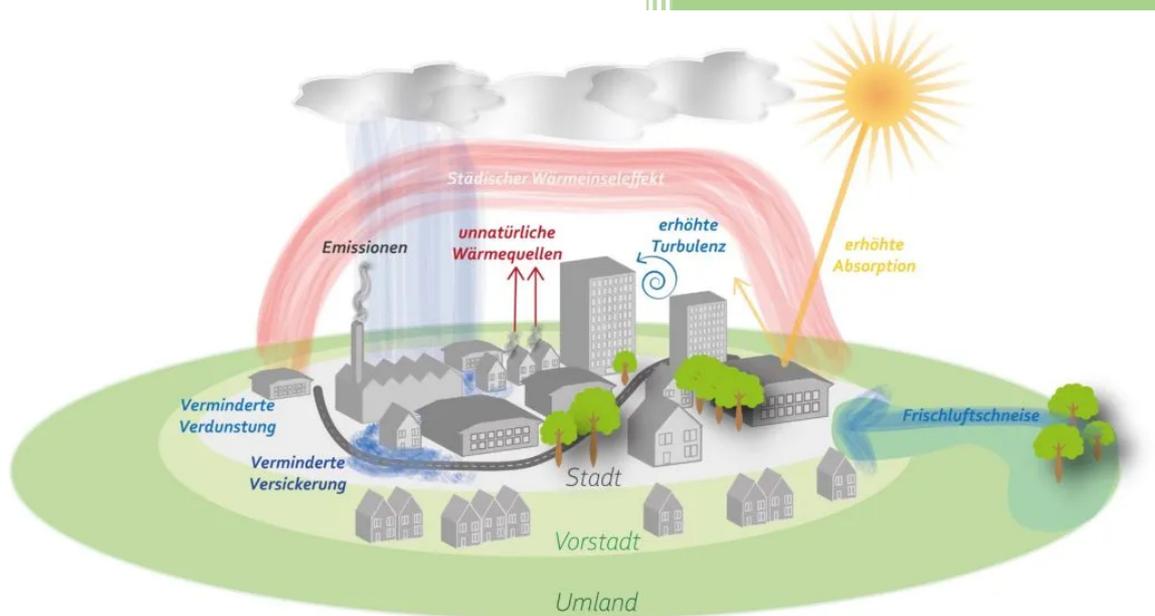


2021/2022

Bachelorarbeit

Eine Analyse, Simulation, sowohl auch Verbesserungsvorschläge der Stadt Esch-sur-Alzette für urbane Wärmeinseln im Rahmen eines Klimawandelanpassungskonzeptes.



Muric Merima – 0180978326

Energie- und Umweltingenieur

Dozenten:

Ing. Jeannot BEHM – Service Écologique

Prof.Dr.Frank SCHOLZEN

Inhaltsverzeichnis

1. Danksagung:	4
2. Einleitung:	5
3. Wärmeinsel-Allgemein:	7
4. Lösungsvorschläge:	10
4.1. Anpflanzung von Bäumen und Pflanzen:	10
4.1.1. Die Rolle des Baumes:	10
4.1.2. Die Funktion eines Baumes:	12
4.2. Beeinflussen des Klimas durch die Farbe:	13
4.2.1. Mehr Weiß in der Stadt	14
4.2.2. Mehr Grün in der Stadt	14
4.2.3. Mehr blau in der Stadt	14
4.3. Ohne Luftzug nutzt auch das Grün nichts:	14
5. Methodik:	16
5.1. Ausführung:	16
5.2. NEPSSEN-Methodik:	16
5.3. L’Hôtel de Ville	19
6. Verbesserungsvorschläge – Simulation:	31
7. Erweiterung der Verbesserungsvorschläge	35
8. Ergebnisse:	43
9. Zusammenfassung:	45
10. Fazit:	47
11. Anhang:	49
12. Quellenverzeichnis	51

Abbildungsverzeichnis:

<i>Abbildung 1: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren.....</i>	<i>7</i>
<i>Abbildung 2: Skizze des Profils einer städtischen Wärmeinsel.....</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 3: die Rolle eines Baumes.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 4: Funktionsweise eines Baumes.....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 5: Karte der Wärme- und Frischeinseln von Paris.....</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 6: Luftaufnahme -> L'hôtel de ville</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 7: Definierte Flächen</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 8: Das definieren der entsprechenden Höhen.....</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 9: die 3D Karte des gewünschten Bereiches</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 10: 3D-Karte mit dem definiertem Schatten.....</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 11: Gimp Programm.....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 12: 3D- Karte mit den Definierten Schatten.....</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 13: Karte der wärmeinsel l'hôtel de ville</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 14: Darstellung des Image j Programms.....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 15: die Auswertung</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 16: Gemeindeplatz.....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 17: Gemeindeplatz ohne Nebenstraßen</i>	<i>34</i>

1. Danksagung:

Zunächst möchte ich mich an meinem Dozenten Herrn Jeannot BEHM bedanken der mir es ermöglicht hat meine Bachelorarbeit bei ihnen im Umweltamt verfassen zu dürfen.

Ein weiterer Dank geht an meine Kollegen Herrn Robert HILGER und Sébastien KOCH die mich während meiner Bachelorarbeit unterstützt und betreut haben.

Ich möchte mich auch an dieser Stelle an Herrn Prof. Dr. Frank SCHOLZEN für die Betreuung und Auswertung meiner Bachelorarbeit danken. Für seine hilfreichen Anregungen und konstruktiven Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit bin ich ihm sehr dankbar.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen vom Umweltamt bedanken, die mir während der Anfertigung meiner Bachelorarbeit wertvolle Ratschläge gegeben haben und mir ein tiefes Verständnis der Unternehmenskultur vermittelt haben.

Ich bedanke mich auch konnten an den Weiterbildungen teilgenommen zu haben damit ich mir über die Thematik ein klareres Bild machen konnte.

Ein Dank geht auch an Herrn Mike BERTEMES aus dem Service Géométrique.

2. Einleitung:

In der nachfolgenden Arbeit wurden Strategien zur Reduzierung der städtischen Wärmeinseln dokumentiert und anhand einer Literaturrecherche die effektivsten „grünen“ Maßnahmen zur Temperaturkühlung identifiziert. Das Stadtklima hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Tatsächlich erwarten Stadt- und Umweltplaner, auf Veränderungen des Klimas und der Lufthygiene in städtischen Gebieten im Zusammenhang mit dem Klimawandel reagieren zu können. Schätzungsweise 5 Milliarden Menschen werden bis 2030 in Städten leben. Wenn Menschen aufgrund von Hitzestress durch Hitzeinseln nachts nicht schlafen können, wird ihr körperlicher Erholungsprozess gestört und kann negative Auswirkungen auf ihre Gesundheit haben. Hitzestress ist oft nicht die direkte Ursache von Krankheit und Tod, sondern eher unangenehme Umstände, die bestehende Gesundheitsprobleme verschlimmern. Statistiken zeigen, dass etwa 5 % der Todesfälle in Berlin aufsteigende Temperaturen zurückzuführen sind. Besonders betroffen sind die über 65-Jährigen, was die Notwendigkeit zeigt, Städte grün und lebenswert zu machen und Strategien zur Reduzierung städtischer Hitzeinseln zu entwickeln und umzusetzen. Können begrünte Dächer, grüne Fassaden und Parks die Stadttemperaturen senken und damit das Stadtklima verbessern?

In städtischen Gebieten wird die eingestrahlte Sonnenenergie stärker absorbiert als in land- und forstwirtschaftlichen Gebieten, die Speicherzeit ist länger. Grund dafür ist zum einen die Art und Farbe vorhandener Flächen wie Dächer, Straßen, Parkplätze und sonstige bebaute Flächen, zum anderen die höhere Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden. Vorhandene Materialien. Die Folgeproblematik der „urbanen Wärmeinsel“ ist auch Anstoß für diverse städtebauliche Maßnahmen wie Fassadenverbesserung, Dachbegrünung, Erweiterung von Parks und Rasenflächen etc. Das Phänomen UHI¹ und die Bebauung der Innenstadt erhöhen einerseits den Energieverbrauch und andererseits den Klimawandel durch:

- a) verstärkte Erwärmung urbaner Gebiete, insbesondere in den Sommermonaten, mit damit verbundenem höherem Energieverbrauch, zum Teil aus fossilen Brennstoffen, für die Gebäudekühlung in Wohnungen, Bürogebäuden, Häusern etc. und damit verbundene höhere THG-Emissionen², sowie
- b) negative Auswirkungen auf die städtische Strahlungsbilanz und negativer Beitrag im Zusammenhang mit dem Klimawandel aufgrund einer erhöhten Energieaufnahme (geringes Reflexionspotenzial) und das damit verbundenen Treibhauspotenzial.

¹ *Urban Heat Island*

² *Treibhausgas-Emissionen*

Eine Zunahme der Intensität oder Häufigkeit von Hitzewellen in den Sommermonaten kann erhebliche Folgen für das Stadtklima, den Energieverbrauch, die Gesundheit und die Lebensqualität in Städten haben. Ziel dieses Sondierungsprojektes ist es, verschiedene Konzepte zur Reduzierung von städtischen Wärmeinseln zu untersuchen und die zu erwartenden Folgen eines kühleren und sparsameren städtischen Mikroklimas abzuschätzen. Insbesondere der Einfluss sich ändernder Einstrahlungseigenschaften verschiedener Bereiche wie Dächer, Straßen, Parkplätze sowie der Einfluss von Dachbegrünungen wurden detailliert untersucht und die Ergebnisse anschließend hinsichtlich Energieeinsparungen und Emissionsminderungen für die Stadt quantifiziert.

3. Wärmeinsel-Allgemein:

Stadtklima wird durch die Weltorganisation für Meteorologie definiert als die Veränderung des Lokalklimas in Bezug auf Bebauung und Emissionen. In Bezug genommen sind sowohl die Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind sowohl auch Immissionsgrößen wie z.B. Luftqualität und Lärm.

Durch den Klimawandel gewinnt das Thema urbane Wärmeinseln in Städten immer mehr an Bedeutung. Dieses Phänomen ist heute bekannt und wird von vielen Gemeinden berücksichtigt. Von der Kartierung bis zur Modellierung können verschiedene Methoden verwendet werden, um dieses Phänomen zu untersuchen und damit umzugehen.

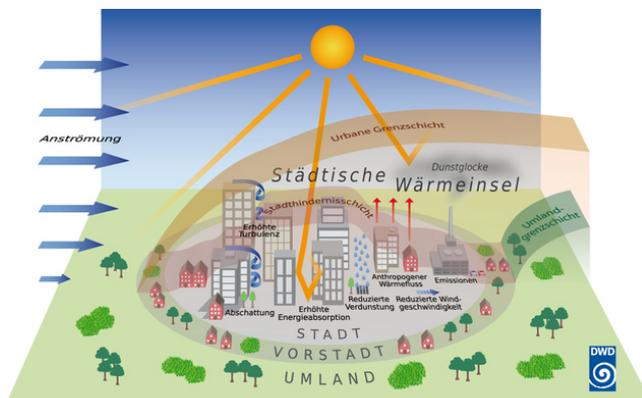


ABBILDUNG 1: DAS STADTKLIMA UND SEINE EINFLUSSFAKTOREN³

Urbane Wärmeinsel ist ein typisches Merkmal des Stadtklimas. Definiert wird sie durch die Lufttemperaturdifferenz zwischen der wärmeren Stadt und ihrem kühleren Umland. Das Maximum wird bei wolkenfreien und windschwachen Wetterbedingungen der Nacht erreicht. Die Lufttemperatur ist stark abhängig von der Gebäudegeometrie, den thermischen Eigenschaften der Bausubstanz, den Strahlungseigenschaften der Oberflächen und der anthropogenen Wärmefreisetzung z.B. durch Hausbrand, Verkehr und Industrie.

Die Geometrie der Bebauung spielt in diesem Fall eine große Rolle, da sich dadurch die Oberfläche, auf der sich die Sonnenstrahlen absorbieren, vergrößert, was in den Sommertagen zu einer Aufheizung der jeweiligen Baukörper führt. Man kann beobachten, dass die bebauten Flächen die Wirkung eines Wärmespeichers besitzen.

³ https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadt/pl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html

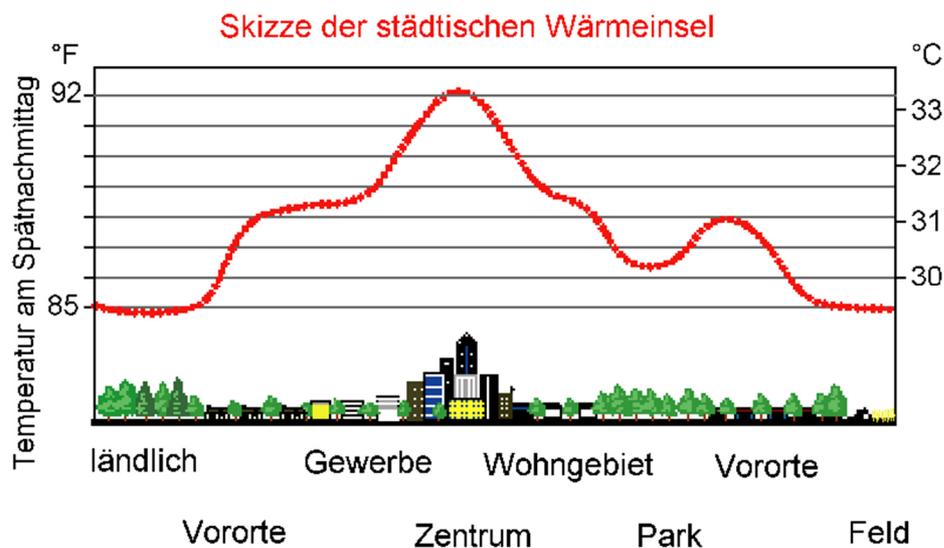


ABBILDUNG 2: SKIZZE DES PROFILS EINER STÄDTISCHEN WÄRMEINSEL⁴

Wie auf der Abbildung 2 festgestellt werden kann, heizen sich die unbebauten Flächen weniger auf. Dies liegt an den Beschattungen, der Vegetation und deren Verdunstungsleistung. In der strahlenden Nacht kann der natürliche Boden ohne Bedeckung durch Wärmestrahlung seine Wärmeenergie wieder abgeben. In unbebauten Wiesenflächen kühlt die Luft nachts schneller ab.

Im Gegensatz dazu erwärmen sich bebaute Flächen durch Sonneneinstrahlung deutlich stärker. Der Einfallswinkel der Sonne wird mithilfe der senkrechten Fassaden direkter, darüber hinaus fehlt meistens die Vegetation, die Schatten spendet und mit Verdunstungsleistung die Luft abkühlen kann. Der implementierte Stein beheizt sich auch schneller auf. Er ist hingegen ein besserer Wärmespeicher und gibt seine Wärme nachts langsamer ab. Die Luft in der Umgebung kann sich auf diese Weise nicht mehr abkühlen. Die Verengung des Straßenschluchtenhorizonts verhindert teilweise die Wärmeabstrahlung in der Nacht. An den Wänden des Hauses befinden sich mehrere Reflexionen.

Auch die Luftzirkulation und das Ein- bzw. Eindringen kühlerer Luft aus der Umgebung oder größeren Grünflächen werden durch die Bebauung eingeschränkt. Wird die Emissionsquelle im sogenannten Kaltluftkorridor (Verkehrs- und Industrieanlagen) gebaut, ist die nun einströmende Kaltluft reich an Schadstoffen. Die Erhöhung der Partikelkonzentration in der Stadtluft wird wiederum die Wärmestrahlung dämpfen. Ein weiterer Faktor, der zur Erwärmung der Innenstadt beiträgt, ist die großflächige Schließung. Daher läuft Regenwasser schnell ab und kann nicht verdunsten. Da Verdunstung Wärme verbraucht, führt dieser Effekt auch zu einer Verringerung der städtischen Abkühlung (oder umgekehrt der Erwärmung).

⁴ http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/2__Stadtklima/-_Waerme-Inseln_41r.html

Verallgemeinert ausgedrückt, ist in der Landschaft eine Aufheizung der Oberflächen deutlich niedriger als in der Stadt. Die Temperaturen liegen von min. 29°C (Landschaft) bis max. 33°C (Stadt). Eine Stadt ist somit wärmer, trockener und haben weniger Wind, im Gegensatz zur Landschaft und wird somit häufiger vom Starkregen und Gewitter geprägt.

Wasser ist ein strategisches Element bei der Anpassung an die Umwelt. Im Sommer ist die Bekämpfung von urbanen Hitzeinseln notwendig und sinnvoll. Vor allem die natürliche Umgebung in der Stadt ermöglicht es, das Verdunstungsphänomen zu entwickeln und zu aktivieren, so dass die Umgebungsluft gekühlt werden kann. Daher ist es wichtig, die Durchlässigkeit des städtischen Bodens zu maximieren. Paradoxe Weise muss sein Überfluss, insbesondere bei Winter- oder Sommerstürmen, bewirtschaftet werden, um Überschwemmungen zu vermeiden. Durchlässigkeitsbewertung ermöglicht regionale Modellierung, Prognose und Planung von Entwicklungsprojekten.

4. Lösungsvorschläge:

Es ist unmöglich eine Erwärmung vollkommen zu stoppen und zu verhindern. Jedoch hat man die Möglichkeit mit verschiedenen Verbesserungsvorschlägen eine Reduktion des Wärmeinseleffektes zu erzielen. Wie schon im Punkt 3 erläutert, kommt es zu einer Klimaänderung entsprechend zu einem starken Temperaturanstieg, durch die Oberflächenversiegelung, Strahlung von Gebäuden und Fahrzeugen sowie fehlende Vegetation.

Demgemäß werden folgende Verbesserungsvorschläge erzielt, um den Temperaturanstieg zu stoppen:

4.1. Anpflanzung von Bäumen und Pflanzen:

Sie können die Verdunstung erhöhen und die Temperatur entsprechend senken, indem Sie Bäume pflanzen oder Grünflächen anlegen. An einem heißen Sommertag verdunstet ein ausgewachsener Laubbaum bis zu 400 Liter Wasser. Beträgt sein Baldachin einen Durchmesser von 15 Meter, kann er auf einer Fläche von 160 Quadratmetern Schatten spenden. Der Wind sorgt dafür, dass sich die warme Luft in der Stadt dreht, und die angenehme Brise, im besten Fall die frische und kühle Luft aus der Umgebung, weht durch die Stadt.

4.1.1. Die Rolle des Baumes:

Bäume nutzen das Wasser in den Blättern, um die Luft zu befeuchten und das Atmen angenehmer zu machen. Die Blätter vereinen auch Schwebstoffe wie Rußpartikel und den Verschleiß von Autoreifen. Schadstoffe auf den Blättern gelangen jedoch häufig über das Regenwasser in die Kanalisation. Sie sind Lebensraum von Pflanzen und Tieren wie Käfern, Schmetterlingen anderen Insekten und kleinen Vögeln. Die Mulde des alten Baumes ist Brut- und Lebensraum von Eichhörnchen und Fledermäusen. Bäume reduzieren den Straßenlärm und der Park ist eine Oase der Ruhe und Entspannung.

Durch Einpflanzen eines Baums erzielt man folgende positive Aspekte:

- Besserung der Luftqualität (Sauerstoffproduktion, Partikeleinfang)
- Auswirkungen auf die körperliche und psychische Gesundheit
- Besseres Wohnumfeld und Immobilienbewertung
- Entwicklung der Biodiversität in der Stadt
- Luftbefeuchtung durch Verdunstung
- Erfassung von atmosphärischem CO₂ und Kohlenstoffspeicherung
- Bodenanreicherung durch Zugabe von organischer Substanz
- Versickerung von Regenwasser und Abfluss
- Verwendung des Materials (Energieholz, Schnittholz, Mulchen, Totholz, künstlerische Unterstützung)

Leistungen von gehölzbestandenen innerstädtischen Grünflächen

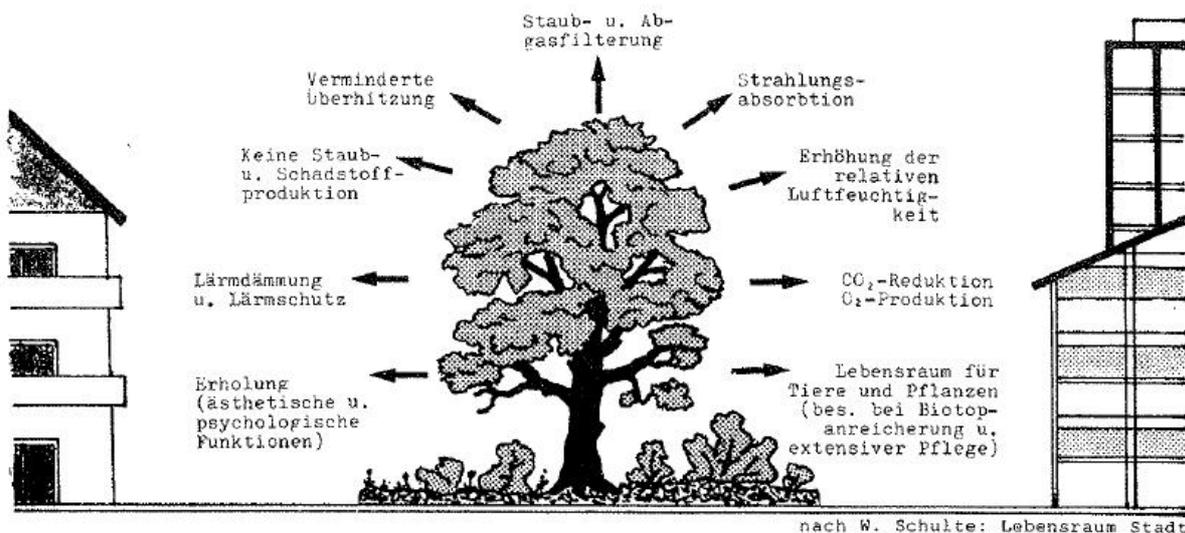


ABBILDUNG 3: DIE ROLLE EINES BAUMES⁵

⁵ <https://www.bergischgladbach.de/baumschutz.aspx>

4.1.2. Die Funktion eines Baumes:

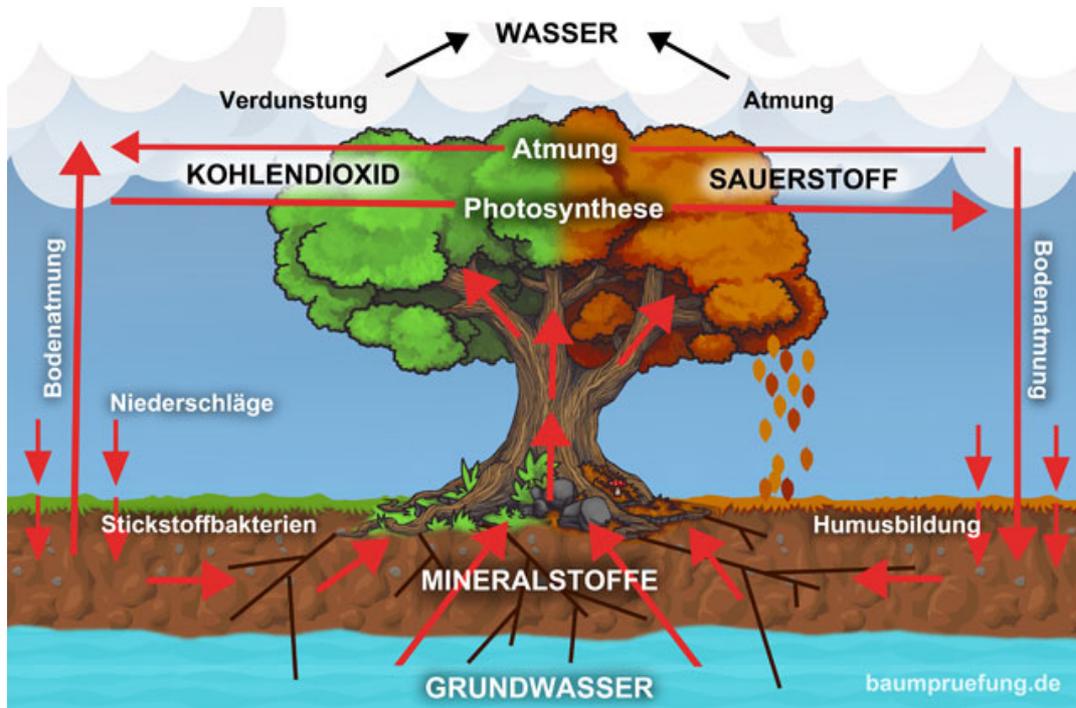


ABBILDUNG 4: FUNKTIONSWEISE EINES BAUMES⁶

Der Wasserkreislauf:

Die Wurzeln des Baumes nehmen Wasser und gelöste Mineralien aus dem Boden auf. Nun muss mineralstoffreiches Wasser durch das gesamte Astsystem des Baumes transportiert werden, also durch den Stamm bis in die einzelnen Äste und Blätter.

Den Blättern kommt eine besondere Funktion zu, denn sie bilden als Ganzes eine riesige Verdunstungsfläche. Da aus den Blättern ständig Wasser verdunstet, müssen Bäume immer darauf achten, Wasser aus den Wurzeln nachzufüllen. Dadurch entsteht ein stetiger Wasserfluss von den Wurzeln zu den Blättern.

Wasser verdunstet hauptsächlich durch die Spaltöffnungen der Blätter. Irgendwann gelangt es in Form von Niederschlag wieder auf die Erde und kann über die Baumwurzeln wieder aufgenommen werden.

⁶ <https://www.baumpruefung.de/baum-von-a-z/lebenszyklus/>

Die Atmung:

Der Gasaustausch zwischen den Bäumen und der Atmosphäre erfolgt über die Spaltöffnungen in den Blättern. Wie alle grünen Pflanzen nimmt dieser Baum Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf und nutzt Lichtenergie, um es in Zucker umzuwandeln.

Bäume brauchen Zucker als Energielieferant für ihr Wachstum und ihre Stoffwechselprozesse. Der Prozess der Zuckerherstellung aus Kohlendioxid ist sehr kompliziert und wird Photosynthese genannt. Als Nebenprodukt der Photosynthese setzen Bäume Sauerstoff frei, den alle Lebewesen zum Atmen benötigen.

Der Baum atmet auch und verwendet dafür Sauerstoff. Es liegt jedoch weit unter seiner Leistung. Auch Wurzelzellen müssen Sauerstoff liefern und Kohlendioxid abgeben. Dieser Vorgang ist Teil der sogenannten Bodenatmung.

Bakterien helfen auch dem Baum

Bäume brauchen neben Kohlendioxid und Sauerstoff auch Stickstoff zum Überleben. Bäume können den gasförmigen Stickstoff unserer Atmosphäre jedoch nicht direkt aufnehmen. Stickstoffbakterien im Boden wandeln gasförmigen Stickstoff in eine Form um, die die Bäume nutzen und eine Stickstoffversorgung herstellen können. Dann kann sich der Baum durch seine Wurzel selbst versorgen.

Im Herbst verlieren unsere heimischen Laubbäume ihre Blätter, machen Pause und wachsen kaum. Das abgefallene Laub wird von Bakterien und Pilzen zusammen mit anderen organischen Abfällen am Boden zu einer sogenannten Humusschicht abgebaut, die als Mineralspeicher dient. Bei Regen werden Mineralien aus der Humusschicht herausgespült. Auf diese Weise gewinnt der Boden nach und nach seine Mineralien zurück, die dann zusammen mit Wasser über die Wurzeln an den Baum zurückgegeben werden können.

4.2. Beeinflussen des Klimas durch die Farbe:

Auch die Farben in der Stadt können die Temperatur ansteigen lassen: Dunkle Außenwände heizen sich eher auf als helle Außenwände, sogar die Farbe des Autos hat Einfluss. Ein silbernes Auto, ein schwarzes Auto ist zwölf Grad höher. Experten empfehlen mehr Weiß, Grün und Blau für unsere Stadt.

Helle Farben schlucken das Sonnenlicht nicht, sondern werfen es zurück in den Weltraum. Die dunklen Dächer reflektieren etwa 20 Prozent des Sonnenlichts, während die weißen Dächer bis zu vier Fünftel der Strahlung reflektieren. Wenn jedes Dach in einer Stadt weiß ist, kann der Wärmeinseleffekt um 33 % reduziert werden.

4.2.1. Mehr Weiß in der Stadt

In Griechenland wie Santorini ist es nicht unvernünftig, dass es hauptsächlich weiße Häuser gibt. In Los Angeles und New York wurden Straßen und Gebäude in Weiß gestaltet. Wir sollten auch helle Farben wählen, anstatt die Außenwände rot, blau oder grün zu streichen.

4.2.2. Mehr Grün in der Stadt

Bei laufenden Bauarbeiten wird empfohlen, bestehende Gebäude aufzustocken, anstatt viele neue Gebäude zu errichten, um mehr Flächen abzudichten. Hochhäuser haben zudem den Vorteil, Schatten zu spenden. Ungenutzte Nebengebäude und Garagen sollen abgerissen werden, um Platz für Grünflächen zu schaffen.

4.2.3. Mehr blau in der Stadt

Der befestigte, kombinierte und damit versiegelte Boden sollte nach Möglichkeit gelockert werden. Jetzt fließt Regenwasser direkt von der Straße in die Kanalisation. Dringt es langsam in eine durchlässige Oberfläche, Kieselsteine oder Rasen ein, verdunstet es und kühlt ab. Im größeren Maßstab fungiert Regenwasser als Klima- und Bewässerungssystem der Erde, wenn es verdunstet, kondensiert und wieder regnet. In Paris und Berlin wurden die Straßen zur Abkühlung mit Wasser besprüht.

4.3. Ohne Luftzug nutzt auch das Grün nichts:

Die Bahngleise können verschönert und das ehemalige Fabrikgelände in einen Park umgewandelt werden. Nur Anwohner können von großen Grünflächen profitieren, meist im Umkreis von hundert Metern. Die Luft muss sich jedoch bewegen können. Sinnvoll sind gerade Gänge, durch die der Wind wehen kann. Noch besser ist es, Gebäude unterschiedlicher Höhe, kleine Parks mit Baum- und Strauchgruppen und viel Gras zu mischen: Dann trifft der Wind immer wieder auf die Hindernisse, bildet Luftwirbel und zieht kalte Luft von oben zu Boden. Städtische Wassernutzung, Stadtklima, Einwohner und Touristen, kleine Seen, Flüsse und Bäche, Brunnen, Wasserspiele und andere Trinkbrunnen steigern nicht nur den Unterhaltungswert der Stadt, sondern kühlen die Stadt auch aktiv.

Viele der aufgezählten Maßnahmen bergen auch ihre Nachteile. Laut Wissenschaftlern kann heller Straßenasphalt im Produktionsprozess umweltschädlicher sein als herkömmlicher Asphalt. Komplette weiße Straßen und Häuser sind schwer zu erreichen, alles in allem können sie schwindelerregend sein. Man darf sich auch fragen, wie lange sie eigentlich weiß bleiben und welcher Mehraufwand dafür nötig ist. Wenn die Bäume zu dicht wachsen, wird die Belüftung unterbrochen und Schadstoffe sammeln sich in den unteren Lufträumen über den Menschen. Mehr urbane Begrünung und viele Bewässerungskonzepte benötigen mehr Wasser, das ist problematisch, insbesondere wenn sich Dürren verstärken. Wenn das Grün jedoch vertrocknet, wird es heißer als Beton. Vor allem bei Windstille wird durch künstliche Bewässerung die Luftfeuchtigkeit erhöht, was die Stadt unerträglich macht.

Die Begrünung von Außenwänden ist nicht allgegenwärtig. Bäume tragen zur Ozonbildung bei, Pollen machen Allergiker nicht glücklich und in engen Straßenschluchten behindern sie den Luftaustausch. Die Verdunstung kann auch durch die Ausdehnung städtischer Gewässer erreicht werden, dies ist jedoch angesichts der wachsenden Zahl von Tieren in Mitteleuropa nicht ganz richtig. Zusammenfassend sind Urbane Wärmeinseln eine Belastung für die Anwohner, aber mögliche Gegenmaßnahmen werden in anderen Gebieten zu einer stärkeren Belastung führen.

5. Methodik:

5.1. Ausführung:

Ziel des Projektes ist es eine Analyse, eine Simulation, sowohl auch Verbesserungsvorschläge für urbane Wärmeinseln der Stadt **Esch-sur-Alzette** im Rahmen eines Klimawandelanpassungskonzeptes durchzuführen.

Um uns zum Thema Wärmeinsel und „Bäume in der Stadt“ ein umfangreiches Bild machen zu können und ihre Bedeutsamkeit zu verstehen, haben wir an 2 Weiterbildungen teilgenommen im Kader der Umwelteffizienz, die vom Unternehmen *NEPSEN*⁷ vorgestellt wurde.

Die Bildungsziele bestehen darin als erstes das Phänomen der Wärmeinseln zu kennen und verstehen, dann die Bereiche des Standorts nach Temperaturbereichen zu klassifizieren, um zum Schluss Lösungen zur Bekämpfung von Wärmeinseln zu erstellen und Städten die Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen. Kartierung ermöglicht es uns, die Vorteile der Natur in der Stadt leicht zu erkennen.

5.2. NEPSEN-Methodik:

Bei den Weiterbildungen ging es darum uns mit der Thematik auseinanderzusetzen und anschließend anhand von Beispielen eine Analyse durchzuführen.

Es wurde eine Methodik vorgestellt anhand welchen Tools man eine solch Analyse durchführen kann.

Zur Verfügung hat man jeweils 4 Programme, die man Schrittweise ausführen muss:

Als erstes wird mit einem Programm namens „SketchUp⁸“ gearbeitet. In diesem Schritt geht es darum den Schatten zu definieren. Um den Schatten definieren zu können benötigt man eine 3D-Karte des gewünschten Gebietes. Diese wird im SketchUp importiert und dann definiert man jeweils an 3 verschiedenen Uhrzeiten die Position des Schattens. Als Simulationstag wird der 26 Juni verwendet da dieser Tag in der nördlichen Erdhälfte der längste Tag des Jahres ist und an diesem Tag die Sonne die größte Mittagshöhe über den Horizont hat. Bekannt auch unter dem Begriff Sommersonnenwende.

An diesem Tag wird jeweils die Verschattung um 14, 15 und 16 Uhr aufgenommen. Verfügt man jedoch keine 3D-Karte, kann man diese selbst im SketchUp designen.

⁷ *NEPSEN ist ein unabhängiges Beratungs- und Ingenieurbüro, das sich seit 40 Jahren mit der Energiewende beschäftigt und öffentliche und private Wirtschaftsakteure bei der Realisierung von umweltfreundlichen Niedrigenergieprojekten unterstützt und nachhaltige und profitable Ergebnisse garantiert.*

⁸ *SketchUp ist eine Software zur Erstellung von dreidimensionalen Modellen.*

Als nächstes arbeitet man mit einem Programm namens „Gimp⁹“. Anhand dieses Programms werden die Bereiche definiert. Als erstes werden, die 3 im SketchUp definierten Grafiken, importiert und überlagert. So erhält man schlussendlich eine Grafik wo 3 Verschattungen zu erkennen sind Sonne, Halbschatten oder Vollschatten.

Durch eine von NEPSSEN definierten Tabelle¹⁰ werden die jeweiligen Bereiche definiert. Das bedeutet man muss einzeln jedem Bereich die jeweilig zutreffende Farbe verteilen. Um dies ausführen zu können, werden Informationen benötigt wie z.B. aus welchem Material der Boden besteht, die Farbe usw.

Hat man jedem Bereich die zutreffende Farbe zugeteilt, erhält man nun eine neue Grafik, wie auf der Abbildung 5 zu erkennen ist, die uns jetzt die Risikogebiete vorzeigt. Ziel ist es eine Grafik zu erhalten die viele blau-grüne Stellen anzeigt als orange-rote.

Auf der Abbildung kann man sehr gut erkennen wo die Risikogebiete für die Stadt Paris zu finden sind. Die Temperaturen im Orangen Bereich liegen bereits bei 37,5°C was den größten Teil repräsentiert.

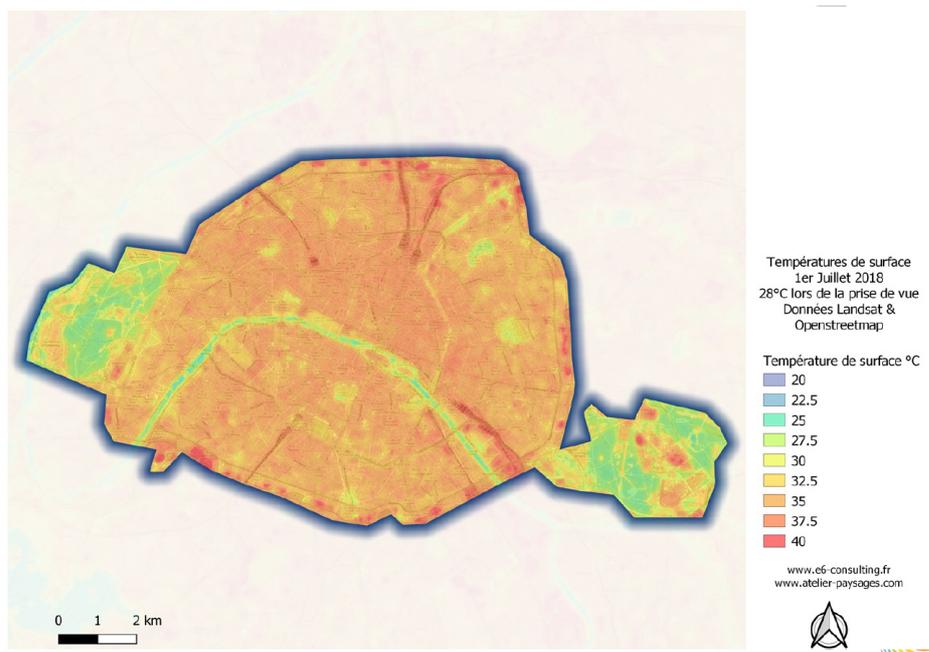


ABBILDUNG 5: KARTE DER WÄRME- UND FRISCHEINSELN VON PARIS¹¹

⁹ GIMP (GNU Image Manipulation Program) ist ein pixelbasiertes Grafikprogramm, das Funktionen zur Bildbearbeitung und zum digitalen Malen von Rastergrafiken beinhaltet

¹⁰ Siehe Anhang

¹¹ Weiterbildung

Um die Anzahl der Pixel der jeweiligen Farben auszurechnen, die benötigt werden, wird das Programm „Image J¹²“ benutzt. Als Resultat gibt das Programm eine Tabelle mit allen Werten.

Diese Werte werden dann an schließlich im letzten Programm importiert. Hier wird mit „Excel“ gearbeitet. Excel gibt uns dann schlussendlich einen ICU Score, der uns folgendes aussagt:

- ➔ Score ICU ist ein Gesprächstool, das den Umgang mit dem Thema urbane Hitze- und Kälteinseln erleichtert. Ein Tool zur Identifizierung der städtischer Wärmeinseln. Daher empfiehlt das ICU-Scoring-Tool, städtische Oberflächen basierend auf den verwendeten Materialien und ihrer Lage im Schatten oder Sonnenlicht, der Vegetation, dem Wasser und dem Vorhandensein verschiedener Faktoren in neun Temperaturklassen einzuteilen.
- ➔ Der Wert liegt zwischen 0 und 1. Liegt man bei 0 so reflektiert das Material das gesamte Licht und liegt man bei 1 absorbiert es den gesamten Lichtstrom. Ziel ist es so nah wie möglich an der 0 zu liegen. Zeigt die Karte blaue und grüne Bereiche liegen wir bei einem Wert von 0 - 0,5 ab dem gelben Bereich liegt man schon über den Wert 0,6. Am höchsten sind die Werte im orangen und roten Bereich, die die Risikostellen deutlich andeuten die vermeiden werden sollen.

Nach dem Ausführen der 4 Schritten, ergibt sich eine Karte die mögliche Potenziale zur Verbesserung darstellt.

¹² ImageJ ist ein Bildbearbeitungs- und Bildverarbeitungsprogramm. Es wird vielfach für medizinische und wissenschaftliche Bildanalyse genutzt, zum Beispiel zum Vermessen von Strukturen auf Mikroskop aufnahmen.

5.3. L'Hôtel de Ville

Die im Punkt 5.2. dargestellte Methodik wird Anhand eines Beispiels genauer, detaillierter dargestellt. Als genauen Standort der Analyse wurde die Gegend „L'hôtel de ville“ ausgesucht.

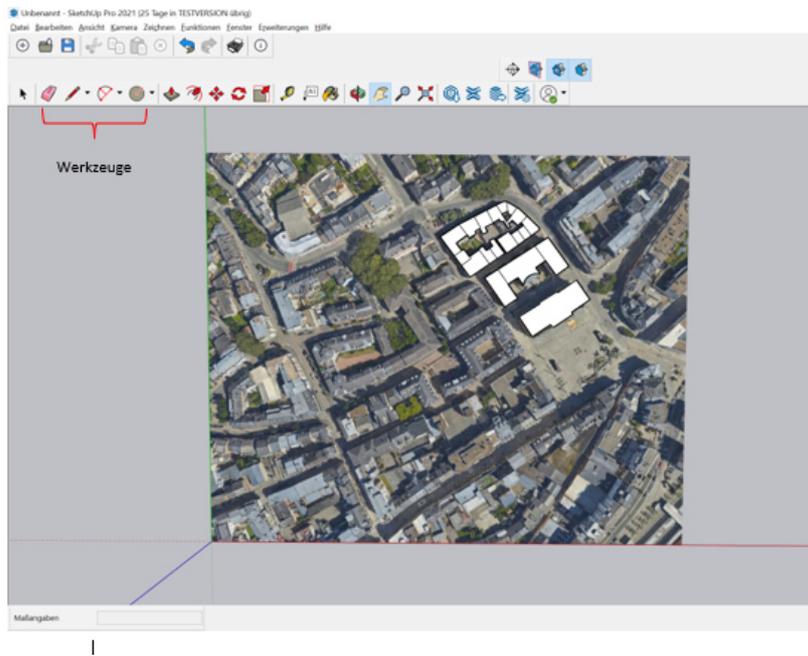


ABBILDUNG 6: LUFTAUFNAHME -> L'HÔTEL DE VILLE¹³

Wie schon angegeben werden 3D-Karten vom gewünschten Bereich benötigt. Da nur eine 2D Karte der Stadt Esch zur Verfügung steht, muss die 3D Karte selbst erstellt werden.

Um diese erstellen zu können wird die Karte, die in der Abbildung 6 zu sehen ist, im SketchUp Programm importiert. Als nächstes geht man hin und zeichnet die Umriss der einzelnen Gebäude nach. Wie auf der unteren Abbildung zu erkennen ist stehen 4 Werkzeuge zu Verfügung: ein Radiergummi, ein Stift, Pfeil-Tool und verschiedene Formen.

¹³ Luftaufnahme aus dem Internet



Hat man jedes einzelne Gebäude nachgezeichnet so erhält man folgende Karte wie auf Abbildung 7 dargestellt ist:

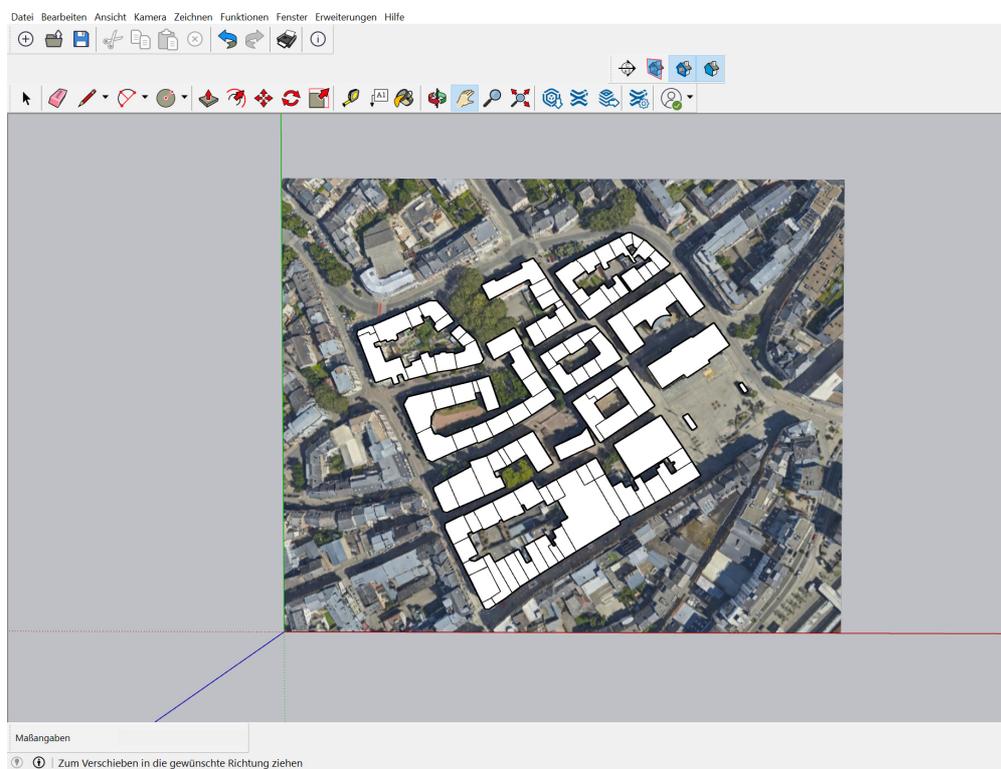


ABBILDUNG 7: DEFINIERTE FLÄCHEN¹⁴

¹⁴ Diese Abbildung wurde im SketchUp Programm entworfen.

Nun hat man eine 2D-Karte mit den definierten Gebäuden und jetzt geht man hin und erstellt die 3D-Karte. Um die erstellen zu können werden die jeweiligen Höhen der Gebäude benötigt. Die Höhen wurden aus der zu Verfügung stehenden Luftaufnahmen der Stadt Esch abgemessen. Man geht einzeln hin, wie auf Abbildung 8 zu sehen ist, und misst jeweils die entsprechende Höhe des Gebäudes. Da keine Dachstruktur der einzelnen Gebäude festgelegt wurde, wird die Höhe von Boden bis zum letzten Stockwerk benutzt.



ABBILDUNG 8: DAS DEFINIEREN DER ENTSPRECHENDEN HÖHEN

Um die Höhen zu definieren, wird die Funktion „Drücken/Ziehen“ benutzt, wie auf der Abbildung 9 zu erkennen ist. Im Anhang finden sie die Liste mit den jeweiligen Höhen der einzelnen Gebäude. Es wurde mit dem Maßstab 1:100 gearbeitet.

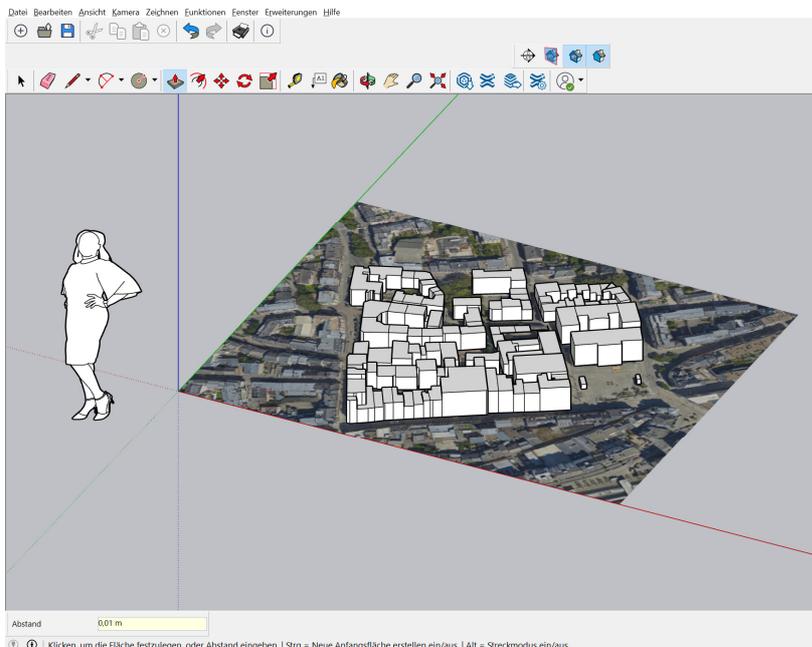


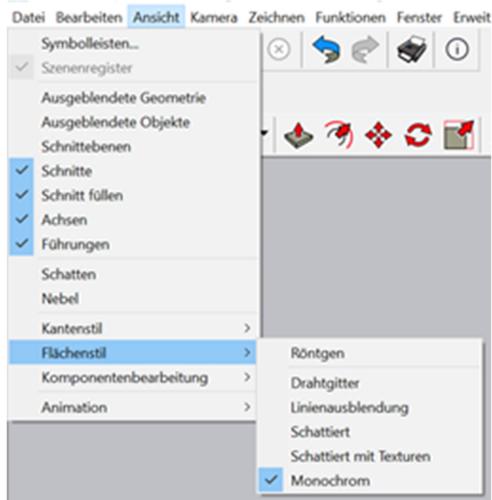
ABBILDUNG 9: DIE 3D KARTe DES GEWÜNSCHTEN BEREICHES¹⁵

¹⁵ Diese Abbildung wurde im SketchUp Programm entworfen.

Nach der Erstellung der 3D- Karte kann jetzt der Schatten definiert werden. Um den Schatten definieren zu können müssen 3 Schritte durchgeführt werden:

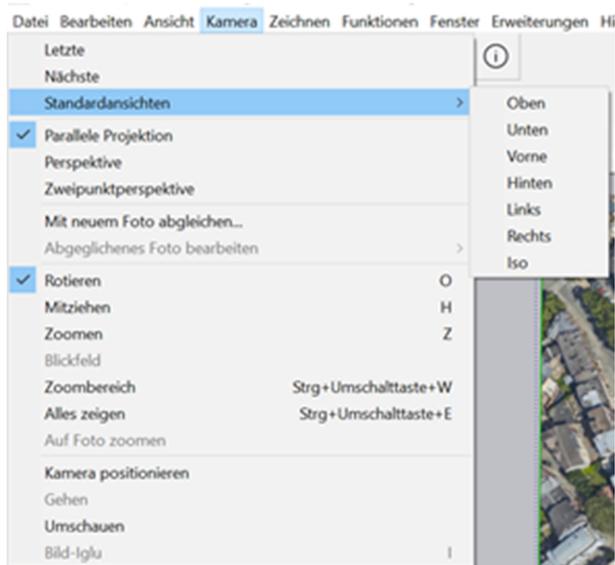
- **Schritt 1:**

Flächenstil auf Monochrom setzen.



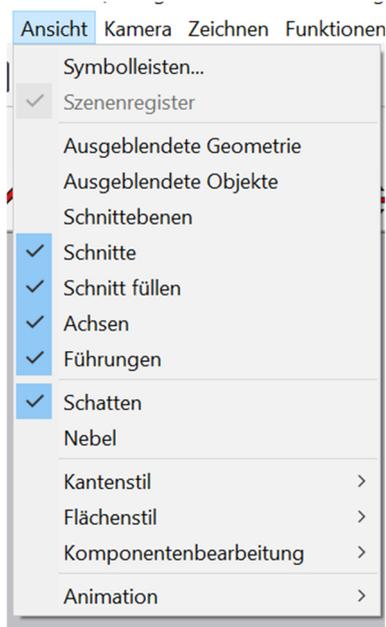
- **Schritt 2:**

Man wählt die Parallel Projektion mit Standartausicht von oben aus.

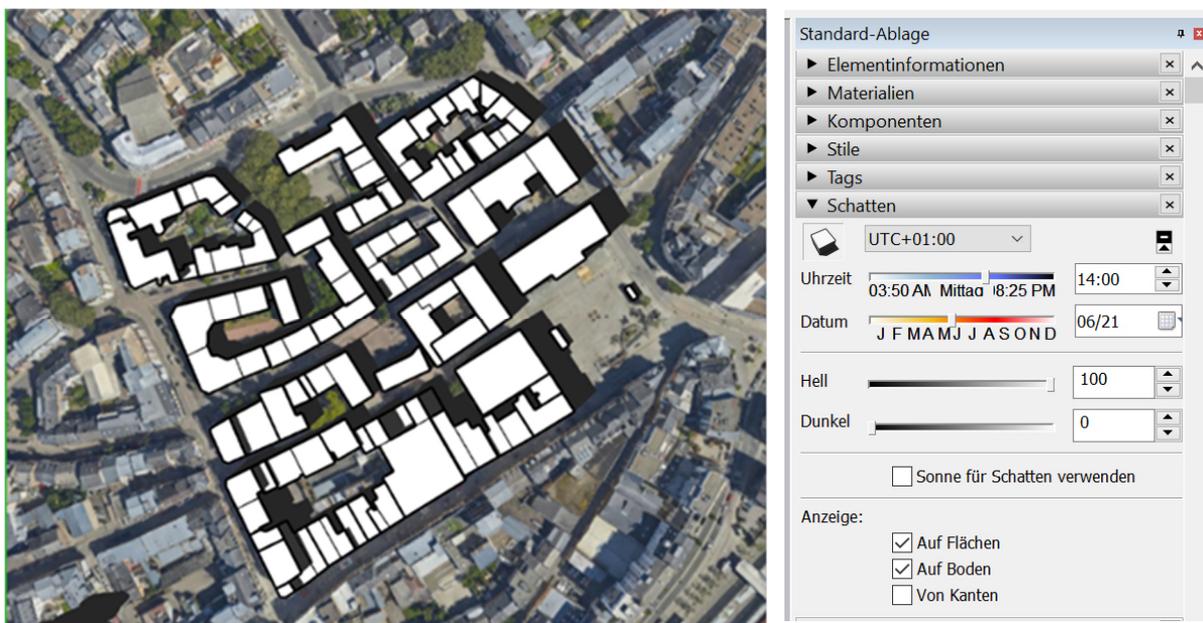


- **Schritt 3:**

Die Funktion „Schatten“ wird ausgewählt



Somit hat man den Schatten definiert und nun kann rechts von der Abbildung 10 die gewünschte Uhrzeit und das gewünschte Datum ausgewählt werden.



ABILDUNG 10: 3D-KARTE MIT DEM DEFINIERETEM SCHATTEN

16

¹⁶ Diese Abbildung wurde im SketchUp Programm entworfen.

Anschließend erhält man die 3 gewünschten Karten mit den jeweilig definierten Schatten:

**Karte 1: Schatten am 26.Juni
um 14 Uhr**



**Karte 2: Schatten am 26.Juni
um 15 Uhr**

**Karte 3: Schatten am 26.Juni
um 16 Uhr**



Hat man die 3 Grafiken erstellt, geht man hin zum zweiten Programm. Wie schon im Punkt 5.2 erwähnt wird, wird mit dem Programm Gimp gearbeitet. Dieser ermöglicht die Überlagerung der drei verschiedenen Schatten sowohl auch der jeweiligen Bereiche zu definieren.

1 Unter dem Punkt 1, der Abbildung 11 befinden sich die Ebenen, mit denen man arbeitet. Das heißt im ersten Schritt nach dem Starten des Programms eröffnet man ein neues Projekt, wobei die Ebene „Hintergrund“ gebildet wird. Als nächstes werden die Dateien importiert, mit denen man arbeiten will.

Um die 3 Karten deutlich zu sehen, muss die Deckkraft einrichtet werde. Die findet man unter dem Punkt 2

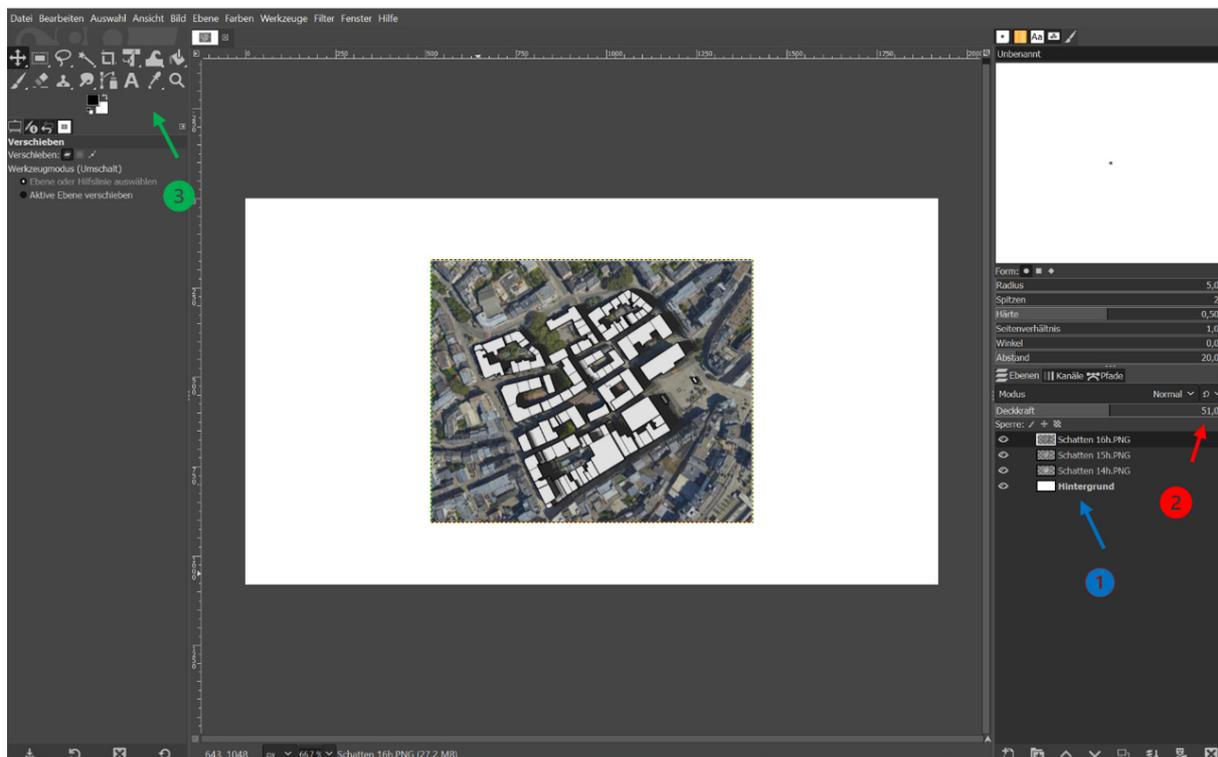


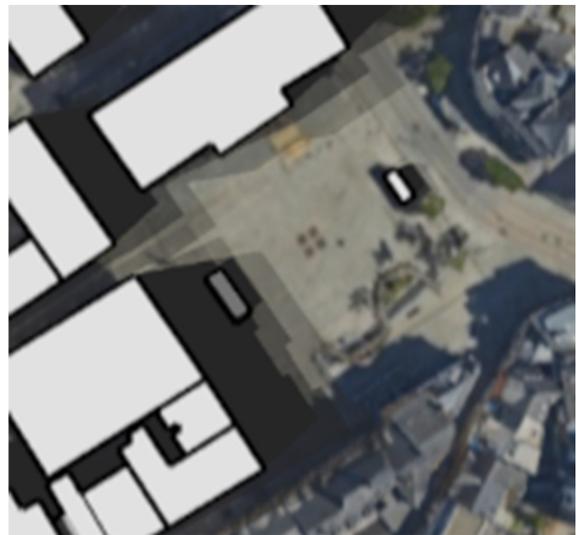
ABBILDUNG 11: GIMP PROGRAMM¹⁷

Jedem einzelnen Bild wird die Deckkraft so eingestellt, dass zum Schluss, wie auf der Abbildung 12 zu erkennen ist, die Karte so überlagert wurde, dass die 3 Schatten deutlich zu erkennen sind.

¹⁷ Diese Abbildung wurde im Gimp Programm entworfen.



ABBILDUNG 12: 3D- KARTE MIT DEN DEFINIERTEN SCHATTEN¹⁸



Auf der linken Abbildung kann man nochmal deutlicher die 3 Schatten erkennen.

¹⁸ Diese Abbildung wurde im Gimp Programm entworfen.

Jetzt kann der wichtigste Teil der ganzen Analyse beginnen, das Definieren der einzelnen Bereiche. Wie im SketchUp werden auch hier Werkzeuge benötigt die sich im Punkt **3** der Abbildung 11 befinden.



Wurde eine Fläche definiert, wird dem seine zutreffende Farbe erteilt. Als erstes muss man die gewünschte Farbe eingeben. Die Tabelle mit den definierten Farben für die einzelnen Bereiche finden sie im Anhang wieder. Die Tabelle besteht aus 3 Haupt-Kategorien: Sonne, Halbschatten und Vollschatten. Neben den Haupt-Kategorien befinden sich noch 9 verschiedenen Farben, die definiert sind. Befindet sich die ausgewählte Fläche in der Sonne und besteht aus reinem dunklem Beton so wird dem Bereich laut der Tabelle die Farbe Nummer 7 zugeteilt. Jede einzelne Farbe besitzt eine HTML-Notation, wie z.B. bei 7-> f7981c, die benötigt wird, um dem Programm die genaue Farbe anzugeben.



Diese wird wie auf der Abbildung zu sehen ist eingegeben und die richtige Farbe wird automatisch eingestellt.

Es ist sehr wichtig die genaue Farbe mit der richtigen HTML-Notation einzugeben, da späterhin das Programm der zur Bewertung aufgerufen wird nur auf Basis der neun exakt definierten Farben arbeitet.

Jede einzelne Fläche wird mit der zutreffenden Farbe ausgefüllt bis als Endresultat folgende Karte dargestellt wird:

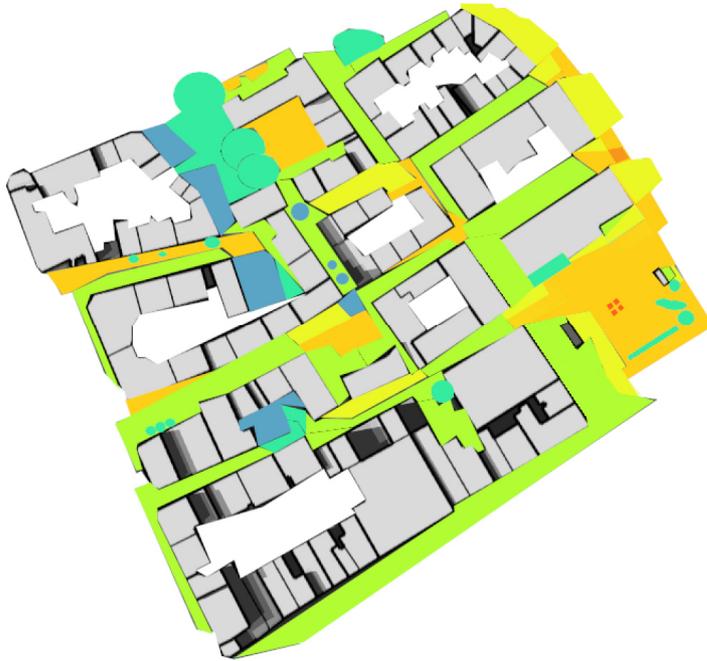


ABBILDUNG 13: KARTE DER WÄRMEINSEL L' HÔTEL DE VILLE ¹⁹

Bei erstem Anblick der Karte kann festgestellt werden, dass das größte Problem offensichtlich im Bereich des Gemeindeplatzes selbst liegt. Die Karte zeigt größten Teils blaue und grüne Flächen was aussagt, dass diese kein Risiko bewirken.

Die in Abbildung 13 abgebildete Karte wird in ImageJ importiert. Dort wird mithilfe von Macros²⁰ die Wertentabelle ausgerechnet.

¹⁹ Diese Abbildung wurde im Gimp Programm entworfen.

²⁰ Ein Makro ist in der Softwareentwicklung eine unter einer bestimmten Bezeichnung zusammengefasste Folge von Anweisungen oder Deklarationen, um diese mit nur einem einfachen Aufruf ausführen zu können. Alle Anweisungen des Makros werden automatisch an der Programmstelle ausgeführt, an denen das Makro codiert wurde

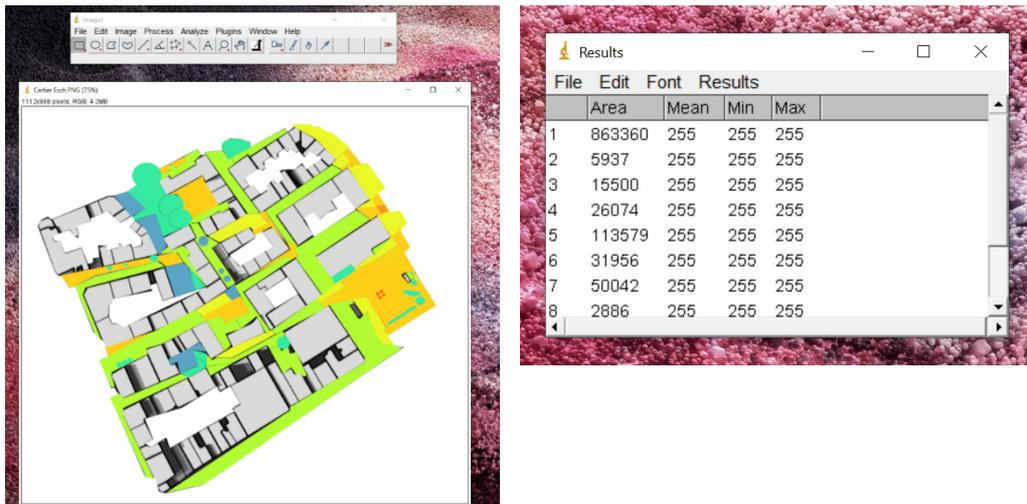


ABBILDUNG 14: DARSTELLUNG DES IMAGE J PROGRAMMS ²¹

Die Werte können nun in die zu Verfügung gestellte Excel Tabelle eingesetzt werden, um den ICU-Score zu erhalten:

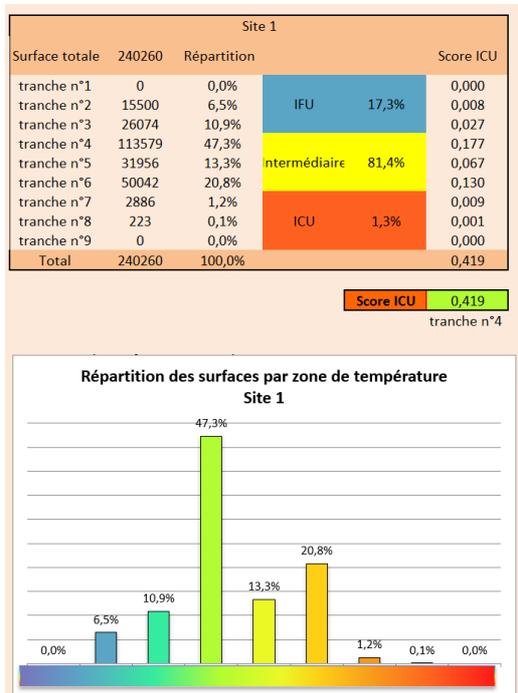


ABBILDUNG 15: DIE AUSWERTUNG ²²

²¹ Diese Abbildung wurde im ImageJ Programm entworfen.

²² Diese Abbildung wurde im Excel Programm entworfen.

Wie in diesem Beispiel dargelegt wird, liegt der Wert bei 0,419 somit im grünen Bereich. In dem Diagramm ist zu sehen, dass der grüne und blaue Bereich einen Anteil von 64,7% ausmacht.

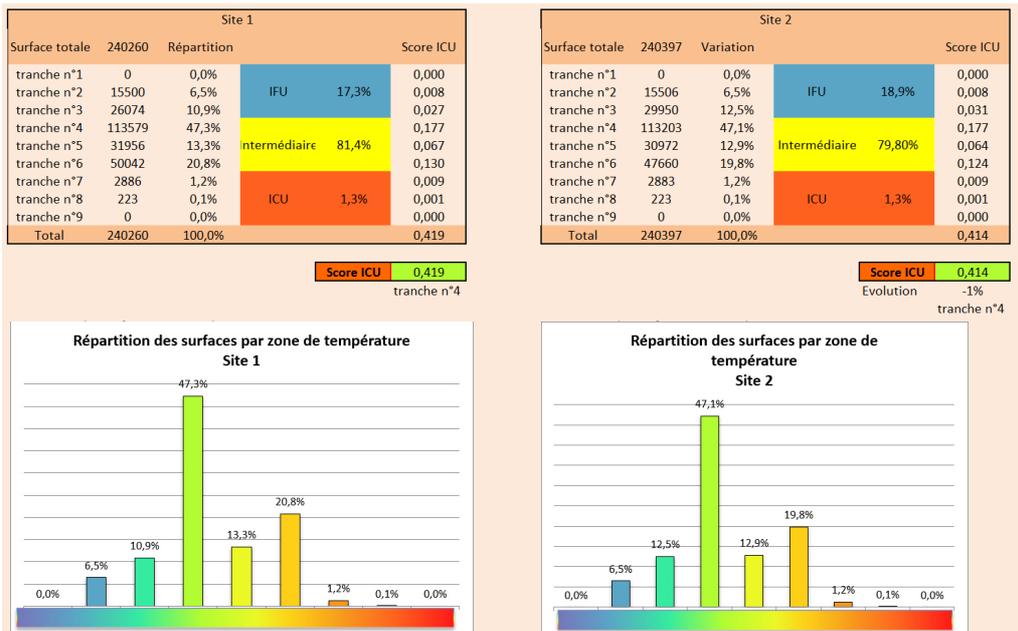
Insgesamt befinden sich 13,3% der Flächen im gelben Bereich, die an der Grenze liegen und 22,1% die als Risikogebiet gelten an denen Veränderungen vorgenommen werden müssen.

Im nächsten Schritt können jetzt, auf Basis der jetzigen Situation, mögliche Verbesserungsvorschläge aufgebaut werden und diese durch Simulationen darstellen.

6. Verbesserungsvorschläge – Simulation:

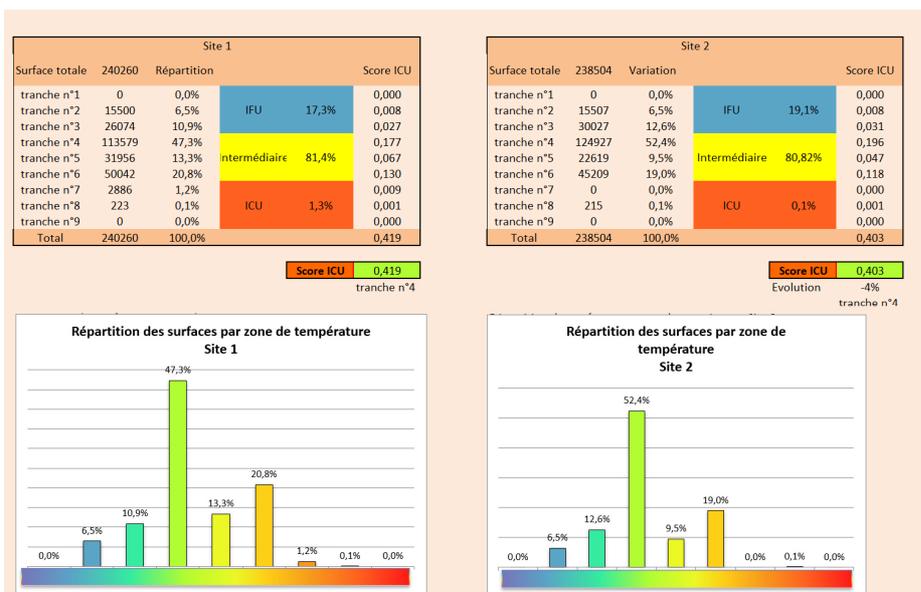
Im Punkt 4 wurden sämtliche Verbesserungsvorschläge aufgelistet, die genutzt werden können, um einen besseren ICU-Score zu erzielen. Einige der Verbesserungsvorschläge wurden umgesetzt, um ein besseres Bild der Stadt zu erhalten.

➤ Verbesserungsvorschlag Nr. 1: „Mehr Grün in der Stadt“



Durch das Einpflanzen von Bäumen und einbauen von kleinen Vorgärten erzielt man eine kleine Verbesserung von nur 1% bezüglich des jetzigen Wertes.

➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 2: „Mehr grün in der Stadt“ & Bodenbelag ändern**



Durch die Änderung des Bodenbelags und bei derselben Anzahl an zugefügten Bäumen kann jetzt eine Verbesserung von nur 3% im Vergleich zu jetzigem Wert festgestellt werden, was deutlich noch keine ideale Verbesserung zeigt.

Anhand der zwei vorgeschlagenen Veränderungen kann festgestellt werden, dass dies im Vergleich zur gesamten Fläche keinen großen Unterschied hervorzeigt, da die Berechnung auf die gesamte Fläche bezogen wird und der Gemeindeplatz selbst nur einen kleinen Anteil ausmacht.

Wird die Verteilung der Farben in den Diagrammen betrachtet ist deutlich zu erkennen, dass in Bezug zur gesamten Fläche der blaue und grüne Bereich, in den zwei Auswertungen, einen Anteil von über 65% ausmacht. Wird somit eine Veränderung bezüglich der Risikostellen durchgeführt hat dies bei der Bewertung keinen großen Einfluss.

Um die Verbesserungsvorschläge deutlicher repräsentieren zu können muss man sich konkret nur auf das Risikogebiet fokussieren.

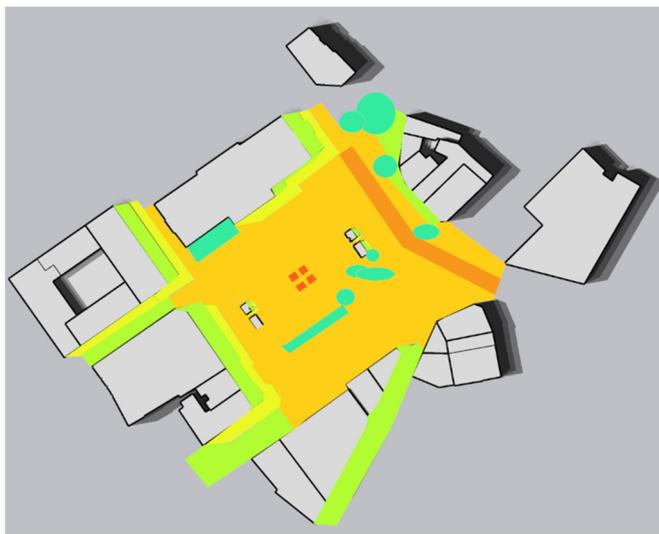
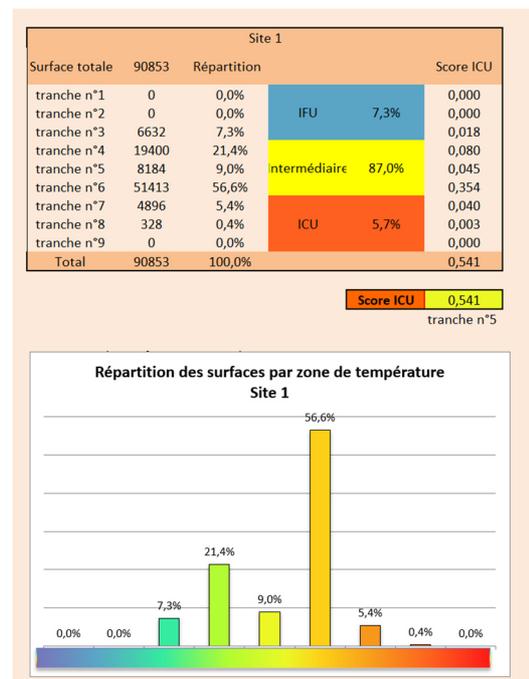


ABBILDUNG 16: GEMEINDEPLATZ



Die oben genannten Methoden werden nun auf das reduzierte Gebiet angewendet. In diesem Fall liegt der ICU-Score bei 0,541 was sehr an der Grenze liegt.

Anhand dieses Diagramms ist deutlich zu erkennen, dass mehr als die Hälfte aus orangen Bereichen besteht was zum Risikogebiete gehört. An diesen Stellen sollten Verbesserungsvorschläge aufgebaut werden, um den Prozent Anteil der Risikobereichen zu senken und einen besseren ICU-Score zu erhalten.

Fokussiert man sich tatsächlich nur auf das Problem ohne Betrachtung der Gebiete wie z.B. die Nebenstraßen, so erhält man einen ICU-Score von 0,565:

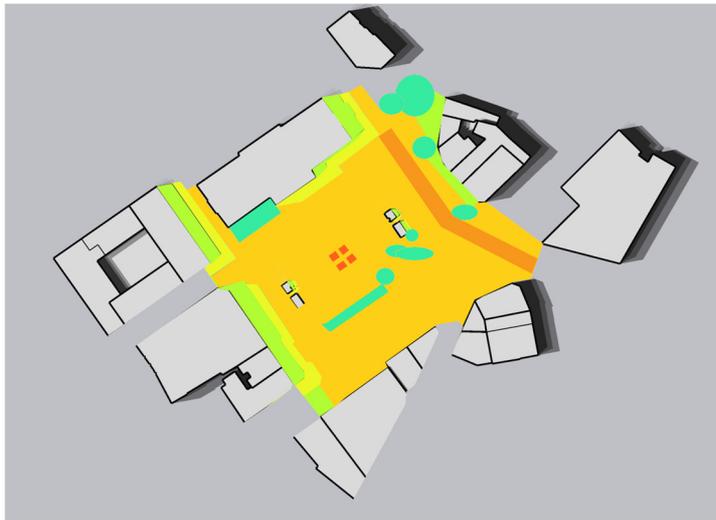
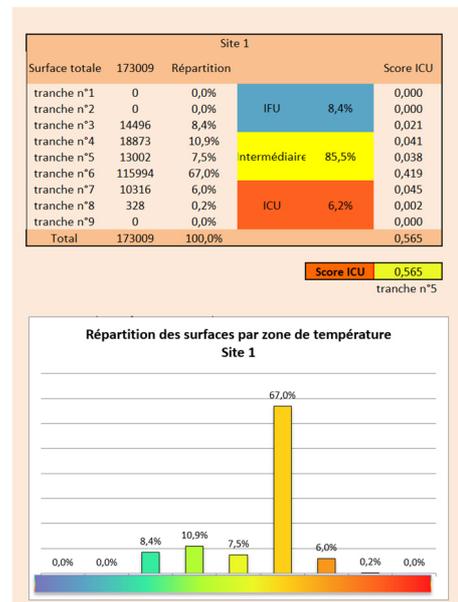


ABBILDUNG 17: GEMEINDEPLATZ OHNE NEBENSTRABEN



Werden die zwei von Excel definierten Tabellen miteinander verglichen, so wird ein Unterscheide von 4% der jeweilige ICU-Score erzielt. Dies sagt aus, wenn die Betrachtung ganz spezifisch auf die Risikoflächen bezogen wird (ohne in Betracht der Nebenstraßen), dann erhält man in Bezug auf dieses Beispiel eine 4-prozentiges genaueres Resultat. Somit wurde zur weiteren Berechnung die Nebenstraßen vorweggelassen.



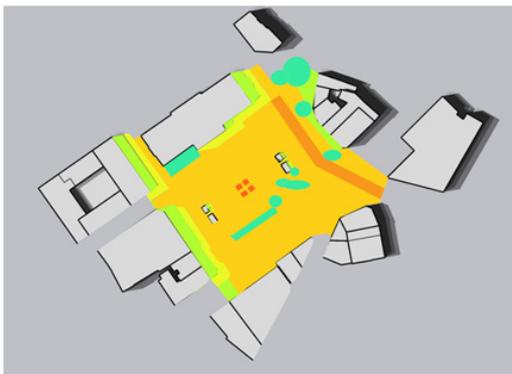
Ohne Nebenstraße

Mit Nebenstraßen

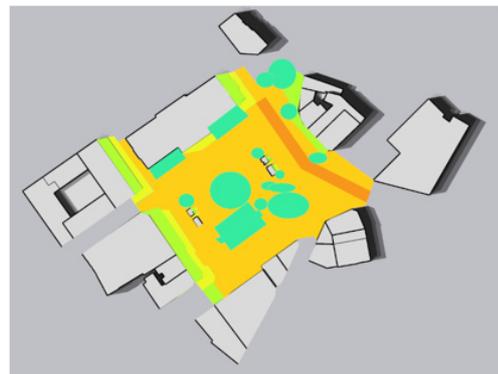
7. Erweiterung der Verbesserungsvorschläge

Es wurden nun fokussierend auf den Gemeindeplatz ohne Nebenstraßen mögliche Verbesserungsvorschläge eingebaut und bewertet:

➤ Verbesserungsvorschlag Nr. 1: Mehr Grün in der Stadt:

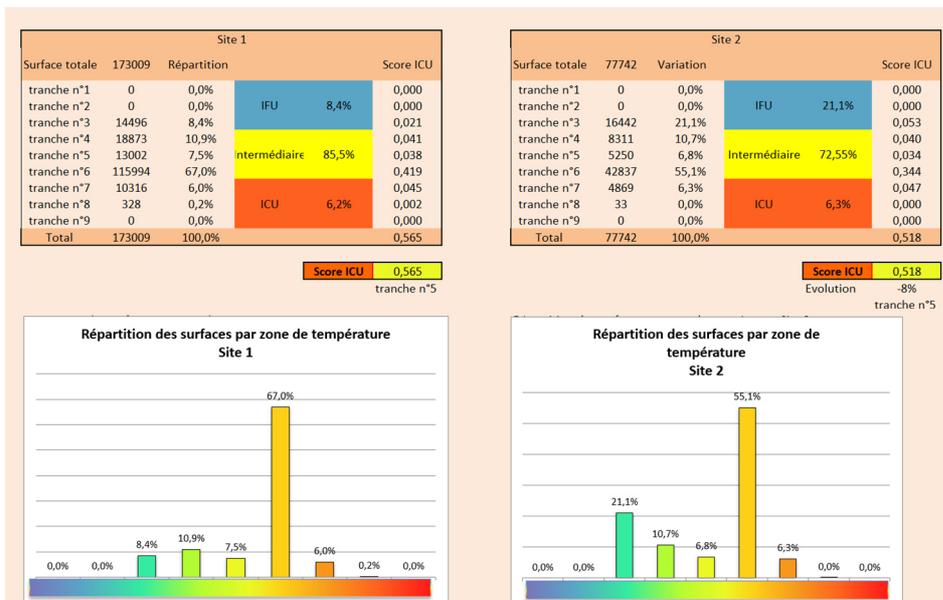


Aktueller Stand

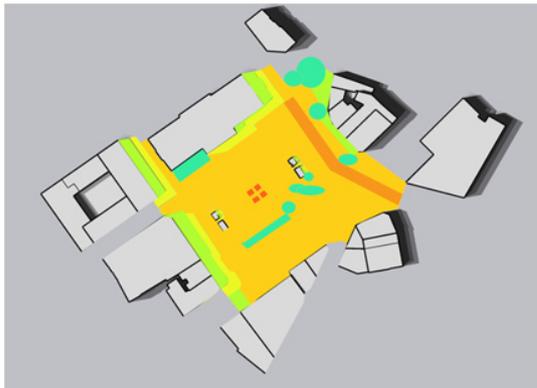


Verbesserungsvorschlag Nr. 1

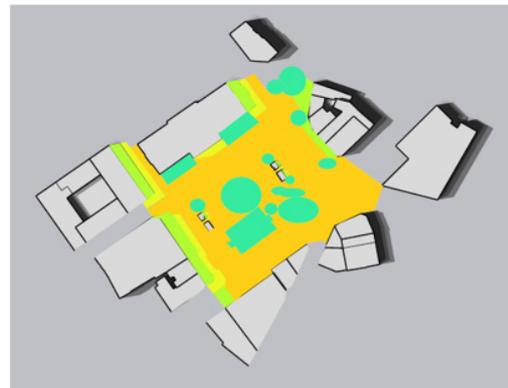
Durch Einpflanzen von Bäumen wird der Wert um 8% verbessert. Dies kann nicht als ideale Verbesserungsmöglichkeit gelten da die orangen-roten Flächen weiter hin einen Anteil von noch genau 61,4% ausmachen, was knapp 2/3 der Fläche repräsentiert.



➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 2: „Mehr grün in der Stadt“ & Bodenbelag ändern**



Aktueller Stand

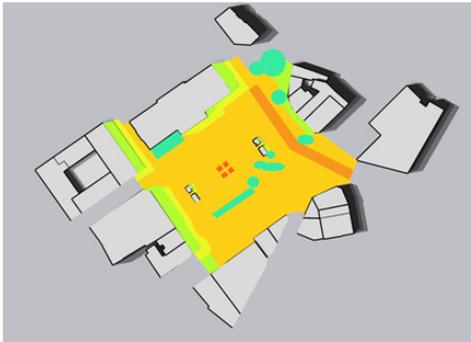


Verbesserungsvorschlag Nr. 2

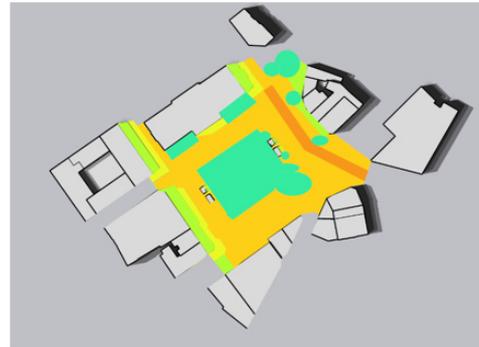
Durch das „Mehr Grün in der Stadt“ und Ersetzen des Betons durch Straßenpflaster, kommt es zu einer Verbesserung von 10%. Auch hier in diesem Fall repräsentiert der orange Teil weiterhin 61,6% der Gesamtfläche, was weiterhin nicht als ideale Verbesserung gelten kann.



➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 3: deutlich größere Fläche an Bäumen**



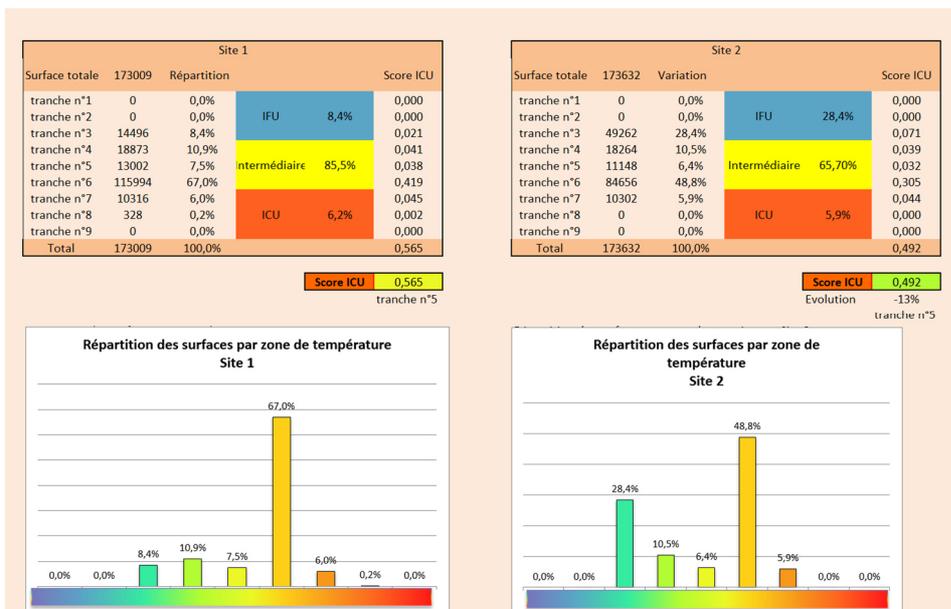
Aktueller Stand



Verbesserungsvorschlag Nr. 3

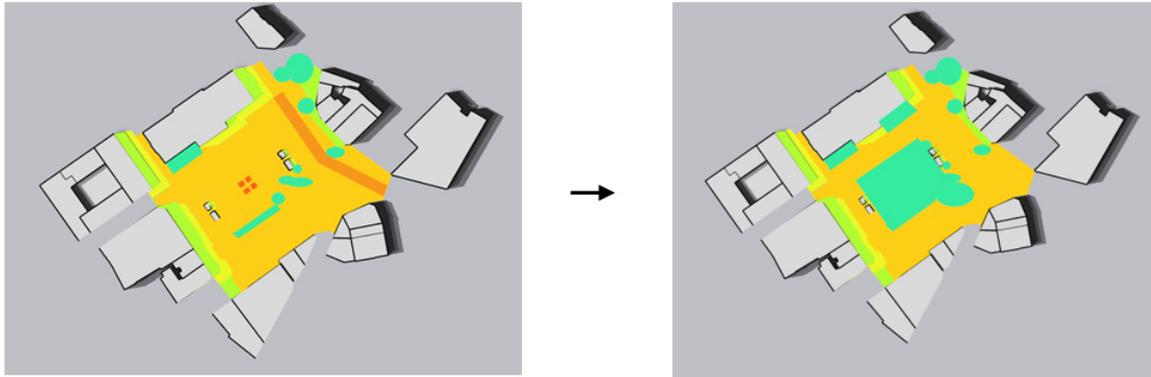


Eine Einpflanzung von ungefähr 980m² Fläche an Bäumen, führt zu einer Verbesserung von 13% im Vergleich zur jetzigen Situation. Immerhin befinden sich noch 54,7% in Bezug zur Gesamtfläche die als Risikogebiet gelten. Fazit: auch mit Bäumen einer Fläche von 980m² wird keine ideale Verbesserung erzielt.



²³ <https://www.geoportail.lu/de/>

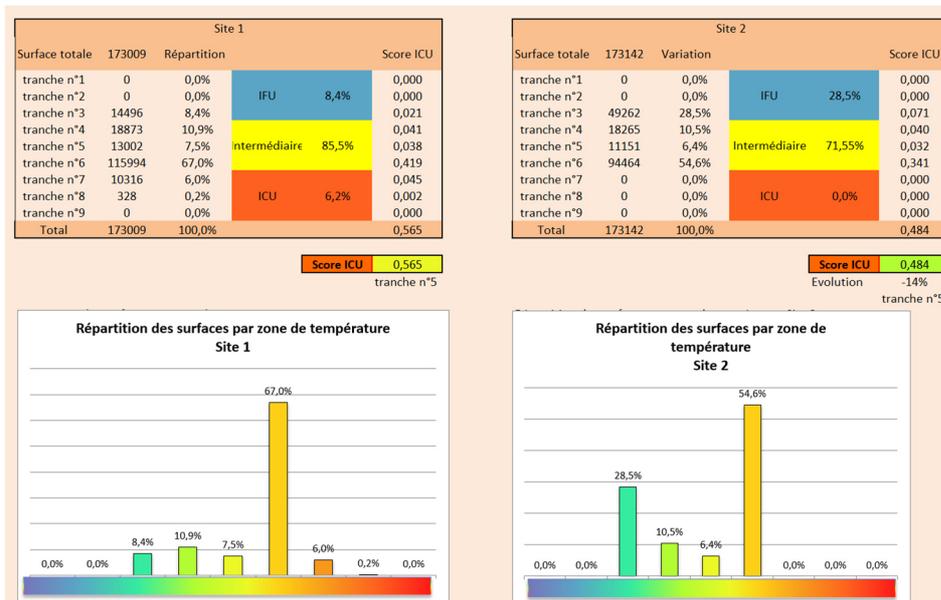
➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 4: zusätzlich Änderung des Bodenbelags**



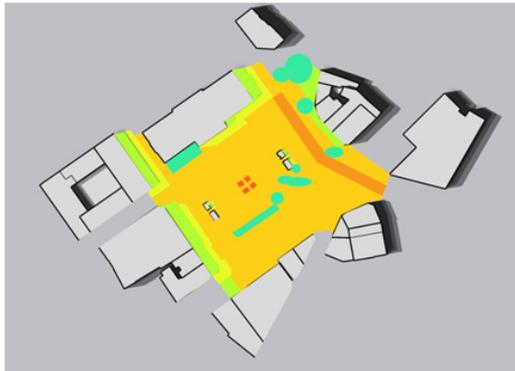
Aktueller Stand

Verbesserungsvorschlag Nr. 4

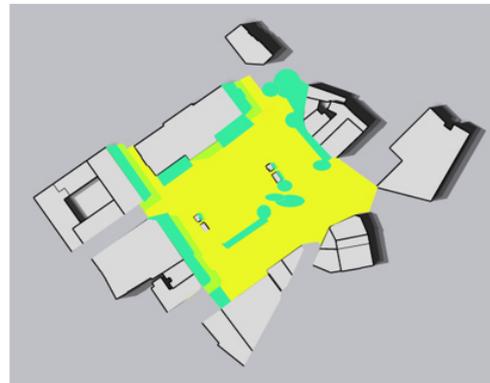
Entfernt man den Beton und ersetzt ihn durch Straßenpflaster gewinnt man nur noch um 1% im Vergleich zum Verbesserungsvorschlag Nr. 3. Durch das Entfernen des Betons verliert man ein Hochrisikogebiet durch nur ein Risikogebiet. Der orangene Bereich hat immerhin einen Anteil von noch 54,6%.



➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 5: kompletten Bodenbelag ändern**



Aktueller Stand

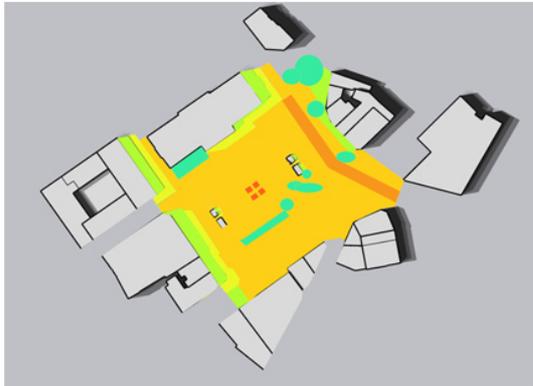


Verbesserungsvorschlag Nr. 5

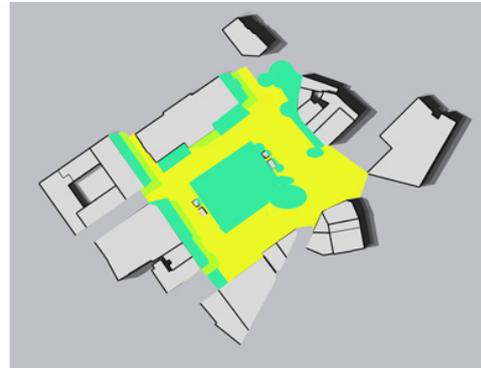
Würde man den derzeitigen Bodenbelag durch einen weißen Belag ersetzen, erhält man eine Verbesserung von 23%. Die weiße Oberfläche, reflektiert jede Farbe des Lichts somit würde sich der Boden nicht aufheizen. Als Nachteil hingegen führt dies dazu, dass die weiße Oberfläche die Menschen blenden würde.



➤ **Verbesserungsvorschlag Nr. 6: zusätzlich „Mehr grün in der Stadt“**



Aktueller Stand

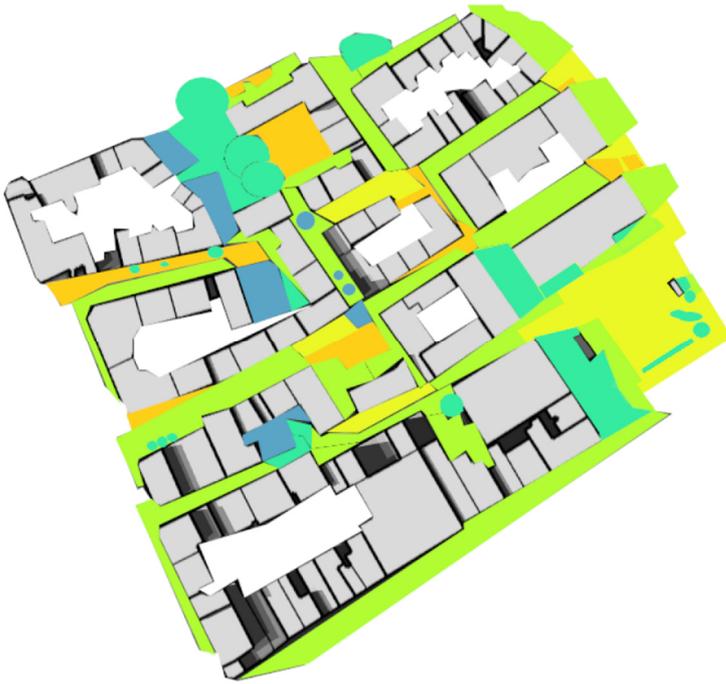


Verbesserungsvorschlag Nr. 6

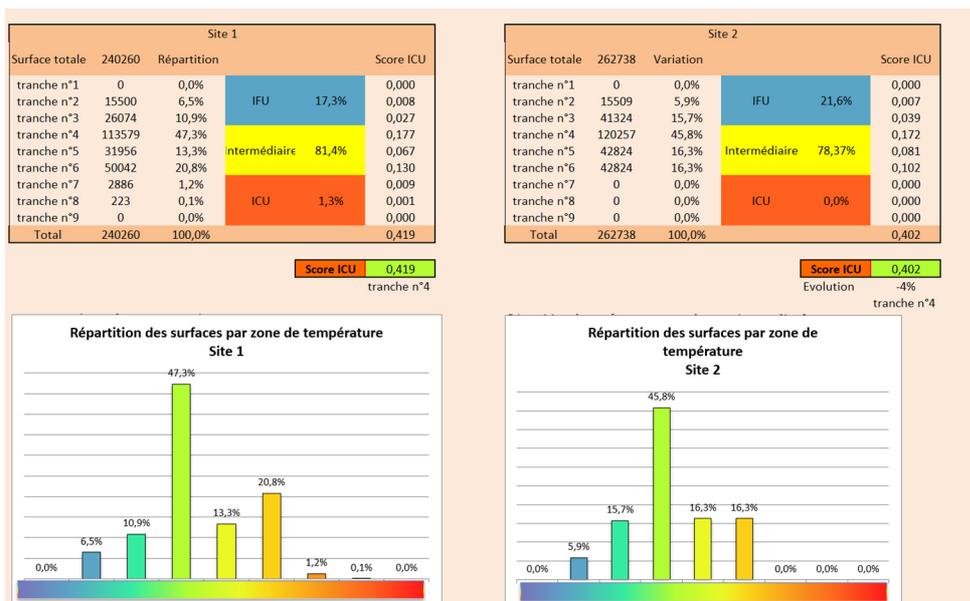
Ein noch besserer Prozentsatz wird erreicht, wenn neben dem neuen weißen Belag zusätzlich noch Bäume hingepflanzt werden. Dies führt zu einer Verbesserung von 30%. Jedoch muss man im Hintergedanken haben, dass dieser Verbesserungsvorschlag als Nachteil hat, dass der weiße Belag die Farbe des Lichtes zu 98% reflektiert.



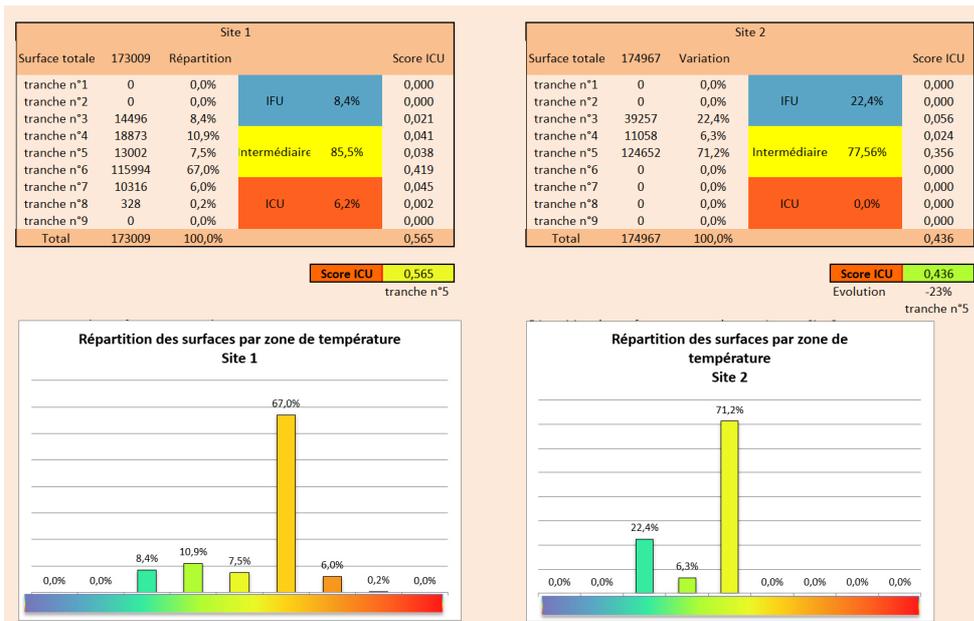
- Vergleich- Verbesserungsvorschlag: Weißer Bodenbelag am Gemeindeplatz:



In den unteren Abbildungen wird klar dargestellt, wie groß der Unterschied des ICU-Scores in Bezug der detaillierten Fläche vom Verbesserungsvorschlag Nr.5 zur Gesamtfläche mit demselben Verbesserungsvorschlag beträgt. Hierbei haben wir eine Differenz von 19%



➔ In Bezug auf die Gesamtfläche



➔ Gemeindeplatz allein

8. Ergebnisse:

- Gesamtfläche:

Verbesserungsvorschläge	Aktueller ICU-Score	Neuer ICU-Score	
aktueller Stand	0,419		
Mehr Grün	0,419	0,414	-1%
Mehr Grün + Straßenpflaster	0,419	0,403	-3%

- Detaillierte Fläche:

Verbesserungsvorschläge	Aktueller ICU-Score	Neuer ICU-Score	
aktueller Stand	0,565		
Mehr Grün	0,565	0,518	-8%
Mehr Grün + Straßenpflaster	0,565	0,511	-10%
Große Fläche an Bäumen	0,565	0,492	-13%
Große Fläche an Bäumen + Straßenpflaster	0,565	0,484	-14%
Weißer Bodenbelag	0,565	0,436	-23%
Weißer Bodenbelag + Große Fläche an Bäumen	0,565	0,393	-30%

- Vergleich- Verbesserungsvorschlag: Weißer Bodenbelag am Gemeindeplatz:

	Aktueller ICU-Score	Neuer ICU-Score	
Ganze Fläche	0,419	0,402	-4%
Gemeindeplatz allein	0,565	0,436	-23%

Als Fazit kann festgestellt werden, desto genauerer respektiv spezifischer die Risikogebiete bearbeitet werden desto detaillierter der Verbesserungsprozentsatz ist. Dies kann deutlich anhand der dritten Tabelle erkannt werden, dass ein Unterschied von 19% vorliegt, wenn die Auswertung auf die Gesamtfläche bezogen wird und nicht im Detail genau.

Werden Verbesserungsvorschlag Nr. 3 und Nr. 4 betrachtet, kann festgestellt werden, dass der ICU-Score vom gelben Grenzbereich zu einem grünen Bereich verbessert wird, jedoch kann immerhin aus dem Diagramm abgelesen werden, dass der orangene Bereich weiterhin einen Anteil von mehr als 50% darstellt. Als Fazit kann somit herausgezogen werden, dass allein das Einpflanzen von Bäumen nicht ausreichen würde um den Anteil der Risikostellen (orangen-rote Bereiche) des Gemeinden Platzes, um mindestens bei respektiv unter 50% zu bringen.

Um eine Reduktion der orangen und roten Bereiche erzielen zu können muss der jetzige Bodenbelag durch einen Belag, der die Sonnenstrahlen reflektiert, ersetzt werden da in diesem Bereich kein Schatten vorliegt. Das Einpflanzen der Bäume kann erst zur besseren Werten führen, wenn die Gesamtfläche bepflanzt wird, das heißt keine Stelle mehr frei liegt.

Diese Auswertung ist rein auf dieses Beispiel bezogen. Bei der Auswahl eines anderen Standortes wie jetzt „L' Hôtel de ville“, würden die Werte vermutlich anders ausfallen. Da in diesem Beispiel die Fläche in der Sonne steht und kein Schatten vorkommt, ist es sehr schwer nur Anhand 2-3 Bäumen einen deutlichen Unterschied zu erhalten, was durch die Interpretation der Ergebnisse deutlich ist. Das heißt jedoch nicht, dass jetzt jede Stelle in Esch durch das Einpflanzen von 2-3 Bäumen keinen Unterschied vorzeigen würden. Dies hängt alles bezüglich des Standortes ab.

Ein Vergleich mit anderen Standorten konnte aus zeitlichen Gründen nicht durchgeführt werden da am Anfang Komplikationen aufkamen die viel zeit in Anspruch genommen haben.

9. Zusammenfassung:

Der Mensch hat einen besonders großen Einfluss auf die natürlichen Systeme in städtischen Gebieten, wodurch sich das Klima in Großstädten oft stark vom Klima in den umliegenden ländlichen Gebieten unterscheidet. Oberflächenversiegelung, Strahlung von Gebäuden und Fahrzeugen sowie fehlende Vegetation führen zu urbanem Mikroklima und die Temperaturen steigen in der Regel stark an. Aber auch unter der Oberfläche sind die thermischen Auswirkungen der Stadt sichtbar. Verschiedene Faktoren, die im Sommer zur Kühlung genutzt werden, wie zum Beispiel Keller, Tunnel, Tiefgaragen, Kläranlagen, Nahwärmenetze und Geothermie, bringen seit Jahrzehnten kontinuierlich Wärme in das Erdreich.

Nochmal kurz zusammengefasst sind entscheidende Faktoren zur Förderung der Wärme in der Stadt die folgenden:

- ❖ Versiegelung der Oberfläche und eine dichte Bebauung
- ❖ Niedrige Reflektion der Sonnenstrahlen
- ❖ Zusätzliche Wärmequellen z.B. Industrie Verkehr
- ❖ Geringe Vegetation
- ❖ Wenig Wasserflächen
- ❖ Fast kein Wind somit wenig Luftaustausch

Zur Verbesserung des Problems liegen folgende Verbesserungsvorschläge vor:

- Mehr Grün in der Stadt- Einpflanzen von Bäumen und Pflanzen
- Mehr weiß in der Stadt – z.B. Außenwände weiß streichen
- Mehr blau in der Stadt – Regenwasser fungiert als Klima – und Bewässerungssystem der Erde, wenn es verdunstet, kondensiert und wieder regnet.
- Luftzug
- Häuser aufstocken, anstatt nebeneinander zu bauen, um Schatten zu spenden, Garagen abreißen, um mehr Grünfläche zu schaffen.

Zusammengefasst sind die Vorteile des Baums in der Stadt:

- Kühlt die Umgebung
 - ❖ durch Schatten
 - ❖ durch Verdunsten von Wasser
- Filtert die Luft
 - ❖ Der Baum nimmt Kohlenstoffdioxid CO_2 auf und verwandelt es in Sauerstoff O_2
 - ❖ an den Blättern bleiben Staubteilchen hängen und werden im Herbst mit den Blättern abgeworfen
- Bietet vielen Tieren Schutz und ernährt sie
 - ❖ Tieren können sich im Baum verstecken
 - ❖ von den Früchten und Pollen der Bäume ernähren sich viele Tiere und auch Menschen
- Regelt den Wasserablauf
 - ❖ wenn es viel regnet, hält der Baum einen Teil des Wassers in seinen Blättern und Wurzeln auf. So schützt er vor Überschwemmungen.
- Liefert Materialien
 - ❖ neben Früchten liefert der Baum auch Holz zum Heizen oder Bauen
- Steigert das Wohlbefinden
 - ❖ Bäume haben eine beruhigende Wirkung auf die Menschen

Mit der von NEPSEN- Unternehmen vorgestellte Methodik wurde eine genauere Analyse des Standortes „Hôtel de ville“ durchgeführt, um die jetzige Lage zu bewerten, um mögliche Verbesserungsvorschläge aufbauen und bewerten zu können.

Es ist jedoch sehr wichtig zu wissen und zu verstehen, dass der Klimawandel nicht dem Stadtklima entspricht! **Klimawandel \neq Stadtklima!**

10. Fazit:

Durch das ganze Verfahren wurden Defizite in den Programmen entdeckt was zur aufwendigeren Arbeit führte.

Im ersten Fall lag die Problematik die richtigen für die Auswertung wichtigen Dokumente zu erhalten. Diese Problematik hat viel kostbare Zeit in Anspruch genommen, weswegen nicht ein größerer Teil analysiert werden konnte. Da keine schon fertige 3D-Karte des Gebietes vorlag musste diese selbst erstellt werden.

Die zweite Problematik lag darin ein Tool zu finden mit dem gearbeitet werden kann, der es ermöglicht das Ergebnis zu erhalten das erhofft wird. Die NEPSEN Methodik ist eine sehr aufwendige Methodik und deswegen wurde versucht eine andere aufzufinden.

Im ersten plan sollte mit dem Programm QGIS²⁴ gearbeitet werden. Es wurde erhofft die Bewertung anhand dieses Tools schneller und einfacher ausführen zu können, jedoch zeigten sich mit der Zeit die Schwierigkeiten dieses Programms auf. Die Schattendefinierung ist ein wichtiger Teil der Analyse des Gebietes, die im QGIS jedoch nicht vorhanden ist. Man müsste separat in einem anderen Programm die Schatten definieren und dies dann im Qgis importieren, wobei die zweite Problematik aufkommt. QGIS kann nicht jede gewünschte Datei öffnen oder importieren, sondern die Datei muss dementsprechend zu einem passenden Format umgeschrieben werden und dies führt zu Komplikationen. Würde man die Karte mit den Schatten importiert bekommen dann würde die zweite Problematik beim Definieren der Flächen eintreffen. Wie auch in der vorgestellten Methodik mit dem Programm Gimp muss auch hier jeder Bereich einzeln definiert werden. Im Qgis hat man bei dem Schritt ein Vorteil aber auch ein Nachteil. Die Bäume sind fest definiert, das heißt dass man nicht einzeln, wie im Gimp, hingehen muss, sie umranden und mit der zutreffenden Farbe definieren, das kann in einem Schritt in Qgis erstellt werden. Der Nachteil hingegen ist, dass die Straßen, Bodenflächen jeweils einzeln definiert werden müssen, für jede einzelne Straße muss ein neuer „Layer“ erstellt werden. Dieser Schritt wird im Gimp einfachere umgesetzt. Die dritte Problematik liegt darin, dass im Qgis Programm keine genaue Bewertung erzielt werden kann. Hat man die Karte so erstellt wie in der Abbildung 13 zu sehen ist, kann man kein genaues Ergebnis draus ziehen. Zur Optischen Analyse reicht es vollkommen aus aber zur genauen Berechnung fehlen die Werte. Zusammengefasst ist Qgis keine alternative um die Analyse einfacherer zu gestalten.

Die vorgestellte Methodik kann auch nicht als bestmögliche Methodik zu Analyse der Wärmeinseln bezeichnet werden. Die Methodik ist leichter umzusetzen, jedoch müssen dafür 4 Programme genutzt werden, um schlussendlich auf einen Wert zu gelangen.

Es müsste ein Programm erstellt werden was nur zur Identifizierung der Wärmeinseln genutzt wird, wo all die zur Bewertung wichtigen Schritte zusammengefasst werden.

²⁴ QGIS ist eine freie Geoinformationssystemsoftware zum Betrachten, Bearbeiten, Erfassen und Analysieren räumlicher Daten

Da es zeitlich nicht geklappt hat und durch die einzelnen Komplikationen konnte keine genaue Analyse über ganz Esch-sur-Alzette durchgeführt werden, deswegen wurde auf ein Konkretes Bereich gearbeitet, das im Detail analysiert wurde.

Im Nachhinein wurde festgestellt, dass bessere Werte erwartet wurden als die im Punkt 8 dargestellt. Am Anfang der Planung wurde erhofft, dass dargestellt werden kann, dass durch das Einpflanzen von 2-3 Bäume ein deutlicher Unterschied erzielt werden kann, was in dieser Analyse leider nicht der Fall ist. Mit dieser Analyse kam als Endresultat heraus, dass erst bei größeren Verbesserungsvorschlägen, wie z.B. neuer Bodenbelag, ein deutlicher Unterschied in Bezug der jetzigen Situation zu erkennen ist.

Trotzdem ist das Erhalten von einem Resultat, wenn auch negativ, ein Resultat, mit dem gearbeitet werden kann.

Wichtig ist zu verstehen, dass dieses Fazit durch eine Analyse des ausgewähltem Standortes Endstand. In diesem Fall kann festgestellt werden, dass das Einpflanzen von 2-3 Bäumen keinen großen Einfluss auf eine Verbesserung vorzeigen, was jedoch auf Betracht von anderen Standorten der Fall sein könnte.

11. Anhang:

Tableau des affectation des zones par couches de températures - Traitement de l'état de l'EXISTANT et du PROJET

LEGENDE :		Sol Naturel		Sol Minéral		Toiture				
EXOPOSITION	TRANCHE 1 112/127/192	TRANCHE 2 90/165/198	TRANCHE 3 53/235/160	TRANCHE 4 177/252/51	TRANCHE 5 235/248/38	TRANCHE 6 253/208/23	TRANCHE 7 247/152/28	TRANCHE 8 254/97/31	TRANCHE 9 254/25/25	
	#10760	#50066	#35000	#01633	#02626	#00017	#7981c	#6611f	#e1919	
PLEIN SOLEIL	Cours d'eau Noue Paysagère Bassin de rétention Ripisylve Fontaine sur Minéral clair	Bassin de rétention Noue Paysagère Arbre Ripisylve Fontaine sur Minéral clair	Noue Paysagère Arbre Fontaine sur Minéral clair	Massif Haut Haie Fontaine sur Minéral foncé Jardin sur Dalles	Massif Bas Terrains de sport Gazon / Pelouse Nidagravel gazon / Dalles TTE Jachère / Prairie Fleurie Surface Blanche Dalles pododactyles Bac Acier Clair CoolRoof Verre Panneaux Photovoltaïques Toiture Métallique claire Toiture Végétale Sédum irriguée Toiture Végétalisée Extensive - Semi extensive (+ 20cl substrat)	Terrains de sport Gazon / Pelouse Nidagravel gazon / Dalles TTE Jachère / Prairie Fleurie Surface Blanche Dalles pododactyles Bac Acier Clair CoolRoof Verre Panneaux Photovoltaïques Toiture Métallique claire Toiture Végétale Sédum irriguée Toiture Végétalisée Extensive - Semi extensive (+ 20cl substrat)	Zone Cultivée (Agr) Mélange Terre/Pierre Terre Nue (Tous sols) Surface Jaune Pavés Pierre naturelle engazonnés Pavés/Dalles/ Carrelage Clairs Calcaire/Stabilisé Clair Nidagravel Gravier clair Paillage Minéral Clair Graviers Clairs (Galets, Marbre) Béton Clair, Ciré, Poli Travertin/Opus Romain Clair Gabions Clairs Graviers Clairs (Galets, Marbre) Tuiles Pierre Naturelles claires Toiture Végétale Sédum non-irriguée	Paillage Clair (Chanvre/ BRF) Surface Grise Surface Bleue Béton Pur / Balayé / Désactivé Béton à surface dépolluante Résine Claire (Beige, Ocre, Jaune) Canniveaux/Bordures VRD Enrobé/Asphalte Clair Stabilisé gris/ancien Graviers Grés, Granit Pavés Ocre Plexiglass Chaume/Paille/Chanvre Graviers Grés, Granit Tuiles Photovoltaïques Tuiles Béton pur	Paillage Foncé (Cacao, Pin) Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Verte Route Solaire Pavés/Dalles/Carrelage Foncé Graviers Pouzzolane/Porphyre Résine Verte Béton foncé Brique/Terre Cuite Enrobé dépolluant Noxer Gabions Foncés Graviers Pouzzolane/Porphyre Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Tuiles Terre-cuite Tuiles Béton Foncé Cuivre, Corten	Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Rouge Surface Noire Gazon synthétique EPDM (Bâche, Insert) Enrobé/Asphalte foncé Résine Foncée (Rouge, Noire) Ardoise Schiste, Basalte Paillage Minéral Foncé Bitume souple Aire Jeux Bac Acier Foncé Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Graviers Foncés (Ardoise) Toit bituminé Toiture Métallique foncée Zinc, Aluminium, Plomb Tuiles Pierre naturelles foncée Shingle (fibre verre et bitume)
OMBRE PARTIELLE GLOBALE	Cours d'eau Noue Paysagère Bassin de rétention Ripisylve Fontaine sur Minéral clair	Ripisylve Noue Paysagère Arbre Fontaine sur Minéral clair	Massif Haut Haie Fontaine sur Minéral foncé Jardin sur Dalles	Massif Bas Terrains de sport Gazon / Pelouse Nidagravel gazon / Dalles TTE Jachère / Prairie Fleurie Surface Blanche Dalles pododactyles Bac Acier Clair CoolRoof Verre Panneaux Photovoltaïques Toiture Métallique claire Toiture Végétale Sédum irriguée Toiture Végétalisée Extensive - Semi extensive (+ 20cl substrat)	Zone Cultivée (Agr) Mélange Terre/Pierre Terre Nue (Tous sols) Surface Jaune Pavés Pierre naturelle engazonnés Pavés/Dalles/ Carrelage Clairs Calcaire/Stabilisé Clair Nidagravel Gravier clair Paillage Minéral Clair Graviers Clairs (Galets, Marbre) Béton Clair, Ciré, Poli Travertin/Opus Romain Clair Gabions Clairs Graviers Clairs (Galets, Marbre) Tuiles Pierre Naturelles claires Toiture Végétale Sédum non-irriguée	Paillage Clair (Chanvre/ BRF) Surface Grise Surface Bleue Béton Pur / Balayé / Désactivé Béton à surface dépolluante Résine Claire (Beige, Ocre, Jaune) Canniveaux/Bordures VRD Enrobé/Asphalte Clair Stabilisé gris/ancien Graviers Grés, Granit Pavés Ocre Plexiglass Chaume/Paille/Chanvre Graviers Grés, Granit Tuiles Photovoltaïques Tuiles Béton pur	Paillage Foncé (Cacao, Pin) Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Verte Route Solaire Pavés/Dalles/Carrelage Foncé Graviers Pouzzolane/Porphyre Résine Verte Béton foncé Brique/Terre Cuite Enrobé dépolluant Noxer Gabions Foncés Graviers Pouzzolane/Porphyre Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Tuiles Terre-cuite Tuiles Béton Foncé Cuivre, Corten	Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Rouge Surface Noire Gazon synthétique EPDM (Bâche, Insert) Enrobé/Asphalte foncé Résine Foncée (Rouge, Noire) Ardoise Schiste, Basalte Paillage Minéral Foncé Bitume souple Aire Jeux Bac Acier Foncé Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Graviers Foncés (Ardoise) Toit bituminé Toiture Métallique foncée Zinc, Aluminium, Plomb Tuiles Pierre naturelles foncée Shingle (fibre verre et bitume)		
OMBRE PLEINE	Cours d'eau Noue Paysagère Bassin de rétention Ripisylve Fontaine sur Minéral clair	Massif Haut Haie Arbre Fontaine sur Minéral foncé Jardin sur Dalles	Massif Bas Terrains de sport Gazon / Pelouse Nidagravel gazon / Dalles TTE Jachère / Prairie Fleurie Surface Blanche Dalles pododactyles Bac Acier Clair CoolRoof Verre Panneaux Photovoltaïques Toiture Métallique claire Toiture Végétale Sédum irriguée Toiture Végétalisée Extensive - Semi extensive (+ 20cl substrat)	Zone Cultivée (Agr) Mélange Terre/Pierre Terre Nue (Tous sols) Surface Jaune Pavés Pierre naturelle engazonnés Pavés/Dalles/ Carrelage Clairs Calcaire/Stabilisé Clair Nidagravel Gravier clair Paillage Minéral Clair Graviers Clairs (Galets, Marbre) Béton Clair, Ciré, Poli Travertin/Opus Romain Clair Gabions Clairs Graviers Clairs (Galets, Marbre) Tuiles Pierre Naturelles claires Toiture Végétale Sédum non-irriguée	Paillage Clair (Chanvre/ BRF) Surface Grise Surface Bleue Béton Pur / Balayé / Désactivé Béton à surface dépolluante Résine Claire (Beige, Ocre, Jaune) Canniveaux/Bordures VRD Enrobé/Asphalte Clair Stabilisé gris/ancien Graviers Grés, Granit Pavés Ocre Plexiglass Chaume/Paille/Chanvre Graviers Grés, Granit Tuiles Photovoltaïques Tuiles Béton pur	Paillage Foncé (Cacao, Pin) Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Verte Route Solaire Pavés/Dalles/Carrelage Foncé Graviers Pouzzolane/Porphyre Résine Verte Béton foncé Brique/Terre Cuite Enrobé dépolluant Noxer Gabions Foncés Graviers Pouzzolane/Porphyre Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Tuiles Terre-cuite Tuiles Béton Foncé Cuivre, Corten	Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Surface Rouge Surface Noire Gazon synthétique EPDM (Bâche, Insert) Enrobé/Asphalte foncé Résine Foncée (Rouge, Noire) Ardoise Schiste, Basalte Paillage Minéral Foncé Bitume souple Aire Jeux Bac Acier Foncé Bois Clair (Pattelage/Terrasse) Graviers Foncés (Ardoise) Toit bituminé Toiture Métallique foncée Zinc, Aluminium, Plomb Tuiles Pierre naturelles foncée Shingle (fibre verre et bitume)			

Um die jeweiligen Bereiche zu definieren, wurde mit dieser, zu Verfügung gestellten, Tabelle gearbeitet. Aus der Tabelle kann gelesen werden, weshalb die Schattendefinierung ein wichtiger Teil der Analyse darstellt da zum Beispiel wie in diesem Fall es einen Unterschied macht, ob der Bodenbelag – Straßenpflaster in der Sonne liegt oder im vollkommenen Schatten. Liegt er in der Sonne wird dem Bereich die Farbe Nr. 6 zugeteilt (orangener Bereich). Liegt er jedoch im Schatten wird ihm die Farbe Nr. 4 zugeteilt (grüner Bereich).



Um die 3D-Karte erstellen zu können wurden die Höhen der Gebäude benötigt, die aus der zu Verfügung gestellten Luftaufnahme einzeln abgemessen wurden.

12. Quellenverzeichnis

- *Weiterbildungen*
- <https://www.br.de/nachrichten/wissen/hitze-in-der-stadt-mit-mehr-weiss-gruen-und-blau-verringern,RXKYznH>
- https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_warmeinseln/projekt_waermeinseln_node.html
- http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/2__Stadtklima/-_Waerme-Inseln_41r.html
- https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/2143/die-staedtische-waermeinsel
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Stadtklima>
- <https://eliath.com/ice-la-solution-pour-etudier-le-rafraichissement-de-vos-quartiers/>
- <https://www.bergischgladbach.de/baumschutz.aspx>
- <https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2017/11/baeume-der-stadt-wichtig-und-bedroht>
- https://docs.qgis.org/2.8/de/docs/training_manual/introduction/intro.html
- <https://www.zhaw.ch/storage/lsvm/institute-zentren/iunr/stadtoekologie/bachelorarbeit-thierry-sebele.pdf>
- https://pub-data.leuphana.de/frontdoor/deliver/index/docId/1134/file/Bachelorarbeit_2021_Stein_Lennart.pdf
- <https://www.construction21.org/france/articles/h/loutil-score-icu.html>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/GIMP>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/SketchUp_\(Software\)](https://de.wikipedia.org/wiki/SketchUp_(Software))
- <https://de.wikipedia.org/wiki/ImageJ>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Makro>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/QGIS>