt, dass die bodennahe Windgeschwindigkeit bei der betrachteten autochthonen Wetterlage wie bereits erwähnt stark temperaturgetrieben ist. Das bedeutet, je größer der Temperaturunterschied zwischen zwei benachbarten Luftvolumina ist, desto schneller strömt der Wind wie es bspw. vom Ufer zum Rhein im Norden des Kartenausschnittes oder nördlich des Schwarzparkes aus St. Alban im Kanton Basel Stadt zu sehen ist.

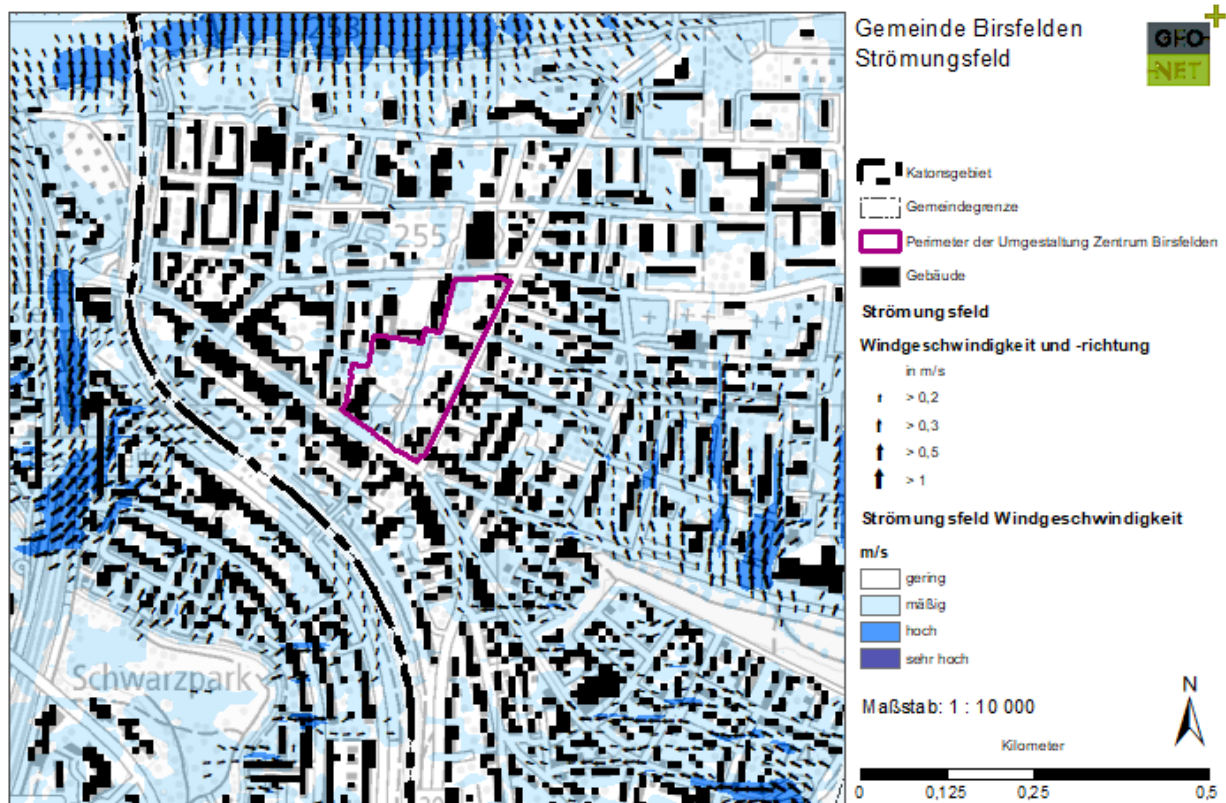


Abbildung 5: Bodennahe nächtliches Strömungsfeld (Windfeld) um 4 Uhr morgens.

Die Temperatur der Luftpakete in Birsfelden, v.a. im Zentrum und auf der Entwicklungsfläche sind also nahezu gleich verteilt. Somit nimmt auch die Strömungsgeschwindigkeit immer weiter ab und bewegt sich im Wertebereich unter 0,1 m/s. Durch die kompakte Bauweise in Basel und Birsfelden ist ein tiefes Eindringen der Strömung in die Bebauung behindert und kommt fast gänzlich im Zentrum von Birsfelden zum Erliegen. Lediglich in das nördlich und südlich vom Siecheholz gelegene Quartier (was sich östlich der Entwicklungsfläche befindet) kann die Strömung gut und tief eindringen. Teilweise strömt auch aus dem Siecheholz über die Hauptstraße nach Nordwest kühlere Luft in die Bebauung, die aber schnell durch die dichte Bebauung abgebremst wird und nicht bis zum Zentrum in Birsfelden reicht.

Im Folgenden wird auf den Kaltluftvolumenstrom eingegangen, der in der Abbildung 6 dargestellt ist, da dieser eng an die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung gekoppelt ist und die Kaltluftmächtigkeiten wiedergibt.



Kaltluft entsteht auf Freiflächen und über den Kronendächern der Bäume/Wälder sobald die Sonne untergegangen ist. Sie wird mit der Strömung transportiert bzw. fließt Kaltluft auch selbständig ab einem Gefälle von 1°. Analog zur Strömungsgeschwindigkeit nimmt der Kaltluftvolumenstrom seine maximale Ausprägung mit Werten von über $12 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ an: am Ufer des Rheins, in den umliegenden Quartieren rund um das Siecheholz und aus St. Alban (Basel Stadt) zur Kantonsgrenze Basel Landschaft kommend.

Die Entwicklungsfläche und weitere Teile der Gemeinde Birsfelden weisen sehr geringe Kaltluftvolumenströme von unter $5 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ auf. Der Kaltluftvolumenstrom ist also in seiner Mächtigkeit und Geschwindigkeit äußerst gering. Zurückzuführen ist das hauptsächlich auf die umgebende dichte Bebauung. Die Gebäude an der Südseite der Hauptstraße stellen ein großes Hindernis dar. Die klimaökologische Wirkkraft des Siecheholzes ist nicht ausreichend, um bis in das Zentrum Wirkung zu entfalten.

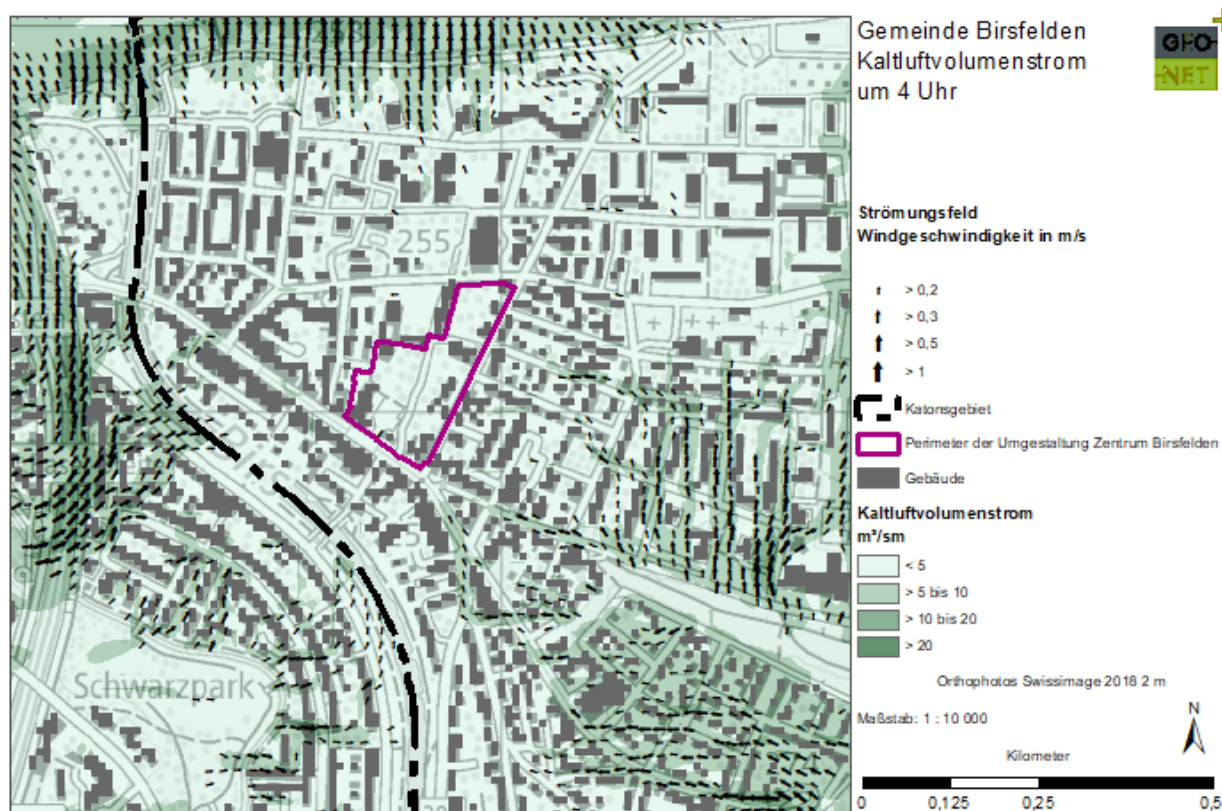


Abbildung 6: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom um 4 Uhr morgens.

3.4 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN UND EMPFEHLUNGEN ZUR KLIMAOPTIMIERUNG

Es ist zu erwarten, dass es in der Nachtsituation zu einer *Zunahme der Lufttemperatur* im Planungssperimeter und im unmittelbaren Umfeld kommen wird, aufgrund der Erhöhung des Bauvolumens durch die neuen Gebäude und der Zunahme an versiegelten Flächen. Das wird v. a. für die Grünfläche im Zentrum des Planungssperimeters und im Bereich der Hauptstraße eintreten. Die tagsüber eintreffende solare Strahlung wird in den Gebäuden und versiegelten Flächen als Wärmeenergie gespeichert und in der Nacht abgegeben. Damit erhöht sich sowohl die Innenraumtemperatur als auch die nächtliche Lufttemperatur im Gebiet und es ist zu erwarten, dass v.a. an der *Hauptstraße* eine sehr ungünstige bioklimatische Situation in der Nacht entstehen wird. Die Auswirkungen in den im Süden



befindlichen Stadtteil kann nicht ausgeschlossen werden. Das Lüften in der Nacht wird nicht ausreichen, um genügend Abkühlung der nach Süden und Westen ausgerichteten Innenräume zu erzielen.

Die *Überbauung der Grünflächen* in der Mitte des Planungssperimeters wird sich ebenfalls im nächtlichen Temperaturfeld mit einer Zunahme der Lufttemperatur zeigen und höchstwahrscheinlich *Auswirkung* auf das westlich angrenzende Stadtquartier haben. Die Nachverdichtung durch die Gebäude und die versiegelten Wegbereiche werden die nächtliche Lufttemperatur ansteigen lassen. Dies kann nur mit einer Reduktion der Wärmespeicherung tagsüber verhindert werden, indem die versiegelten Bereiche so gering wie möglich ausfallen. Innenhöfe sollten begrünt und die Gebäudefassaden ebenso eine entsprechende Klimaoptimierung erfahren. Die Hauptwegeachse durch das Gebiet sollte mit vielen Bäumen und Grünelementen verschattet werden.

Die geplante *Dachbegrünung* ist als positiv zu bewerten (siehe auch Abschnitt 4.3) und führt zu einer geringeren Aufheizung tagsüber des sich darunter befindenden Geschosses. Für niedrige Gebäude kann die Dachbegrünung ebenfalls zu einer Reduktion der Luftpakete im Aufenthaltsbereich des Menschen führen. Hier empfiehlt es sich, die Dachbegrünung gleich als Retentionsdach auszuführen.

Eine *Verbesserung* der klimatischen Situation wird im Norden des Planungssperimeters durch die Anlage des Kastanienhofes erzielt. Der vormals komplett versiegelte Bereich (Spielbereich der Schule) wird nun zwar mit Gebäuden bebaut, aber auch ein großer Flächenanteil wird entsiegelt und mit Grün- und Freiflächen beplant.

Der *nächtliche Kaltluftvolumenstrom* und die *Strömung* (Durchlüftung) sind im gesamten Zentrum von Birsfelden und im Planungsgebiet sehr gering und teilweise nicht mehr vorhanden. Diese Situation kann nicht verbessert werden, außer es würden immense bauliche Maßnahmen im gesamten Zentrum von Birsfelden und darüber hinaus mit Rückbau, Entsiegelung und Anlage von Grünflächen umgesetzt werden, was unrealistisch ist. Durch die neue Bebauung werden weitere Strömungshindernisse errichtet und es gibt weniger Grünflächen, auf denen lokal Kaltluft in der Nacht entstehen kann. Die im Planungssperimeter liegende Grünfläche produziert Kaltluft (was sich in der nächtlichen Lufttemperatur widerspiegelt, Abbildung 4). Es sollte keine Verschlechterung der Situation im Planungssperimeter angestrebt werden. Daher ist im Entwurf die vielfältige Anlage von Grünflächen und Bäumen als Verschattungselemente als sehr positiv zu bewerten so wie es mit der Blumenwiese und dem Naturgarten und den Bäumen entlang des Verbindungsweges im Perimeter angedacht ist. Auf den geplanten Grünflächen kann lokal Kaltluft entstehen, jedoch wird dies in sehr geringem Ausmaß stattfinden und die nächtliche Lufttemperatur wird durch die Neubebauung im Planungssperimeter deutlich höher ausfallen. Die *Gebäudefeststellung* ist jedoch als akzeptabel anzusehen. Die hauptsächliche Ausrichtung der Straßenachsen in Südwest bis Nordost kann v. a. für die Tagsituation als positiv bewertet werden, da diese Straßenausrichtung zu geringerer Aufheizung im Tagesverlauf als bei Ost-West angelegten Straßen führt, was sich weiterhin in einer geringeren Wärmeabstrahlung in der Nacht kenntlich macht.

Mit der Entwicklungsplanung im Zentrum von Birsfelden wird neuer Wohnraum geschaffen. Innerhalb von Wohngebäuden sind Schlafräume, Kinderzimmer und Arbeitszimmer als besonders hitzeschutzbedürftig einzustufen (Richtwert „gesundes Schlafen“: 18°C). In Büroräumen soll die Temperatur 26°C nicht übersteigen (Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) 2010), damit die Leistungsfähigkeit nicht eingeschränkt wird. Neben Maßnahmen, die zu einer unmittelbaren Verringerung der Lufttemperatur im Innenraum führen, stellt die *Optimierung des Grundrisses* bei Neubauten eine weitere Option zur Verringerung von thermischem Stress dar. Dies bedeutet vor allem, dass – sofern architektonisch möglich – sensible Räume (s.o.) nach den Himmelsrichtungen zwischen



Norden und Osten (N, NNO, NO, ONO und O) ausgerichtet werden und damit nicht dauerhaft einer unmittelbaren Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.

Die wesentliche *Verbesserung* der Wärmebelastung in der Nacht ist aufgrund der gegebenen Situation in Birsfelden mit *Maßnahmen am Tag* zu erreichen. Das kann verwirklicht werden, indem die solare Einstrahlung auf den versiegelten Flächen und der Gebäudehülle durch Verschattungselemente wie Brise Soleils, Bäume, Dach- und Fassadenbegrünung etc. reduziert wird, was der Entwurf bereits in Teilen umsetzt. Je mehr die Aufheizung der Gebäudehüllen und versiegelten Flächen reduziert wird, umso geringer ist die Wärmeabgabe in der Nacht. Dementsprechend sollten viele Grünelemente geplant werden. Genauere Ausführungen und Empfehlungen werden dazu in Abschnitt 4.3 erläutert.

4 Wärmebelastung am Tage

4.1 PLANUNGSHINWEISKARTE TAG

In der Abbildung 7 ist ein Auszug aus der Planungshinweiskarte Tag enthalten. Das Entwicklungsgebiet beinhaltet folgende Klassen des Wirkraumes (Siedlungsraum): *günstige* -, *ungünstige* – und *sehr ungünstige humanbioklimatische Situation*.

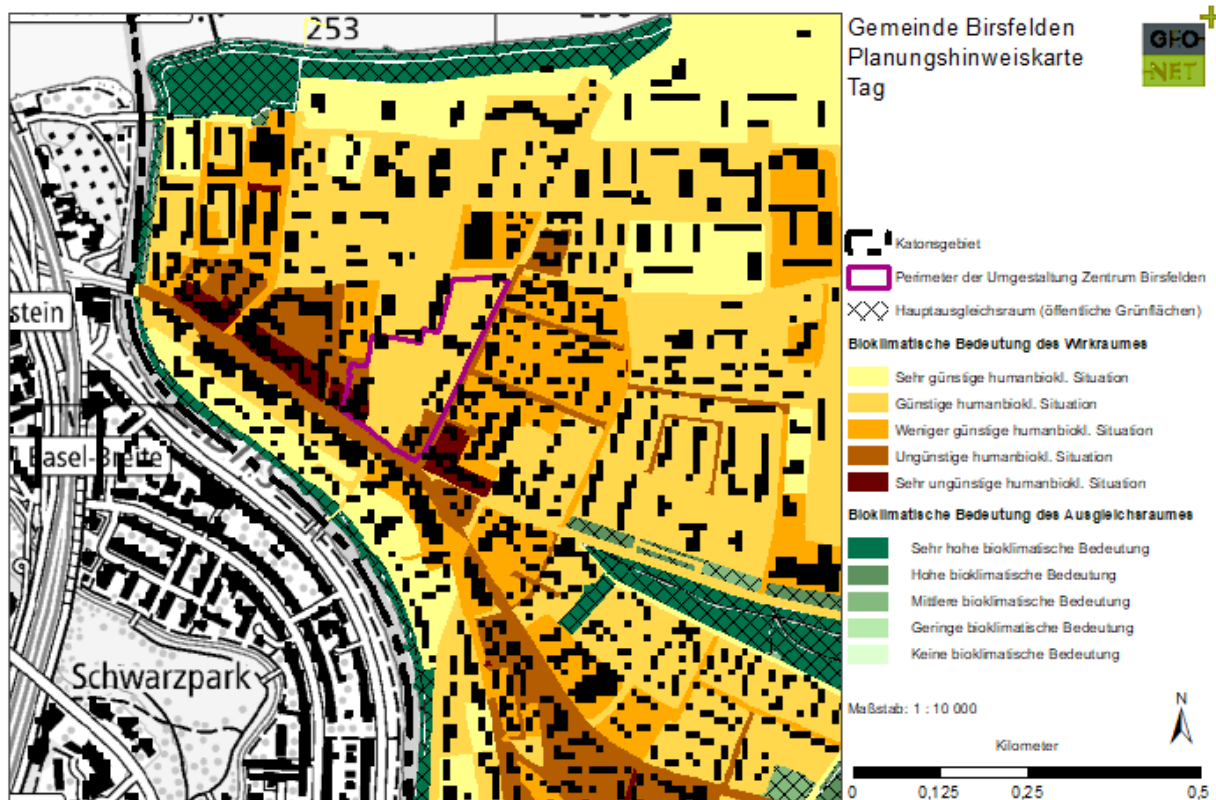


Abbildung 7: Auszug aus der Planungshinweiskarte Tag. Quelle: Klimaanalyse Kanton Basel Landschaft

In der Tabelle 2 sind die Planungshinweise zu den oben genannten Klassen im Entwicklungsgebiet enthalten.



Tabelle 2: Planungshinweise der Belastungsklassen im Perimeter am Tag

Thermische Belastungsklasse	Planungshinweis
Sehr ungünstige humanbioklimatische Situation	Es liegen sehr ungünstige Bedingungen mit einem hohen thermischen Belastungsniveau vor. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Sehr hoher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie zusätzlicher Begrünung (z.B. Pocket-Parks), Verschattung und Entsiegelung. Ausreichend Ausgleichsräume sollten fußläufig gut erreichbar und zugänglich sein. Dezentrale zugängliche Grünflächen sollten neu geschaffen werden.
ungünstige humanbioklimatische Situation	Es liegen überwiegend humanbioklimatisch ungünstige Bedingungen mit einem relevanten thermischen Belastungsniveau vor. Hoher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen wie zusätzlicher Begrünung und Verschattung sowie ggf. Entsiegelung. Ausreichend Ausgleichsräume sollten fußläufig gut erreichbar und zugänglich sein. Dezentrale Grünanlagen sollten neu geschaffen werden.
Günstige humanbioklimatische Situation	Es liegen überwiegend bioklimatisch günstige Bedingungen sowie ein ausreichender Grünanteil vor, die es jeweils zu erhalten gilt. Zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind nicht erforderlich.

Die Planungshinweise verdeutlichen ein hohes thermisches Belastungsniveau (Klasse *ungünstig* und *sehr ungünstig*) am Tag für die Gebäude und deren Umfeld, die an der Hauptstraße liegen. Die Mitte des Entwicklungsgebietes mit der noch vorhandenen Grünfläche mit Bäumen ist als *günstig* eingestuft mit dem Hinweis, dass der Grünanteil erhalten bleiben sollte.

In dem nachfolgenden Abschnitt wird die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) noch einmal näher erläutert, die der Planungshinweiskarte Tag zugrunde gelegt wird.

4.2 PHYSIOLOGISCH ÄQUIVALENTE TEMPERATUR

Zur Bewertung der Wärmebelastung werden Indizes verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. In Modellen wird der Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung berechnet und die Wärmebelastung eines Menschen abgeschätzt. Zur Bewertung der Tagsituation wird der humanbioklimatische Index der Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) um 14:00 Uhr herangezogen (Matzarakis et al. 1999). Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden quantifiziert, bspw. ist das thermische Empfinden bei 20°C PET als behaglich eingestuft und eine starke Wärmebelastung tritt ab PET 35 °C auf (siehe Abbildung 8).



PET in °C	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4	sehr kalt	extreme Kältebelastung
8	kalt	starke Kältebelastung
13	kühl	mäßige Kältebelastung
18	leicht kühl	schwache Kältebelastung
20	behaftlich	keine Wärmebelastung
23	leicht warm	schwache Wärmebelastung
29	warm	mäßige Wärmebelastung
35	heiß	starke Wärmebelastung
41	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

Abbildung 8: Einteilung des PET in Belastungsstufen. Quelle: VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9, S. 57

Abbildung 9 zeigt die PET im Untersuchungsgebiet. Hier ist wie in der Planungshinweiskarte Tag zu sehen, dass die südlich im Planungssperimeter gelegene Post und Kantonalbank an der Hauptstraße eine hohe Wärmebelastung mit Werten über 39 °C PET aufweisen und die Grünfläche im zentralen Bereich geringe Wärmebelastungen mit Werten von 25 °C bis 38 °C PET aufweisen, wobei letztgenannte Werte auf den offenen Grünflächen (Rasenflächen) östlich des Verbindungsweges auftreten. Hier führt die solare Einstrahlung und dem Nicht-Vorhandensein von schattenspendenden Bäumen zu einer starken Wärmebelastung (> 35°C PET). Aufgrund derselben Ausgangslage kommt es in der östlich des Planungssperimeters (östlich der Schulstraße) gelegenen Ein- und Reihenhaufamilienfiedlung auch zu den hohen PET-Werten von über 39 °C (starke Wärmebelastung), da auch hier viele Rasenflächen in den Hinterhöfen anzutreffen sind. Das nördlich dem Planungssperimeter gelegene Quartier mit der Kirche und dem zugehörigen –garten weist im Gegensatz dazu eine schwache Wärmebelastung (25 °C) auf. Das Schulgelände der Kirchmattschule erfährt tagsüber eine starke Wärmebelastung mit über 35 °C PET, da der Schulhof und die Außenanlagen stark versiegelt sind und die an die Schule angrenzenden Gebäude bis zur Gartenstraße weisen in den versiegelten Bereichen und den Rasenflächen ebenso eine starke Wärmebelastung auf (bis 41 °C PET). Straßen, die von Ost nach West verlaufen weisen, wie bspw. die nicht ganz diesem Ideal entsprechende Haupt- und Hardstraße, starke bis extreme Wärmebelastungen auf. Die Südseite der Häuserfassaden, bspw. an der Hauptstraße weist daher oftmals eine starke bis extreme Wärmebelastung auf.

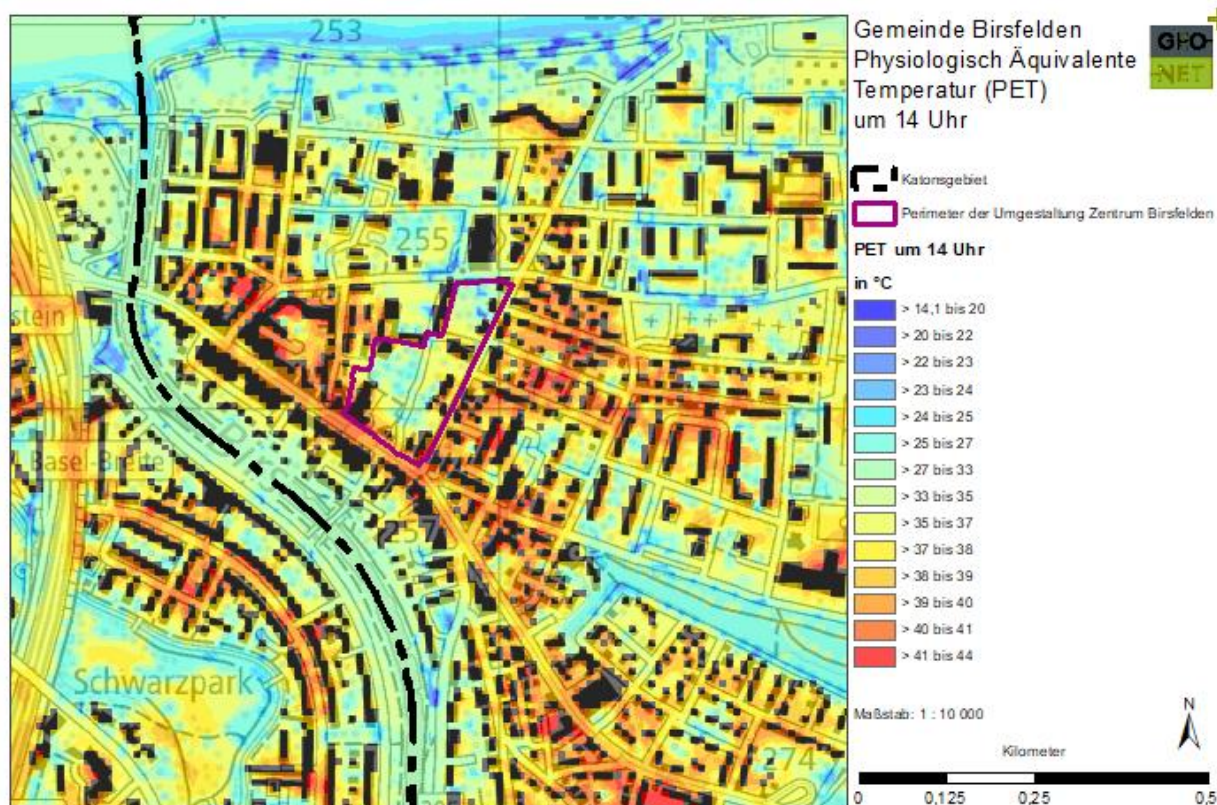


Abbildung 9: Wärmebelastung am Tage (PET) in Birsfelden.

4.3 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN UND EMPFEHLUNGEN ZUR KLIMAOPTIMIERUNG

Die Wärmebelastung wird im umgestalteten Bereich am Tag v.a. dort zunehmen, wo es stark versiegelte Bereiche gibt, neue Gebäude entstehen und wo offene Rasenflächen (ohne schattenspendende Bäume) anzutreffen sind. Zu nennen sind hier die Süd- und Westfassaden der Gebäude, aber auch der Eingangsbereich von der Hauptstraße (Zentrumsplatz) mit dem Verbindungsweg durch den Planungssperimeter und Teile des Lavaterplatzes, jedoch sind bereits Maßnahmen zur Klimaoptimierung in unterschiedlichen Umfang mitgedacht worden. Der Entwurf ist generell mit sehr viel unterschiedlichen Grünelementen gestaltet und bietet damit unterschiedliche Aufenthaltsbereiche von intensiv sonnenbestrahlt bis verschattete Sitzgelegenheiten. Die *Gebäudestellung* ist akzeptabel. Gerade die Ausrichtung der Straßenachsen in Südwest bis Nordost ist positiver zu bewerten als bei Ost-West angelegten Straßen, da diese Straßenausrichtung zu geringerer Aufheizung im Tagesverlauf führt, da sie weniger sonnenbeschienen ist.

Sehr positiv am Entwurf ist das *großflächige Wasserspiel* auf dem Zentrumsplatz, dass aufgrund der Verdunstungskühlung des Wassers zu angenehmeren Temperaturen führen wird und gleichzeitig als Wasserspielplatz genutzt werden könnte. Der mit *Bäumen* verschattete Spielraum an der östlichen Seite des Zentrumsplatzes ist ebenso als sehr positiv hinsichtlich eines angenehmen Aufenthaltsklimas am Tag zu bewerten. Ebenso ist es sehr begrüßenswert, dass an der Hauptstraße, Schulstraße und auch tw. Kirchstraße neue Bäume geplant sind. Weiterhin sind die Innenhofbereiche der Gebäude mit Grün und schattenspendenden Bäumen versehen. Auch der Kastanienhof im Norden des Planungssperimeters ist sehr grün mit vielen schattenspendenden Bäumen geplant und ist damit klimaoptimiert. Generell sollte eher Bäumen statt Sträuchern der Vorzug gegeben werden, um deren Schattenfläche auch als



Aufenthaltsbereich nutzen zu können. Für den Spielplatz im Kastanienhof könnten wenige weitere schattenspendende Bäume den *gesamten* Spielbereich verschatten.

Der Lavaterplatz ist mit weniger Bäumen geplant, besitzt also einen größeren Bereich ohne Verschattung, hat dafür jedoch einen Brunnen (Trinkbrunnen?). Hier könnten weitere Bäume zu einem noch angenehmeren Aufenthaltsklima am Tag führen oder andere Verschattungselemente wie mobile Sonnenschirme, falls dort ebenfalls Sitzgelegenheiten geplant sind.

Weiterführende Empfehlungen

Erhöhung der Albedo

Als eine Empfehlung für die Verwendung von Versiegelungsmaterialien gilt, dass eher hellere Materialien verwendet werden sollten, da diese einen höheren Albedowert (höhere Rückstrahlung) aufweisen. Je höher also die Albedo der Baumaterialien oder der Fassadenanstriche („cool colors“) ist, desto mehr einfallende Sonnenstrahlung wird von ihnen reflektiert und desto geringer fällt die Erwärmung der Oberflächen aus. Jedoch sollte ein Verblendungseffekt aufgrund sehr heller Materialien vermieden werden. Dunkle Fassaden wandeln die auftreffende Sonneneinstrahlung in Wärmeenergie um und speichern diese. Sie reflektieren weniger Sonnenstrahlung.

Dachbegrünung

Die geplante *Dachbegrünung* auf den Gebäuden, die im Planungsentwurf zu sehen ist, wird tagsüber zu einer Reduktion der Innenraumtemperaturen in den oberen Stockwerken führen und ist als positiv im Planungsentwurf zu bewerten. Die Dach- und *Fassadenbegrünung* zählen zu den effektivsten Maßnahmen, die Erwärmung der Gebäude am Tage abzuschwächen. Sie wirken zweifach positiv auf einen Gebäudebestand ein, da einerseits durch die Schattenspende die Wärmeeinstrahlung am Tage reduziert wird und andererseits die Verdunstungskälte des Wassers an Pflanzenbestandteilen einen abkühlenden Effekt auf umgebende Luftmassen hat. Die Vegetation wirkt zusammen mit dem Substrat isolierend und verringert damit das Aufheizen darunter liegenden Wohnraums. Allerdings können nur relativ niedrige Gebäude (wie z.B. Einzel- und Reihenhäuser) mit Dachbegrünung zu einem im bodennahen Bereich positiven Abkühleffekt beitragen. Gründächer auf Gebäuden mit 4 oder mehr Geschossen zeigen in der untersten Schicht der Stadtatmosphäre (= Aufenthaltsbereich des Menschen, 2 m ü. Grund) keinen nennenswerten positiven Temperatureffekt. Voraussetzung für die Kühlwirkung ist allerdings immer ein ausreichendes Wasserangebot für die Vegetation. Im Winter isoliert ein Gründach zusätzlich und kann zur Senkung des Heizbedarfes beitragen. Ein weiterer Vorteil von Dachbegrünung ist im Retentionsvermögen von Regenwasser zu sehen, wodurch die Kanalisation vor allem bei Starkregenereignissen entlastet wird.

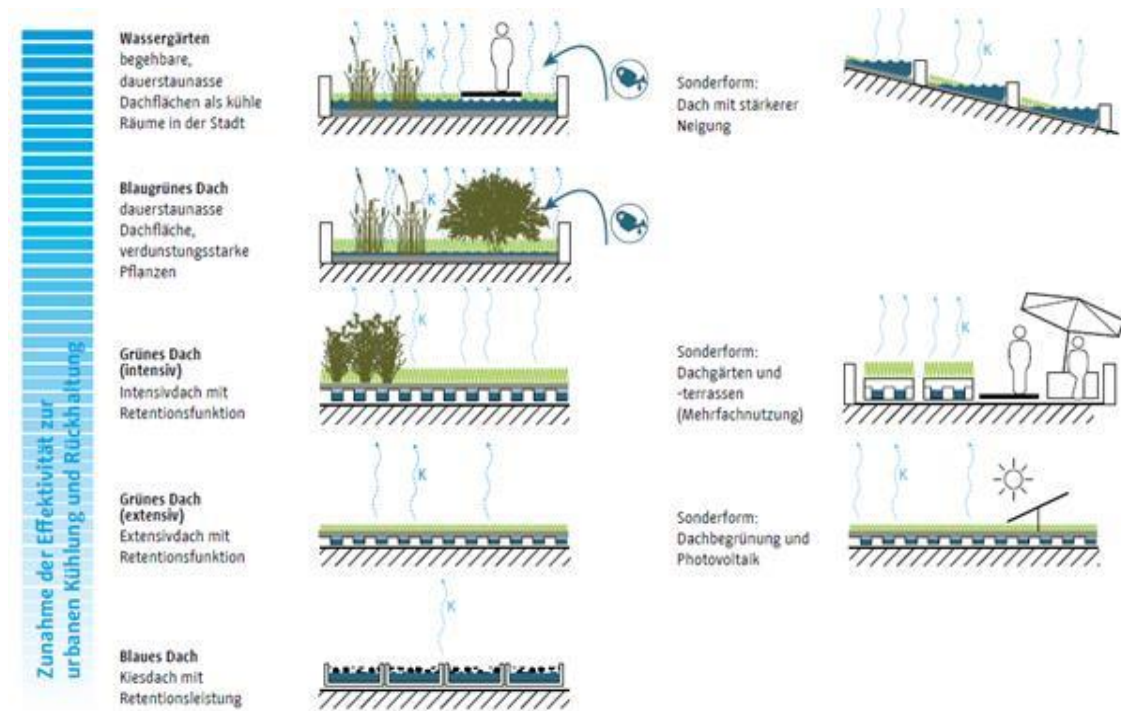


Abbildung 10: Dachaufbau bei unterschiedlich ausgeführten Gründächern und ihre Kühlwirkung und Rückhaltung (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016, S. 27)

In der Abbildung 10 sind die unterschiedlichen Ausführungen der Dachbegrünung dargestellt. Sie verdeutlicht die Unterschiede beim Dach- und Substrataufbau zwischen extensiven, intensiven Dachbegrünungen und Dächern, die in der Lage sind, Wasser zurückzuhalten und zwischenspeichern. Dabei ist es schwierig genau fest zu legen, ab welchen Substratdicken die Kühlwirkung von Dachbegrünung am größten ist. Eine Ausführung von Gründächern als Retentionsdach oder Wassergärten erzielt die größte Wirkung für die unmittelbare Temperaturreduktion. Die Bereithaltung von ausreichend Wasser zur Bewässerung des Gründaches besitzt eine stärkere Wirkung als eine größere Mächtigkeit der Substratschicht. Daher geht die Empfehlung dahin, die Dachbegrünung der neu errichteten Gebäude in Birsfelden als Retentionsdächer auszuführen falls dies möglich sein sollte.

Sollen zusätzlich *Photovoltaikmodule* (PV) installiert werden, wird zum einen der Wirkungsgrad der PV-Systeme um bis zu 3 % pro Jahr gesteigert (BUE, S. 29) und zum anderen kann das Dach nicht mehr als intensiv genutztes Dach mit großen Stauden und Sträuchern ausgeführt werden sondern eher mit kleinwüchsigen Pflanzen, die gut mit Wasser versorgt sind, um auch den Pflegeaufwand (Schnitt) gering zu halten. Am meisten verdunsten Pflanzen, die ihre Spaltöffnungen auch bei Hitze offen lassen können und darüber verdunsten. Das sind keine Sedumpflanzen (dickblättrige Gewächse). Die Pflanzen sind in der Lage die Umgebungstemperatur und damit die Photovoltaikmodule zu kühlen. So reduzieren sie den wärmebedingten Leistungsverlust (BUE, S. 29; BBSR 2019, S. 191). Zudem kommt noch hinzu, dass PV Anlagen eine höhere Effizienz bei niedrigen Temperaturen haben. Eine Dachbegrünung ist für die PV Anlage eher vorteilhaft, wenn der Bewuchs nicht zu hoch und dicht wuchert. Für eine *Warmwasser-Solaranlage* ist die Dachbegrünung und damit niedrigere Dachttemperaturen eher nachteilig. Nach der Studie des BBSR besteht hier allerdings noch Forschungsbedarf, um die gegenseitige Wirkung von Dachbegrünung und PV-Anlagen genau nachzuweisen.

In der Abbildung 11 ist ein gutes Beispiel der Umsetzung der Kombination von Dachbegrünung und Photovoltaikmodulen zu sehen.



Abbildung 11: Gutes Beispiel einer Dachbegrünung mit Photovoltaikelementen in Dresden. (MVI 2012)

Eine weitere denkbare Variante ist die Einbeziehung von temporär existierenden kleineren Wasserflächen in Form von Pfützen auf dem Dach. Diese hätten ebenfalls eine kühlende Wirkung auf die PV-Anlagen. Auch die Ausführung der Dachbegrünung als Retentionsdach, das gleichzeitig Wasser unterhalb der Substratschicht speichern kann und zur Reduzierung der Abflussspitzen bei Starkregenereignissen beiträgt, sollte in Betracht gezogen werden. Daher kann keine pauschale Aussage zu den optimalen Substratdicken gegeben werden.

Weitere Anhaltspunkte zur Ausführung, Planung und Empfehlungen bei der Umsetzung können Sie der ausführlichen Broschüre aus Hamburg¹ entnehmen.

Verschattung von Fassaden

Die höchste Sonneneinstrahlung und damit Wärmezufuhr für unterschiedliche Oberflächen wie Fassaden und Bodenbeläge variieren über den Tagesverlauf:

Für waagerechte Bodenoberflächen ist der Zeitpunkt der größten Sonneneinstrahlung der Sonnenhöchststand zur Mittagszeit. Für senkrechte Fassaden ist das je nach Ausrichtung deutlich früher oder später im Tagesverlauf.

Eine *Ostfassade* bekommt das Maximum der Bestrahlungsstärke am frühen Vormittag. Hier sollte bei vorhandenen großen Fensterflächen ebenfalls eine Verschattung bedacht werden.

Eine *Südfassade* kann je nach maximalem Sonnenhöhenwinkel ein Maximum am Vormittag und Nachmittag haben oder es fällt auf den Mittag wie bei der waagerechten Bodenoberfläche. Generell wird die Südfassade am längsten durch die Sonne im Tagesverlauf beschienen.

Eine *Westfassade* wird am stärksten erwärmt, da hier der Einfallswinkel der Sonne zu einer intensiveren Erwärmung der Fassade führt. Die Fassade ist von Mittag bis in die Abendstunden besonnt (Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 52). Prioritär sollten also Maßnahmen zur Hitzebelastungsverringerung an

¹<https://www.hamburg.de/contentblob/10603292/c6eb1f159c491cfd8c7188f77b0dd277/data/d-leitfaden-dachbegruenung.pdf>



West- und Südfassaden ergriffen werden. Dabei sind unterschiedliche Maßnahmen für den Innenraum und die Fassade möglich, die ergriffen werden können. Im Folgenden sollen einige Systeme und Möglichkeiten kurz erläutert werden.

Als erstes sollen die *unterschiedlichen Arten von Brise Soleils* für die Reduzierung der Hitzebelastung des Innenraumklimas dargestellt werden.

Es gibt unterschiedliche Arten der Brise Soleils. Mitte der 1930er Jahre beschäftigte sich der Architekt Le Corbusier mit der Verschattung von Gebäuden und entwarf als einer der ersten die Brise Soleils. In der Abbildung 12 ist das nach Corbusier gebaute Haus in Berlin abgebildet, welches die unterschiedlichen Arten der Brise Soleil gut veranschaulicht. Sie können als Vorsprünge an Fenstern angebracht sein, so dass neben den Fensterflächen auch weitere Fassadenteile und sogar waagerechte Flächen des Gehweges verschattet werden. Alternativ können die Brise Soleils als horizontale oder vertikale Lamellensysteme an der Außenseite der Fenster ausgeführt werden. Die Verschattungsleistung hängt also von der Bauart der Brise Soleils ab. Bei hohem Sonnenstand (Mittagszeit) ist die Verschattung durch bspw. ein Vorsprung oder -dach größer als bei niedrigem Sonnenstand (Vormittag oder Nachmittag).

Wird die Brise Soleil aus Vorsprung oder Vordach ausgeführt, ist der resultierende Schattenwurf abhängig von der Höhe des angebrachten horizontalen Vorsprunges und dessen Breite. Um hier überschlägige Rechnungen anzustellen, bietet sich bspw. diese Webseite an, auf der Daten zum Standort, betrachteten Tag etc. angegeben werden können: <https://www.sonnenverlauf.de/#/47.5531,7.6224,16/2021.06.21/13:33/18.5/3>

Hier kann neben der taggenauen Berechnung des Sonnenstandes und der Schattenlänge auch die Höhe eines Gebäudes bzw. die Höhe der anzubringenden Brise Soleil angegeben werden und dessen Verschattungsreichweite berechnet werden. Anhand Birsfelden in Basel Landschaft wurde eine beispielhafte Rechnung für den 21.06. durchgeführt. Es wurde ein Haus mit einer Höhe von 18,5m angenommen, welches sich an der Hauptstraße in Birsfelden befindet.

Tabelle 3: Unterschiedliche Breiten der Brise Soleil als Vordach ausgeführt für unterschiedliche Bauhöhen an einer Südfassade eines Hauses, um die gesamte darunterliegende Fassade zu verschatten. Quelle: <https://www.sonnenverlauf.de/#/47.5531,7.6224,16/2021.06.21/13:33/18.5/3>

Zeitpunkt	Sonnenstand/ -winkel	Länge der Brise Soleil in 18,5m an der Südseite	Länge der Brise Soleil in 9m an der Südseite eines Hauses	Länge der Brise Soleil in 6m an der Südseite eines Hauses
12:00 Uhr	134,95°	10,77	5,24m	3,69
13:30 Uhr	65,89°	8,9m	4,03	2,69
15:00 Uhr	223,98°	10,63	5,17	3,45

Denkbar ist jedoch auch eine *andere* Ausführung von Brise Soleil Fassadenverschattungselementen. Die folgende Abbildung 12 zeigt ein Beispielhaus in Berlin, welches nach den Vorgaben von Le Corbusier gebaut wurde und die Brise Soleil als obere und seitliche Vorsprünge um die Fenster und auch als feststehende Vertikallamellen (Bildmitte) umsetzt.



Abbildung 12: Das Corbusierhaus ([Unité d'Habitation](#)), Flatowallee, Berlin-Westend, 1956–1958, Von David Pachali - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7336619>

Diese Bauweise erzeugt Schatten durch die Vorsprünge bei auftreffenden Sonnenlicht wie es beispielhaft in dieser Skizze mit Balkonen dargestellt ist (Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 52):

**Verschattungselemente an Fassaden
z.B. Balkons, etc.**

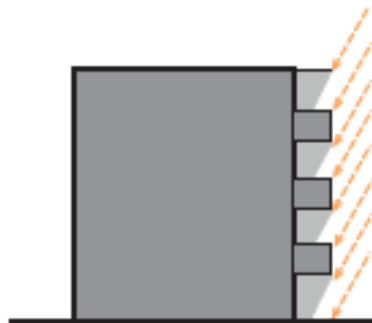


Abbildung 13: Entstehende Verschattung durch Balkone.

Auch Laubengänge können diese Verschattungswirkung leisten und sollten ebenfalls in Erwägung gezogen werden. Dabei kann die bereits oben erwähnte Webseite für die Berechnung der Breite der Ausführung wiederum genutzt werden, indem für die Höhe eines Hauses, die Höhe des Laubenganges eingegeben wird, also bspw. 3,5m.

Laubengänge können wie folgt ausgeführt sein:

- als hinterlüftete Fassade, die vor der eigentlichen Hausfassade angebracht werden,
- auf Erdgeschossniveau als überdachter Gehweg in Form einer Arkade (siehe a) in Abbildung 14) oder



- als auf einer Höhe angebrachte Galerie, der den Zugang zu den Wohneinheiten gewährleistet (siehe b) in Abbildung 14).

a) Arkade in Neumarkt (Südtirol)



Von Richard Huber - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7968551>

b) Laubengang in Neumünster, Kocksiedlung.

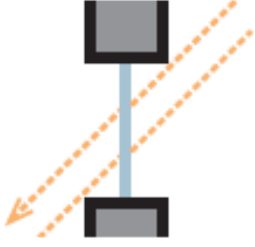
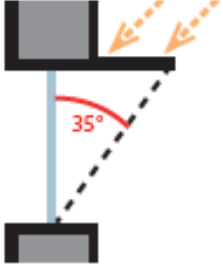
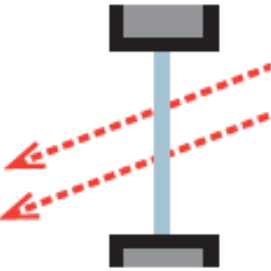
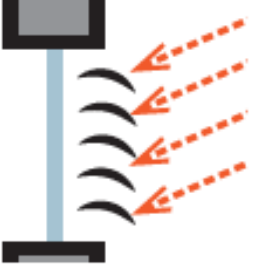


Von Dietmar Walberg - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2932946>

Abbildung 14: Ausgestaltung von Laubengängen

Flexibler und leichter umzusetzen sind die in der Tabelle 4 dargestellten Brise Soleils sowie deren Wirkweise für Fenster mit Süd- und Westausrichtung. Als großer Vorteil dieser Brise Soleils ist zu nennen, dass sie nicht so windanfällig wie bspw. Markisen sind. Die flexiblen Lamellen können sich dabei dem Sonneneinfallswinkel anpassen und bieten mehrfache Änderungsmöglichkeiten im Tagesverlauf. Besonders für Ost- und Westfassaden sind die Lamellensysteme nützlich, da hier die Einfallswinkel über den Tagesverlauf variieren: schräg und relativ tief. Mit der Lamellenausrichtung kann so flexibel auf die jeweilige Sonneneinstrahlung reagiert werden (BBSR 2019, 89ff).

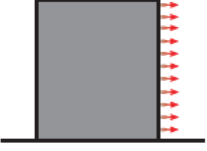



Tabelle 4: Veranschaulichung von verschiedenen Arten und Wirkweisen der Brise Soleils für Fensterflächen. Aus Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 50–51

Ausgangssituation	Maßnahme
<p>Fenster mit Süd-Ausrichtung</p> 	<p>Verschattungselemente: Sonnenschutz (horizontal)</p> 
<p>Fenster mit West-Ausrichtung</p> 	<p>Verschattungselemente: Sonnenschutz (vertikal)</p> 

Denkbar ist auch die Verwendung von Sonnenschutzglas, dass durch einen höheren Isolierwert des Glases weniger Sonnenlicht hindurchlässt und die Aufheizung im Inneren des Raumes verringert. Diesen Effekt kann eine Mehrfachverglasung (3fach, 4fach) ebenso bewirken. In Regionen mit ausreichend Tageslichtversorgung entsteht kein nachweisbarer negativer Einfluss durch die Verwendung von Sonnenschutzglas. Bedacht sollte allerdings bei Mehrfachverglasung die deutlich erhöhte Schwere der Fenster werden (BBSR 2019, 89f)

Weitere Möglichkeiten der Fassadenverschattung für die Verbesserung des Innenraumklimas und Reduzierung der Einstrahlung auf der Fassade und damit einhergehender geringerer Wärmespeicherung sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Es handelt sich hierbei um die Anbringung von Fassadenbegrünung oder die Pflanzung von großkronigen Bäumen vor der Fassade.

Tabelle 5: Weitere Möglichkeiten der Fassadenverschattung zur Verbesserung des Innenraumklimas und Fassadenverschattung aus Rodríguez Castillejos et al. 2017, S. 50–51

Ausgangssituation	Maßnahme
<p>Fassaden mit Lastreserven, für Begrünung geeignet* - prioritär bei West- und Südausrichtung</p> 	<p>Fassadenbegrünung</p> 
<p>Fassaden mit verfügbarem Platz/ genügend Freiraum vor der Fassade - prioritär vor Fenstern mit West- und Südausrichtung unter Denkmalschutz -</p> 	<p>Verschattungselemente von Fassaden</p> 

Eine *Fassadenbegrünung* ist insbesondere an West- und Südfassaden wirksam, da hier die stärkste Einstrahlung stattfindet. Darüber hinaus mindert eine Begrünung die Schallreflexion und damit die Lärmbelastung und kann zu einem gewissen Grad Stäube und Luftschadstoffe binden. Die Möglichkeiten bei der Realisierung einer Fassadenbegrünung werden allerdings entscheidend von der baulichen Ausgangssituation mitbestimmt. In Bezug auf den Abkühlungseffekt ist eine Fassadenbegrünung einer Dachbegrünung zu bevorzugen, die Wirkung ist v.a. in der Reduktion der Temperaturen und Wärmebelastung im Inneren der Gebäude zu finden.

Im Entwurf sind keine Angaben zur Fassadenbegrünung enthalten. Empfohlen werden kann die Umsetzung dieser Maßnahme für die *Süd- und Westfassaden* der Gebäude, v.a. die Innenräume der Häuser *an der Hauptstraße* würde davon profitieren. Das primäre Ziel ist es, die direkte Aufheizung sowie die Wärmespeicherung der Gebäude über die Gebäudehülle (Dach, Fassade, Fenster) zu verringern. Sonnenexponierte Gebäudeseiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Großkronige Laubbäume sind gegenüber Nadelbäumen zu bevorzugen, da sie im Winter einen vergleichsweise geringeren Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können. Teilweise wird diese Maßnahme im Entwurf bereits umgesetzt wie die Pflanzung von Bäumen vor den Häusern, was bspw. durch die Anlage der Neupflanzungen an der Hauptstraße erreicht werden kann. Da jedoch auch höhere Gebäude als die maximale Wuchshöhe der Bäume geplant sind, sollten hier andere Verschattungsmaßnahmen ergriffen werden wie bspw. die genannte Fassadenbegrünung, Markisen oder Rollläden. Weiterhin besteht die Möglichkeit der Innenraumkühlung. Dies kann durch eingebaute Lüftungselemente erfolgen, die automatisch funktionieren oder durch technische Systeme wie Klimaanlage. Zu nennen sind hier die adiabate Abluftkühlung, in der Regenwasser genutzt wird, die Erdkältenutzung oder die Nutzung von Adsorptionskältemaschinen, die durch solare Energie oder Abwärme angetrieben werden. Genauere Informationen können hier dazu entnommen werden: BBSR 2019, 96ff.

Es ist also eine Kombination aus Maßnahmen empfehlenswert, die sowohl bautechnischer Art sein können als auch Begrünung durch Fassaden-, Dachbegrünung und Bäume. Dies sollte v.a. für die



Gebäude und Gehwege an der Hauptstraße angewandt werden, um hier die Sonneneinstrahlung und Erwärmung der Innenräume zu reduzieren (siehe Abbildung 15).

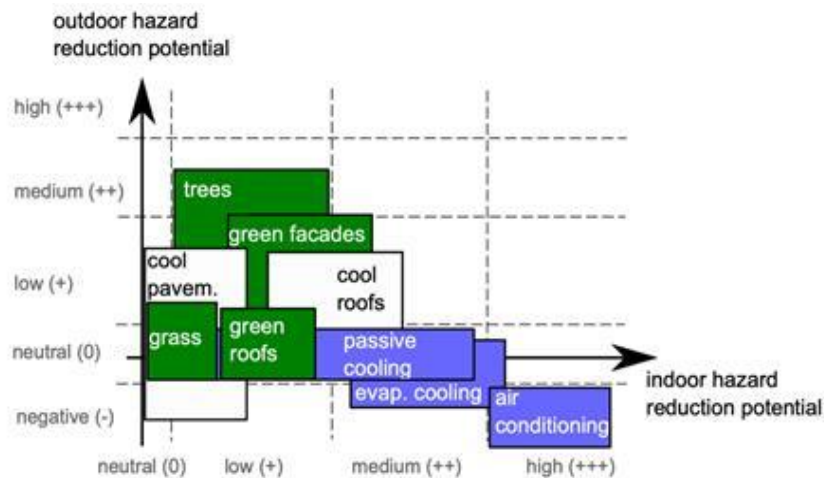


Abbildung 15: Einordnung der Verschattungsmöglichkeiten und ihrer Wirkung für den Außen- und Innenraum. Quelle: (Buchin et al. 2016, S. 33)

In der oben aufgezeigten Abbildung sind die einzelnen Maßnahmen zur Reduktion des Hitzerrisikos im Planungsraum in einem Diagramm für den Außenraum (y-Achse) und den Innenraum (x-Achse) aufgezeigt. Die Dachbegrünung erzielt v.a. für den Innenraum eine Minderung und weniger für den Außenraum, wohingegen die Fassadenbegrünung und die Pflanzung von Bäumen für den Außenraum das größte Potenzial zur Hitzereduktion aufweist. Klimaanlage besitzen einen negativen Einfluss auf den Außenraum, da sie durch die Abluft Wärme in die Umgebung abgeben.

Schulen und Sportplätze

Schulen zählen zu den sensiblen Einrichtungen im Sommer, wenn sie aufgrund der Hitzebelastung die Schüler oftmals mit hitzefrei entlassen müssen und Unterricht ausfällt. Daher sollten, wenn möglich, die Räume nach Nord bzw. West ausgerichtet sein, da der Unterricht eher vormittags stattfindet. Ist Nachmittagsunterricht bspw. aufgrund einer Abendschule geplant, ist die Anlage der Klassenräume nach Westen nicht zu empfehlen (Nachmittagssonne), stattdessen lieber nach Osten. Falls die Raumausrichtung baulich nicht behoben werden kann, sollten Sonnenschutzglas und/oder Fassadenverschattungen eingeplant werden, die die Temperatur im Inneren des Raumes reduzieren (siehe Abschnitt *Verschattung von Fassaden*).

Die *Außenraumgestaltung von Schularealen* hat unmittelbare Auswirkung auf die bioklimatische Situation. Große vollversiegelte Pausenhof- und Erschließungsflächen heizen sich stark auf, während grüne Aufenthalts-, Spiel- und Sportflächen Entlastungs- und Erholungsräume bieten. Schulareale bergen aufgrund der Flächenkulisse ein enormes klimatisches Optimierungspotenzial mit Auswirkungen auf das unmittelbare Umfeld, wenn entlastende Maßnahmen umgesetzt werden. Dabei können klimaoptimierte Schulareale sogar eine wichtige Entlastungsfunktion für ein ganzes Quartier übernehmen, wenn sie für Nachbarn gut zugänglich sind und mit einer attraktiven, klimaoptimierten Außenraumgestaltung zum Verweilen einladen. Der Versiegelungsgrad sollte daher reduziert werden. Dies ist beispielsweise oftmals im Bereich des Pausenhofs möglich, indem die Sport- und Spielfläche einen Weichbelag erhält, was sich sowohl auf die Wärmespeicherkapazität der Fläche, als auch auf die Verletzungsgefahr der spielenden Kinder positiv auswirken sollte. Auch Wege und Parkierungsflächen können entsiegelt werden, um ein Maximum an Flächenentsiegelung zu erzielen. Die Anlage neuer Bäume stellt ebenso eine wichtige Maßnahme dar.



Sportplätze müssen einen offen Charakter haben, damit Sport ohne Hindernisse oder Verletzungsgefahren durchgeführt werden kann. Augenmerk sollte hier auf *verschattete Aufenthaltsbereiche* für Pausen gelegt werden. Diese könnten mit großkronig schattenspendenden Bäumen, Sonnensegeln oder Brise Soleil, die als Vordach ausgeführt sind, ausgestattet werden. Statt Kunstrasen auf dem Spielfeld könnte natürlicher Rasen, der gut bewässert ist zur Anwendung kommen, damit eine Kühlung der Pflanzen durch deren Verdunstung erfolgen kann. Generell sollte ein Bewässerungssystem für den Rasen geplant werden.



Literaturverzeichnis

- Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) (2010): Technische Regel für Arbeitsstätten: Raumtemperatur. ASR A3.5. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Online verfügbar unter <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-5.html>, zuletzt geprüft am 12.01.2021.
- BBSR, B. B.R. (Hg.) (2019): KLIBAU –Weiterentwicklung und Konkretisierung des Klimaangepassten Bauens. Endbericht (SWD –10.08.17.7-18.33). Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2018/klibau/endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 22.01.2021.
- Buchin, Oliver; Hoelscher, Marie-Therese; Meier, Fred; Nehls, Thomas; Ziegler, Felix (2016): Evaluation of the health-risk reduction potential of countermeasures to urban heat islands. In: *Energy and Buildings* 114, S. 27–37. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.038.
- BUE: Mehr Gründächer für Hamburg. Broschüre. Hg. v. Behörde für Umwelt und Energie Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/contentblob/4599638/baf6f2302bfa9162490113babe005269/data/d-broschuere.pdf>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2020): Klimaanalyse Kanton Basel-Landschaft. Unter Mitarbeit von C. Burmeister, U. Vogelsberg und B. Büter.
- Gross, Günter (1989): Numerical simulation of the nocturnal flow systems in the Freiburg area for different topographies. In: *Beitr. Phys. Atmosph.* (62), S. 57–72.
- Gross, Günter (1993): Air Flow Around and Through Individual Trees. In: D. Barsch, I. Douglas, F. Joly, M. Marcus, B. Messerli und Günter Groß (Hg.): *Numerical Simulation of Canopy Flows*, Bd. 12. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Springer Series in Physical Environment), S. 34–91.
- Gross, Günter (2012): Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments. In: *metz* 21 (4), S. 399–412. DOI: 10.1127/0941-2948/2012/0363.
- Hamburg: Dachbegrünung. Leitfaden zur Planung. Auf die Dächer - fertig -grün! Hamburger Gründachförderung. Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/contentblob/10603292/c6eb1f159c491cfd8c7188f77b0dd277/data/d-leitfaden-dachbegruenung.pdf>, zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- Matzarakis, Andreas; Mayer, H.; Iziomon, M. G. (1999): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. In: *International Journal of Biometeorology* 43 (2), S. 76–84. DOI: 10.1007/s004840050119.
- MVI (2012): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Hg. v. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.staedtebauliche-klimafibel.de>, zuletzt geprüft am 23.10.2020.
- Rodríguez Castillejos, Zamna; Kruse, Elke; Dickhaut, Wolfgang; Dietrich, Udo (Hg.) (2017): *Mein Haus - in Zukunft klimaangepasst! Ein Leitfaden für Grundeigentümer, Bauherren und Planer*. 1. Auflage. Hamburg: Tutech Verlag.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2016): *Stadtentwicklungsplan Klima*. Stadtentwicklungsplan Klima. KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt. Berlin. Online



verfügbar unter

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_konkret.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2021.

Umweltbundesamt (2016): Heizen, Raumtemperatur. Online verfügbar unter www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur, zuletzt aktualisiert am 23.10.2020.

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 (11/2008): Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. Fundstelle: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss. Online verfügbar unter https://www.vdi.de/nc/richtlinie/vdi_3787_blatt_2-umweltmeteorologie_methoden_zur_human_biometeorologischen_bewertung_von_klima_und_lufthygiene/, zuletzt geprüft am 23.10.2020.

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9: Umweltmeteorologie. Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen 2004.

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Hannover, den 03.02.2021

Erstellt von:

Cornelia Burmeister (Dipl. Geografin)

Geprüft von:

Dipl.-Geogr. Peter Trute

Die Erstellung der Klimaexpertise erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Die Klimaexpertise bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Eigentum und Nutzungsrecht liegen bei der Auftraggeberin.