Aufnahme mit Wärmebild Kamera

FIT4climatechange

Reflexion und Interpretation

Zusammenfassender Bericht

Jänner 2022

Tim Cassidy_Christine Rottenbacher_Martina Scherz

Gefördert durch die NÖ Wohnbauforschung

Abstract

Wie fit sind wir für den Klimawandel?

Durch uns verursachte Naturereignisse wie Hitze, Starkregen, Hochwasser oder Dürre stellen herausfordernde, gefährdende und bedrohliche **Risiken** dar, die Anpassungsaktivitäten in Regionen, Städten und Gemeinden benötigen. Wir benötigen deshalb eine **gemeinsame Beurteilung** der **wesentlichen natürlichen Einflussfaktoren**, die diese Ereignisse abmildern, ausgleichen und vermeiden helfen, um diesen Risiken begegnen zu können. Die **natürlichen Prozesse des Kühlens und Klimaausgleichens werden dabei in ihrer Wirksamkeit gemeinsam eingeschätzt**. Dazu wurden auf verschiedenen maßstäblichen Ebenen, für ein gesamtes Gemeindegebiet und für Standortbeurteilungen, wie Stadtplätze, Wohnbauanlagen und Straßenräume **inter- und transdisziplinär rapid resilience assessment tools entwickelt, getestet, adaptiert** und nun für einen weiteren iterativen Austausch reflektiert aufbereitet.

Unsere wesentlichen Erkenntnisse:

- ➔ Im Anwenden des Konzeptes SPAC soil-plant-atmosphere-continuum sind die Maßnahmen zur Klimarisikovorsorge als ein zu vernetzendes Boden-Wasser-Pflanzen-System durch Siedlungsräume (in unserem Bearbeitungskontext) zu verstehen, die die entsprechenden Ökosystemleistungen „Wasserrückhalte- und Kühlungsleistungen“ erbringen können und welche für eine Klimaresilienz zu stärken sind;

- ➔ Einzelne Maßnahmen in Straßen- und Freiräumen sind meist wenig alterungsfähig und ihre Kühlleistungen haben zusätzlich eine geringe Reichweite. Diese Vernetzung ist also wesentlich, um einer Dehydrierung unserer Lebensräume vorzubeugen, und um die Pflanzengemeinschaften entsprechend zum Erbringen ihrer nötigen Ökosystemleistungen stärken zu können;

- ➔ Zuzüglich sind weitere Umweltbelastungen, wie Salzstreuung zu vermeiden und mit einer pestizidfreien Pflege zu verbinden. Dies im Sinne von pfleglichen Risikovorsorge-maßnahmen, da nur „gesunde“ biodiverse Boden- und Pflanzengemeinschaften die nötigen Ökosystemleistungen in Siedlungsräumen nachhaltig erbringen können;

- ➔ Aufbauend auf Literaturrecherche und eigenen Modeliierungen zu den lokalen Klimazonen und den standortbezogenen Wasserrückhalte- und Kühlungspotentialen wurde das Wasserrückhalte- und Kühlungstool für die Ermittlung eines Faktors

entwickelt. Dazu wird ein weiterer interdisziplinärer Austausch bzw. weitere Untersuchungen angestrebt, um Übereinstimmungen und divergierende Einschätzungen identifizieren zu können. Ab wann ist auf Basis der Nutzung der natürlichen Prozesse des Kühlens ein Siedlungsbereich als genügend klimaresilient einzustufen? Bezüglich Wasserrückhaltung beginnt man bereits ab einer Versiegelung von 10%- 25 % von einem beeinträchtigten lokalen Wasserhaushalt zu sprechen, bezüglich Kühlung durch Verdunstung und Beschattung wird derzeit (zB. im Wiener Stadtentwicklungsplan) von einer nötigen 50%igen Beschattung der Oberflächen der Freiräume ausgegangen.

➔ Gemeinden benötigen Unterstützung, um diese Prozesse des Kühlens in Politik und Verwaltung zu kommunizieren und sektorenübergreifend und jeweils differenzierend anzuwenden. Bei unseren Workshops mit der Bevölkerung, mit den Schulen, hatten wir den Eindruck, dass unsere AnsprechpartnerInnen sich der Wirkungen von blau-grüner Infrastruktur mehr und mehr bewusstwurden. Jedoch jeweilige Schritte einer Entsiegelung, Bepflanzung, eines Regenwasserrückhalts sind nach wie vor schwer umzusetzen. Wie zum Beispiel das Versickern von Regenwasser von Dächern aus Privathäusern auf öffentliche Grünflächen nicht einfach zu lösen ist. Oder eine Entsiegelung der Parkplätze nicht mit tatsächlichen Nutzungen (z.B. von selten als PKW Parkplatz genützt - bis zu – intensiv durch Schwerverkehr genutzte Anlieferungs- und Transportbereiche) in Zusammenhang gebracht und Entsieglungslösungen entsprechend differenziert werden und mit einer tatsächlichen Häufigkeit von Schadereignissen (mögliche Verunreinigung Grundwasser) in Zusammenhang gebracht wird. So könnten unterschiedliche Entsiegelungen mit den Schutzinteressen verbunden und z.B. das Vorbeugen einer Dehydrierung des Siedlungsbereiches und Grundwasserschutz jeweils abgewogen werden.

Inhalt

Credits und Überblick über Arbeitsschritte 5
Teil A – Einleitung und Reflexion des Verständnisses natürlicher Prozesse zur Kühlung 8
1 Zur Methode der Schnellbewertung 8
2 Zum Verständnis von Resilienz und den verwendeten Begriffen 12
Teil B – Zum soil plant atmospher continuum SPAC Konzept und wie wir es anwandten und kommunizierten 23
1 Kommunikation von Regenwassermanagement und Grüne Infrastruktur 24
2 Verletzlichkeit eines Standortes oder Klimaresilienz beurteilen 25
3 Arbeiten mit positiven Beispielen 29
Teil C – Schnellbeurteilung rapid resilience assessement
1 Schnellbeurteilung auf Gemeindeebene 33
2 Schnellbeurteilungen von Lokalen Klimazonen 38
3 Schnellbeurteilungen auf Mikroebene 41
Teil D – Hitzewellen-Simulation: Kühlung (Beschattung) im Risikofall, Beispiel Alpenland 48
Teil E – Integration der Ergebnisse in den STEP Stadtentwicklungsplan von Hollabrunn 67
Literatur % Referenzen 68
Abbildungsverzeichnis 69

Credits und Überblick über Arbeitsschritte

Das Projekt FIT4climatechange wurde im Team Tim Cassidy, Mira Kirchner, Christine Rottenbacher und Martina Scherz begonnen. Die wesentlichen Aufgaben waren:

- in einer internationalen Recherche – vorrangig auf EU – Ebene - aktuelle Erfahrungen zu „rapid" = schnellen Erfassungs- und Beurteilungsinstrumenten zusammenzutragen, wie die Matrix- Einschätzungstools, „May the Matrix be with you", „The matrix reloaded", „Expert-based Matrix Assessment" Burkhardt et al. 2009, 2012, 2014, 2017 - diese sind wegweisende Publikationen dazu. Deren Anwendung in unterschiedlichen Kontexten wie natural water retention measures und generell in semiquantitativen Einschätzungen von Wirkungen und Effektivität von naturbasierten Lösungen sowie ausgewählter Ökosystemleistungen wurde in unsere Kernfrage, dem Stärken des soil-plant-atmosphere-continuums SPAC, integriert.

  Dies wurde in den internationalen Kontext der Klimaresilienzdebatte gestellt, wo zunehmend die Funktion des Wassers in der lokalen Temperaturregulation an Aufmerksamkeit gewinnt, „Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm" M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kováč, E. Tóth 2007, erläuterndes Kurzvideo water paradigm https://youtu.be/Q8B4tST8ti8, im kürzlich veröffentlichten UNEP report 2021 https://www.unep.org/resources/emerging-issues/working-plants-soils-and-water-cool-climate-and-rehydrate-earths sowie in vermehrten Veranstaltungen zu diesem Fokus „ Online-Tagung »Klima-Landschaften« am 8.12.2021 – Zu den Zusammenhängen zwischen (Agrar-) Landschaften, Klima, Wasser und Boden". Wasser stellt neben der Verwendung von Pflanzen/Böden einen wichtigen Parameter in der Stärkung der Klimaresilienz dar. Das SPAC Konzept wurde in unserem Projekt als Kommunikations- und Verständniskonzept verwendet, um den Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte, Wasserretention und evapotranspirativem Kühlpotential zu erklären.

  Im Fokus standen extreme Wettergefahren (IPCC: Starkregen, Hitzewellen) und der entsprechende Zusammenhang zwischen Wasserrückhalte- und Abkühlungsfaktoren im Rahmen eines adaptiven Klimamanagements. Als funktionale Einheit können so Wasserrückhaltemaßnahmen mindestens zwei regulierende Ökosystemleistungen (Wasserrückhalt und Kühlung) und kulturelle Ökosystemleistungen (Freiraumqualität und Naturkontakt) am selben Standort erbringen_Bearbeitung CR, TC

- Erheben und Auswerten der verfügbaren Daten aus dem Geoshop, Unterstützen der Gemeinde beim Ausheben der Unterlagen und der DKM.Mappe_Bearbeitung TC, MS

- Erfassen und Modellieren von natürlichen Prozessen, dem Erarbeiten von Hitzeinselkarten- Überprüfen vor Ort mit Temperatursensoren und Wärmebildkamera-aufnahmen. Erstellen von NDVI und NDWI Karten, um den Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte, Wasserretention, Wasserstress und Kühlpotential gemeindeweit aufzuzeigen, dem Identifizieren der Versiegelung und der Landbedeckung für das gesamte Stadtgebiet Hollabrunn in 1m pixel Auflösung, um ein Abgrenzen der lokalen Klimazonen entsprechend der Unterlagen der World Urban Database and Access Portal Tools WUDAPT Gruppe durchführen zu können_Bearbeitung TC

- Entwickeln von Testläufen und workshops in der Gemeinde_ Bearbeitung CR

- Durchführen von Testläufen in der Gemeinde, Bürgerbeteiligung mit Schulen, fachpädagogischer Hochschule_Bearbeitung CR, MK, TC, MS

- Entwickeln und Durchführen von Testläufen und workshops in anderen Gemeinden, wie Retzbach, Pulkau, Thaya, Krems und an der Donauuniversität sowie mit anderen Abteilungen der RU7, ENU, NIG, WKO zu Regenwassermanagement und Kühlungseffekten von Grüner Infrastruktur_Bearbeitung CR TC

- Testen einer Konnektivitätsanalyse basierend auf den DKM Unterlagen, welche einen ersten Eindruck zu den Potentialen der Vernetzung durch blau-grüne Infrastruktur in Quantität ermöglichen kann. Da die Flächenwidmung derzeit nicht die tatsächliche Ausführung der Oberflächen und Bepflanzung wiedergibt sowie keinen Versiegelungs-grad und Ausgleichsmaßnahmen festlegt ist dies gerade jetzt mit der NÖ Raumordnungsnovelle ein interessanter Entwicklungsbereich. Um Festlegungen bezüglich einer Entsiegelung der Oberflächen entwickeln zu können sind das Erarbeiten von gemeindeweiten Bodenfunktionskarten und Landbedeckungskarten wesentliche neu beizubringende Grundlagen zur Sicherung der Klimaresilienz_Bearbeitung MS,

- Jeweilige Berichterarbeitung und Berichterstattung_Bearbeitung CR TC

- Nach der ersten Bearbeitungsphase hat Frau Kirchner das Team aus eigenem Wunsch verlassen

- Entwickeln von Erhebungsschritten für gesamte Gemeindegebiete, für lokale Klimazonen und standortbezogene Erfassungstools, welche ausgewählte Ökosystemleistungen (Orientierung an der EU-basierten und ständig weiterentwickelten CICES Struktur) beurteilen helfen und je nach Fragestellung jeweils adaptierbar sind_Bearbeitung CR TC

- Modellieren von Effekten einzelner Grüner Infrastrukturelemente am Beispiel schrittweiser Adaptierungen der Wohnanalage in der Ferry-Sehergasse. Dabei wurden Oberflächen-temperaturen und Werte des menschlichen thermischen Komforts anhand der Daten eines elftägigen Hitzewellenereignisses vom Jahr 2015 dargestellt. Anschließend wurde eine Schadensminderung mithilfe von Baumkronen und Pergolen (d. h. Beschattung) simuliert. Pergolen wurden aufgrund ihrer ortstypischen Verwendung in Heurigen, Kellergassen als mögliche Beschattungsstrukturen eingebracht.

  Das Arbeitsblatt Kühlungsfaktor wurde durch eine Simulation von Bodenoberflächentemperaturen, mittleren Strahlungstemperaturen und thermischen Komfortwerten erstellt. Das Arbeitsblatt Wasserrückhaltefaktor berücksichtigt auch eine Reduktion des Abflusses in Baumrigolen – Verwendung strukturierter Erden_ Bearb. TC

- Entwickeln des Erhebungsbogens zu Wasserrückhalte- und Kühlungsfaktor, Organisieren + Durchführen von Abstimmungs- und Rückmelderunden zu den tools_ CR TC

- Integration und Austausch mit den entsprechenden Ansprechpartner*innen der Raumplanung zur Stärkung der Raumplanungsinstrumente_Bearbeitung MS

- Austausch mit dem Ingenieurbüro YEWO landscapes, Kollegin Karolina Petz, betraut mit dem Auftrag das Hollabrunner Freiraumkonzept zur Integration in das örtliche Entwicklungskonzept 2040 zu erarbeiten -> um festzustellen wie unsere Projektaufgaben einander ergänzen und stützen können. So wurden nun gemeinsam Maßnahmenbereiche identifiziert, die durch unsere Forschungsergebnisse jeweils zu Pilotprojekten und weiteren Schärfungen der einzelnen beabsichtigten Maßnahmen der Gemeinde beitragen können.

Teil A – Einleitung und Reflexion des Verständnisses natürlicher Prozesse zur Kühlung

1 Zur Methode der Schnellbewertung

Vermehrt werden international und national Methoden und Instrumente zur Bewertung von Ökosystemleistungen entwickelt, die eine rasche Einschätzung einer Situation, eines Prozesses ermöglichen, die keine großen Ressourcen oder umfassende Grundlagenerhebungen erfordern. Dazu werden unterschiedliche rapid assessment tools angewandt, die z.B. komplexe Sachverhalte aus dem Bereich der Klimawandelanpassung durch das Nützen natürlicher Prozesse beurteilen helfen. So zum Beispiel erfassen ausgewählte Matrixbeurteilungen der Natural Water Retention Measures NWRM (siehe Grundlagenbericht) die Effektivität einzelner natürlicher Wasserrückhaltemaßnahmen in Landschafts- und Siedlungsräumen, wie auch das „Hineinspielen" einzelner Maßnahmen in unterschiedliche EU-Richtlinien. Auch in Zusammenhang mit der Implementierung der EU-Biodiversitätsstrategie (Aktion 5) werden Matrixbeurteilungen u.a. für eine Vernetzung von Grüne Infrastrukturmaßnahmen mit einer Beurteilung der Kapazität/Wirkung dieser Maßnahmen insbesondere in Verbindung mit Biodiversitätsfragen angewandt.

Dabei wurden bisher interdisziplinär ExpertInnen eingeladen ihre Einschätzung eines Prozesses auf Basis ihres jeweiligen Wissens abzugeben und gemeinsam zu objektivieren.[1] Dies bedeutet für die Beurteilung eines Siedlungsraumes wie im Projekt FIT4climatechange, dass ein rapid resilience assessment tool – diese Schnellbeurteilung - eine gemeinsame Beurteilung von LandschaftsarchitektInnen zusammen mit RaumplanerInnen, VerkehrsplanerInnen, ArchitektInnen und SiedlungswasserplanerInnen sowie den GrünraummanagerInnen helfen soll rasch die Kapazität der vorhandenen Freiraum- und Gebäudeausstattung zu beurteilen. Damit soll relativ einfach und rasch ein geteiltes interdisziplinäres Verständnis (jede Disziplin hat unterschiedliche Zugänge) zu Klimawandelrisiken durch ein Verschlechtern der natürlichen Prozesse erreicht und gemeinsam Handlungsspielräume entwickelt werden können. Am Beispiel der Pilotgemeinde Hollabrunn und anderer Gemeinden wurden gemeinsam mit zugeladenen ExpertInnen auf Gemeindeebene, auf einer Quartiers- bzw. Lokale Klimazonenebene und standortbezogene Ebene wie Straßen- und Platzraum sowie Wohnbauanalgen, Schulquartiere Einschätzungen vorgenommen.

[1] siehe Projektbericht zu „Magic Landscapes" Managing Green Infrastructure in Central European Landscapes. https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html

Diese auf vorhandene Erfahrungen und Wissenssysteme aufbauende pragmatische Vorgangsweise orientiert sich an den 6 Prinzipien der Klimaanpassung und Resilienz der Weltbank 2020[2], um effektive, evidenzbasierte Strategien zu entwickeln:

- Sicherstellen, dass die Entwicklung der **Strategien schnell** -> deshalb rapid resilience assessment - und inklusiv verläuft und Schutz vor Schocks bietet;
- **Erleichterung von Unternehmen und Menschen** an eine Anpassung unterstützen-> Unterstützen von vulnerablen Bevölkerungsgruppen und auch von Implementierungen für öffentliche und private Unternehmen
- Landnutzung - insbesondere **Landbedeckung** - und Schutz wichtiger öffentlicher Güter und Dienstleistungen **sichern** -> erster Schritt Landbedeckungskarten für Siedlungs- und Landschaftsräume erarbeiten und in regelmäßigen Abständen Gebiete mit Entwicklungsdruck aktualisieren bzw. Zeitreihen dazu erstellen
- Unterstützen von Unternehmen und Menschen bei der Bewältigung von Katastrophen und Schocks und bei der Erholung davon;
- makroökonomische und fiskalische Risiken vorhersehen und bewältigen;
- **Prioritäten setzen, Maßnahmen umzusetzen und Interventionen** zu **beobachten**, **iterativ zu adaptieren** und verbessern -> **erster Schritt um eine Entscheidungsgrundlage zu erarbeiten stellt das rapid resilience assessment tool dar.**

Mit Hilfe der Schnellbewertungsmethoden können wir einige dieser Grundsätze für den Zweck der Klimaanpassung und -resilienz in Niederösterreich gezielt modifizieren:

(1) **Identifizieren von und Schutz kritischer naturbasierter Infrastrukturen** und ihrer **regulierenden Ökosystemleistungen. Landnutzungen mit Ausgestaltungen, wie dem Schaffen und Erhalten von vernetzten Boden-Wasser-Pflanzen-Systemen,** entsprechend adaptieren und als "Natürliche Vermögenswerte"[3] erhalten. Das heißt, es wird versucht monetär erfassbare Ökosystemleistungen beim Infrastrukturausbau bzw. –umbau zu berücksichtigen. Diese Entwicklung kann man mit der Etablierung von Kanalanlagen in unseren Siedlungsräumen vergleichen. Bis hier die notwenige hygienisch sichere Organisation und Behandlung unserer Abwässer von allen erkannt, der Bau von Kanal- und Kläranlagen

[2] veröffentlicht in: "The Adaptation Principles- A Guide for Designing Strategies for Climate Change Adaptation and Resilience", Weltbank, 2020

[3] vgl. natural capital Diskussion, die versucht Ökosystemleistungen mit klassisch wirtschaftlichen Ansätzen in Nachhaltigkeits- und Risikoverminderungsaktivitäten zu integrieren

durchgeführt und nun anhaltend adaptiert und gepflegt wird dauerte es Jahrzehnte. Ähnlich werden wir blau grüne Infrastrukturen oder nature based solutions in unsere Landschafts- und Siedlungsräume integrieren und pfleglich erhalten, um resiliente Lebensräume sichern zu können. Diese werden Geld kosten, doch auch monetär beurteilbare und zugleich vorhersehbare und unvorhersehbare Risiken bewältigen helfen.

Die Gemeinde- und Landesverwaltung spielt beim Schutz öffentlicher Investitionen, von Vermögenswerten und Dienstleistungen eine große Rolle. Stadt- und Flächenwidmungspläne können vermehrt mit Hitzeinselkarten, Landbedeckungsdaten und Regenwassermanagement gekoppelt werden. Dabei ist es sehr wichtig, den jeweilig eigenen Handlungsspielraum in der jeweiligen Gemeinde abzustecken und dafür zu sorgen, dass genügend Flächen für Interventionen in Gemeindebesitz sind und zusätzlich zu gebäudebezogenen Maßnahmen in den Straßen- und Platzräumen vernetzte Boden-Wasser-Pflanzen-Systeme gestärkt und eingebracht werden können. Diese gehören zunehmend zu wichtigen Aufgaben des öffentlichen Sektors und beeinflussen im Weiteren private Investitionen bei einer Wohnraumschaffung. So ist es von entscheidender Bedeutung, dass sich diese Aktivitäten an die entwickelnden Klimarisiken anpassen, um zu vermeiden, dass Menschen in Risikogebieten, Gesundheit und Arbeitsfähigkeit in Siedlungsräumen sind zunehmend gefährdet[4], leben.

Am 24. Februar 2021 nahm die Europäische Kommission die Mitteilung "Schaffung eines klimaresistenten Europas - die neue EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel" an. Die **Strategie** skizziert eine langfristige Vision, um eine klimaresistente Gesellschaft zu werden, die bis 2050 die Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren sucht. Die Strategie zielt darauf ab, eine klimaresistente Gesellschaft aufzubauen, indem das **Wissen über Klimaauswirkungen und Anpassungslösungen verbessert** wird, die **Anpassungsplanung und die Bewertung** von **Klimarisiken intensiviert** werden sowie **Anpassungsmaßnahmen beschleunigt** werden und dazu beigetragen wird, die **Klimaresilienz** weltweit zu stärken. **Das Projekt FIT4climatechange stellt einen ersten Schritt zur Erfüllung folgender Ziele in diesem Kontext dar:**

- **Verbesserung des Wissensstandes und Umgang mit Unsicherheiten; Wissen inter- und transdisziplinär verbessern->** durch interdisziplinäre workshops - mit LandschaftsplanerInnen, RaumplanerInnen, KulturtechnikerInnen, ArchitektInnen, Verantwortlichen der NÖ Landesregierungsabteilungen, der ENU und von Natur im Garten und transdisziplinäre Arbeiten in Gemeinden wie Hollabrunn, Unterretzbach, Pulkau, Thaya, Krems - vor Ort konnte der

[4] vgl. APCC, 2018: zunehmende Hitzeereignisse werden als die problematischen Bedrohungen durch die Klimakrise identifiziert

Wissenstand erweitert und gemeinsam rasche Analyse- und Handlungsansätze diskutiert werden;

- **mehr und bessere Daten über Klimaschäden** erfassen und kommunizieren -> durch **gemeinsame Wärmebildaufnahmen und Messungen vor Ort sowie den Modellierungen der Hitzeinseln und den darauf basierenden Hitze- und Trockenheitsstressdokumentationen** (NDVI und NDWI Kartenerarbeitung) konnte die Datenlage zur Pilotgemeinde erweitert und eine Vorgangsweise für eine **Schnellbewertung** eines Gemeindegebietes entwickelt werden. Eine Identifizierung der **Lokalen Klimazonen** in der Pilotgemeinde hilft die jeweiligen gut funktionierenden Bereiche - die gesichert werden - und „hotspots" zu identifizieren. Bei diesen Hotspots können weitere Analyseschritte auf Mikroebene Handlungsspielräume und Potentiale aufzeigen. Die **Modellierungen zu Kühlungseffekten von Maßnahmenvarianten** zur Identifizierung von Parametern für das Beurteilen von Standorten (am Beispiel Wohnbau, für Straßen- und Platzräume) wurden mit **standortbezogenen Erkenntnissen für Mikroebenen** verbunden. Daraus wurden je nach Fragestellung und Fokus für verschiedene Kontexte unterschiedlich komplexe Matrixbeurteilungen der regulierenden und weiterer relevanter Ökosystemleistungen entwickelt- um zum Schluss zum Hauptfokus zurückzukommen: **eine gemeinsame Erfassung bzw. Einschätzung eines Wasserrückhalte-WRFK und Kühlungsfaktors KF** von ausgewählten Straßen- und Platzräumen inkl. der angrenzenden Bebauung anzuleiten.

2 Zum Verständnis von Resilienz und den verwendeten Begriffen

Der Fokus unserer Arbeit liegt auf dem **Potential wie unsere Lebensräume durch das Nützen natürlicher Prozesse abgekühlt** werden können. Dabei entdeckten wir das soil-plant-atmosphere-continuum SPAC Konzept aus der Landwirtschaft, das ursprünglich entwickelt wurde, um optimale Wachstumsbedingungen für den Pflanzenanbau – also das optimale Zusammenspiel von Boden-Wasser-Pflanzen-Sonneneinstrahlung – Nährstoffversorgung für die jeweiligen Kulturpflanzen zu bestimmen. Zu diesem Konzept gibt es mittlerweile nicht nur verschiedene Modellierungstools, es birgt auch eine **Kommunikationsstruktur**, die hilft dieses wesentliche Zusammenwirken der natürlichen Prozesse für das Zusammenspiel Wasserhaushalt und Kühlung der Hitzeinseln in Siedlungsräumen und an konkreten vulnerablen Standorten zu analysieren und kommunizieren.

Klimaresilienz bezeichnet die Fähigkeit eines Ortes klimatische Extremereignisse durch eigene Kraft und Flexibilität ohne Schaden zu bewältigen. Dieses Konzept ist also Teil einer **Risikomanagement Strategie**. Diese Risiken beziehen sich auf eine Versorgungssicherheit, auf Gesundheit und Leben. So kommen zurzeit beispielsweise mehr Menschen durch Hitze- als durch Hochwasserereignisse um. Hitze bewirkt die höchsten gesundheitlichen Schäden in Österreich (AGES, 2020) und wird als stärkste und problematischste Änderung des Klimas eingestuft (APCC, 2018). Das Konzept der Resilienz kommt aus der Medizin und beschreibt, wie gut ein Mensch mit schwierigen Ereignissen umgehen kann, wie er darauf reagiert, ob er wieder „heil" aus dem Ereignis herauskommt. Nun wird es auch in einem weiteren Sinn auf soziale Gemeinschaften und Lebensräume bezogen. Eine Möglichkeit, um ein Verständnis für die Bedeutung dieses Konzeptes zu erlangen ist es mit Identität zu vergleichen:

- Wie sehr kann sich ein Mensch verändern, damit Kontinuitäten erhalten bleiben, er mit sich noch ident und gut lebensfähig bleibt, ohne zu verbittern oder beispielsweise unter chronischen Schmerzen zu leiden?

- Wie sehr kann sich das Lebensraumsystem eines Ortes ändern, damit es noch ident z.B. Sichern wesentlicher Standortfaktoren wie Kühlung und Regenwasserrückhalt sowie von kontinuierlichen sich immer wieder ausbalancierenden natürlichen Prozessen und gut lebensfähig bleibt?

Wir verwendeten das Konzept Klimaresilienz in Zusammenhang mit **der Robustheit von sozialen und ökologischen Systemen**, die die Fähigkeit beschreibt gegenüber inneren und äußeren Stressfaktoren, Schocks und Krisen widerstehen zu können. Dazu gehören auch die **Anpassungsfähigkeit bzw. Flexibilität** - eine Fähigkeit vor- und nach zu sorgen bzw. vielfältig zu reagieren. Folgende Grafik kann helfen erste soziale und ökologische Gegebenheiten bzw. Kriterien für eine klimaresiliente Gemeinde gemeinsam zu analysieren. So kann ein „gesundes" Maß an Beharrlichkeit stabilisierend wirken, je nachdem wie eine

Gemeindepolitik und -verwaltung Inklusion und gemeinsame Wissensaneignung versteht und organisiert kann daraus eine Lernende Kapazität abgeleitet werden, die zunehmend wichtig wird und nicht leicht zu verwirklichen ist. Damit wird im Weiteren eine Transformierbarkeit, wie sehr kann man Neues, Innovation begrüßen und Anpassungsfähigkeit in Verbindung gebracht:

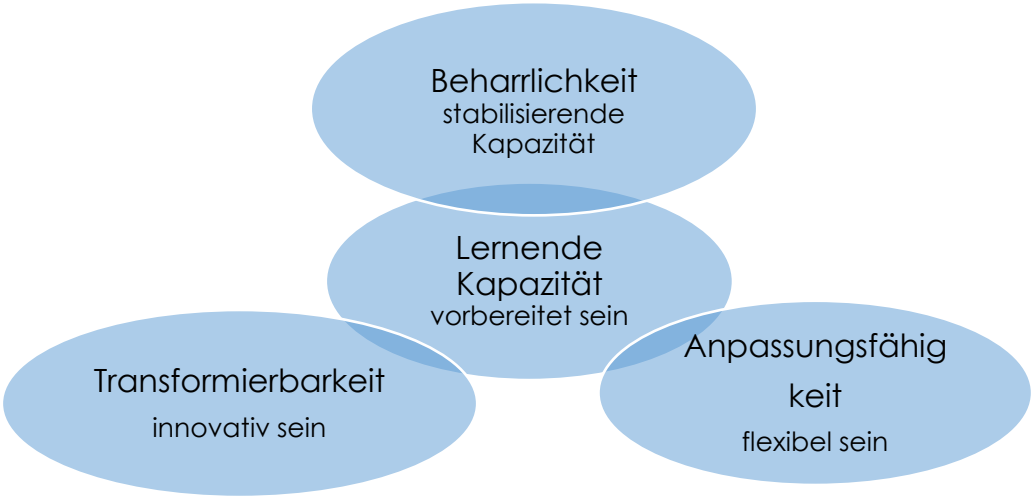


Abb.1 eigene Zusammenstellung nach Resilienzliteratur bzw. zu sozial ökologischen Systemen (E. Ostrom und andere)

Komplexe adaptive sozioökologische Systeme wie Städte und Gemeinden können je nach oben aufgelisteten Aspekten mehr oder weniger belastbar sein. Das ist abhängig von ihrer sozialen Lernfähigkeit (vorbereitet sein), die mit entsprechenden Informations- und BürgerInnenbeteiligungsformaten ihre Chancen Störungen zu widerstehen verbessern kann.

Das ist in den Gemeinden, in denen wir arbeiteten, sehr unterschiedlich zu beobachten. Manche lehnen Bürgerbeteiligung eher ab, große Bedenken und Unsicherheiten sind festzustellen wie hier gemeinsam Erhebungen, Analysen und Maßnahmen entwickelt, verwirklicht und betreut werden können. Gerade Gemeinden unter starkem Entwicklungsdruck scheinen sehr überlastet zu sein, um hierfür Strukturen, Vertrauen und Erfahrungen entwickeln zu können. Sie haben noch keinen generellen Weg gefunden, sich diesen Wissens- und Unterstützungs-potentialen durch die Bevölkerung zu öffnen sowie sich selbst mit dem Thema der Klimaresilienz entsprechend auseinanderzusetzen und die BürgerInnen nicht nur über Entscheidungen der Gemeinde zu informieren und so das Potential resultierend aus Betroffenheit, Akzeptanz und Mithilfe der AnrainerInnen noch ungenügend nützen.

Dazu zählen auch ein Verständnis und das Nützen und Pflegen der **natürlichen Prozesse** einer entsprechenden **naturräumlichen Ausstattung von blau grüner Infrastruktur** in

den Siedlungsräumen. Das Erhalten und Pflegen der naturräumlichen Ausstattung und Nützen der natürlichen Prozesse können helfen Stress, Schocks und Krisen, ohne eine Schwelle in eine unerwünschte und möglicherweise irreversible Situation zu überschreiten, zu puffern. Ökologische Systeme haben dynamische Eigenschaften, die gewährleisten, dass auch bei Störungen die grundlegenden Organisations- und Funktionsweisen ausbalanciert und erhalten bleiben, anstatt in einen qualitativ anderen Systemzustand überzugehen. **Diese irreversiblen Systemzustände** sind die **„großen Fragezeichen"**, dass es beispielsweise einfach nicht mehr möglich sein kann in Siedlungsräumen Bäume zu pflanzen, weil die Hitze-, Trockenheit sowie Salzbelastungen zu ausgeprägt sind, um einen jungen Baum überleben und anwachsen zu lassen. Diese können dann nicht ihre wesentlichen regulierenden Ökosystemleistungen erbringen und Siedlungswüsten[5] ausgleichen helfen. Die Szenarien reichen bis zu massiven Trockenheitsproblemen, weil dehydrierte Lebensräume auch weniger Regenfälle „anlocken".

Deshalb wird derzeit zum Beispiel auch in Österreich (nicht nur in den südlichen europäischen Ländern – Barcelona hat bereits good practice Beispiele dazu) vermehrt diskutiert Grauwasser in unterirdischen Bewässerungssystemen zu verwenden. Gerade zu den Extremtagen im Sommer ist kein Regenwasser vorhanden und Trinkwasser sollte bzw. kann nicht für Bewässerung verwendet werden[6]. Diese Initiativen versuchen einer Dehydrierung unserer Siedlungsräume entgegen zu wirken (vgl. z.B. Arbeiten von Prof. Ripl, M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kováč, E. Tóth und viele andere).

In diesem Projekt wurden natürliche Prozesse und ökologische sowie klimarelevante Vernetzungen erfasst und im sozialen Kontext die entsprechenden Potentiale zu Naturverständnis und Eigeninitiativen betrachtet. Hier konnten wir mit Schulen wie dem Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium und mit MitarbeiterInnen der Fachpädagogischen Hochschule in Hollabrunn zusammenarbeiten, die Schule auch bei der Teilnahme zu einem Klimawandelanpassungswettbewerb unterstützen und in anderen Gemeinden mit interdisziplinären Gruppen (Krems zum Beispiel mit indischen PartnerInnen) und transdisziplinär mit Ortsgemeinschaften (Retz, Retzbach, Pulkau, Thaya) Erhebungsmethoden testen und ein jeweiliges Verständnis dazu austauschen.

In einem Siedlungsraum oder einem Stadtviertel können sich soziale Netzwerke über spezielle informelle lokale Organisationsformen entwickeln - im Moment vor allem in Zusammenhang mit gesunder Ernährung - eine versorgende Ökosystemleistung, die bereits

[5] vgl. Untersuchungen, Erkenntnisse und Veröffentlichungen der World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) www.wudapt.org: an urban weather, climate and environmental modeling infrastructure for the Anthropocene

[6] vgl. Erkenntnisse der AuquaUrbanica Konferenz in Innsbruck 13.,14.9.2021

mehr Betroffenheit und Eigeninitiative weckt, als das Nützen natürlicher Prozesse zur Kühlung -> hier gibt es noch einen Informationsbedarf. In den Nutzungen und dem Pflegen von öffentlichen Frei- und Grünräumen werden bestimmte Formen eines sozialen Zusammenhalts sichtbar. So können zum Teil die Pflegegemeinschaften der Dörfer auch in städtischen Nachbarschaften verstärkt wieder „belebt" werden, wie vielfältige Initiativen des gemeinschaftlichen Gärtnerns wie „urban gardening" Initiativen, Pflege von Baumscheiben und Baumpatenschaften in Straßen- und Platzräumen zeigen. Wie sehr diesen Initiativen in den Gemeinden Raum gegeben wird hängt meist von Einzelpersonen der Gemeindeverwaltung bzw. Gemeindepolitik ab, die entsprechend Offenheit und Zeit mitbringen, um dies zulassen und/oder koordinieren zu können.

Inter- und transdisziplinäres Arbeiten ist durch die wesentliche Herausforderung gekennzeichnet, dass jede Disziplin eigenen Paradigmen, eigenen manchmal fast „Glaubenssätze"(Theorien) - Konzepten und darauf aufbauenden Methoden verpflichtet ist. Dies zeigt sich auch deutlich in der Verwendung einer jeweiligen Terminologie. Welchen Begriffen sind welche Bedeutungen zugeordnet und erschweren einen Austausch und das Entwickeln eines gemeinsamen Verstehens? Gemeinsame Begehungen, Erhebungen und dieser Verständnisaustausch zu den Ökosystemleistungen, zu den Kapazitäten der vorhandenen blau grünen Infrastruktur wurden durch die Covid Situation erheblich erschwert. Diese wurden von Einzelgesprächen und online workshops ergänzt, die so ein erstes wechselseitiges Verstehen ermöglichten.

Folgende **Begriffe und Konzepte** wurden in unserer Arbeit verwendet und versucht dazu ein gemeinsam geteiltes Verständnis zu entwickeln:

(1) **Klimaresilienz** wurde als ein umfassender, gesamtheitlicher Problemlösungsansatz kommuniziert, dessen Ziel es ist, die **generelle Widerstands- und Regenerations- und Entwicklungsfähigkeit von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen in diesem Fokus zu erhalten, zu verbessern und zu sichern.** Dazu wurde das **Konzept des Ökosystemleistungsmapping = Verorten der relevanten Ökosystemleistungen ÖSL (siehe später) von** ausgewählten Bereichen **verwendet** (siehe später).

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

In workshops in den Gemeinden und beim interdisziplinären Austausch entstand die Idee, den Begriff der Resilienz bzw. von resilienten Systemen mit dem Konzept von Identität zu vergleichen. Wieviel halten wir aus, um noch mit uns ident zu bleiben? Ohne chronisch krank oder seelisch verbittert zu sein. Dieser Kommunikationsansatz zeigte auch, dass Resilienzerhebungen nur bis zu einem bestimmten Grad vereinheitlicht werden können und natürlich auch die Entwicklung von Maßnahmen kontextabhängig ist. Generelle trends

waren mit einem rapid assessment wie den gemeinsamen Matrixbeurteilungen der Ökosystemleistungen ÖSL gut erfassbar und können zu raschen ersten Entscheidungen führen (zu Matrixbeurteilungen siehe).

Resilienz selbst wurde bei den transdisziplinären Arbeiten auf eine standortbezogene Beurteilung wie eines Straßenabschnittes, eines Schulgeländes, Platzes oder Wohnbaus bezogen und so von den Teilnehmenden leichter erfasst und beurteilt als auf der sehr komplexen Gemeindeebene. Interdisziplinär wurden Klimaresilienzbeurteilungen auch auf Gemeindeebene behandelt.

Speziell im Austausch mit der Raumplanung – workshop mit der ENU und RU7 sowie über den Artikel in den Raumdialogen https://www.raumordnung-noe.at/fileadmin/root_raumordnung/infostand/periodika/magazin_raumdialog/Archiv_Raumdialog/RADI_2-21.pdf und unserer Kollegin werden wir weiterhin diesen Fokus der Resilienz reflektieren und anwenden.

(2) **Bodenversiegelung** wurde als Abdeckung des Bodens mit einer wasserundurchlässigen Schicht kommuniziert: Der Boden wird dadurch auf seine Trägerfunktion reduziert und seine natürlichen Funktionen als Organismus, der Pflanzen mit dem zusammenwirkenden Wurzel-Mikroorganismen-Bodensystemen versorgen kann, gehen verloren.
Als gänzlich versiegelt gelten Flächen, auf denen Gebäude errichtet wurden, aber auch unbebaute Flächen, wenn sie mit Beton, Asphalt oder Pflastersteinen befestigt wurden (Wege, Parkplätze, Einfahrten, Betriebsgelände etc.)
Beide Aspekte, der Boden als Organismus und mit seinen physikalischen Eigenschaften nahmen großen Raum bei den workshops ein.

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

Den Boden als Organismus kommunizieren war in den meisten Gemeinden und auch bei KollegInnen ein großes Aha Erlebnis. Zum Beispiel war es den meisten nicht bewusst, dass eine Verwirklichung von vernetzten Grüner Infrastrukturmaßnahmen auch Hand in Hand mit einer Beschattung der Oberflächen gehen sollte. Da die meisten Boden-Pflanzen aktiven Mikroorganismen nur bis ca. 30° C gut arbeiten können werden nur dann die Pflanzen mit Nährstoffen versorgt und können diese nur dann die Pflanzengesundheit erhalten helfen. Wenn den Mikroorganismen zu heiß wird ziehen sie sich, wenn möglich, in tiefere Bodenschichten zurück oder sterben ab.

Siedlungsbezogene Oberflächen können bis zu 70° C aufwärmen. Eine Wärmespeicherung kann unterschiedlich tief in den Untergrund reichen. In den workshops wurde viel zu Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität der typischen Materialien wie Asphalt und Beton diskutiert und mit Wärmesensoren gemeinsam Oberflächen gemessen. Dabei hat sich zB. herausgestellt, dass sich heiße trockene (braune) Rasenflächen aufgrund ihrer Porösität

stärker aufheizen als unmittelbar angrenzende helle Betonflächen. Dunkle Asphaltflächen hatten bei diesen workshop Messungen ca. dieselbe Temperatur.

(3) **Eingestrahlte Sonnenenergie** kann durch das Zusammenwirken von Boden-Wasser-Pflanzen-Systemen **in latente Wärme (=Umwandlungswärme/energie von flüssigem zu gasförmigen Wasser)** umgewandelt werden. Prinzipien des soil-plant-atmosphere continuum **SPAC** Konzeptes nützen, um die ausgleichenden standortbezogenen natürlichen Prozesse zu beschreiben und kommunizieren.

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

Das Wissen, wie bewachsene Flächen mit feuchten Böden durch eine Transpiration der Pflanzen und eine Evaporation der Böden kühlen können muss noch gestärkt werden (siehe die Erarbeitung der Broschüre zu „Grüne Infrastruktur".
.https://noe.gv.at/noe/Klima/Publikationen-Klima1.html

Hier erlebten wir in Zusammenhang mit dem gemeinsamen Messen von Oberflächen-temperaturen große Aha- Momente. Der Zusammenhang, dass **mit Pflanzen ein beträchtlicher Teil der eingestrahlten Energie in latente Wärme** umgewandelt werden könnte muss verstärkt kommuniziert werden. Der Unterschied der fühlbaren Wärme in den Baumassen und versiegelten Flächen dazu ist mit seinen Ursachen der „ungepufferten" Einstrahlungsenergie durch das fehlende Boden-Wasser-Pflanzen-System zu erklären. Dass **deshalb diese Umwandlungswärme nicht** verbraucht wird und sich die Baumassen verstärkt aufheizen ist noch auf verschiedenen Ebenen der Verwaltung deutlich zu kommunizieren und für eine Entscheidungsfindung übersektoral zu beachten.
Entscheidend ist dabei auch der Aufbau des oberflächennahen Untergrunds, damit er eine Versickerung und einen kapillaren Aufstieg bei Trockenheit ermöglicht.

(4) **Bodenwasser** wurde als Begriff eigens kommuniziert um darauf aufmerksam zu machen, dass der größte Süßwasseranteil vom Kontinent im Boden gespeichert ist bzw. war, die ebenfalls stark reduzierten Feuchtwiesen und Moore (auf ca. 10 % schlecht erhaltene im letzten Jahrhundert[7]) haben bereits lokale Klimata verändert. In Siedlungsräumen ist das Bodenwasser eine wesentliche Kenngröße zur Beschreibung und Verbesserung der Mikroklimata im vernetzten Boden-Wasser-Pflanzen System.

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

Ebenfalls Aha Momente, da den meisten nicht bewusst ist, dass ein gesunder Boden ca. zur Hälfte mit einem diversen Porenvolumen ausgestattet ist, das dementsprechend pflanzenverfügbares Wasser anbieten und sichern kann. Hier hatte es einen großen Effekt in den workshops in Arbeitsgruppen selbst mit Buntstiften auf Luftbildern eine Versiegelung durch Gebäude, durch versiegelte Flächen, die Ausstattung mit niedriger Vegetation

[7] Lebensministerium, anthropozän

(Rasen) und mit hoher Vegetation zu kennzeichnen und den jeweiligen prozentuellen Anteil im ausgewählten Gebiet abzuschätzen. Anschließend wurde quizzähnlich Regenwasserrückhalt geschätzt, zum Beispiel:

Wieviel Erde kann auf einem offenen Acker durch Regen bei einem Gewitter durchschnittlich abgeschwemmt werden und landet meist in den Bächen und Flüssen?
O 5,3 t/ 1ha O 15,3 t/ 1ha O 25,3 t/ 1ha

Evapotranspiration ist die Wassermenge,
- o die wir im Sommer schwitzen
- o welche durch Verdunstung aus den Pflanzen und dem Boden in die Atmosphäre übergeht?

Welcher Boden wird leichter vom Wind vertragen?
o ein trockener o ein nasser

Welcher Boden heizt sich leichter auf?
o ein trockener o ein nasser

Wieviel Regenwasser bleibt durchschnittlich in einem Siedlungsgebiet zurück?
O 50% O 70% O 10%

(5) Funktionierender Lokaler Wasserhaushalt wurde als die Fähigkeit eines Gebietes, eines Standortes, möglichst viel Regenwasser vor Ort zurückhalten zu können, kommuniziert. Dieses Regenwasser kann in unterschiedlichen Formen (Tau, Nebel) zirkulieren und quasi **den Umsatz vor Ort** erhöhen und somit **als dasselbe Wasser noch einmal pflanzenverfügbar** (wichtig für Wachstum, für CO_2 - Speicherung und die Kühlung durch Beschattung und Verdunstung) sein.

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

In unseren interdisziplinären workshops konnten wir einige konzeptionelle und begriffliche Unterschiede feststellen. Zum Beispiel wird der Begriff Wasserbilanz - Wasserkreislauf in einem Siedlungsgebiet von KulturtechnikerInnen anders verstanden und verwendet als von RaumplanerInnen und LandschaftsplanerInnen. Deshalb haben wir in Zusammenhang mit dem rapid assessment im generellen Kontext eine Einschätzung des Umsatzes des Wassers vor Ort kommuniziert. Hier gibt es sehr unterschiedliche inter- und transdisziplinäre Erkenntnisse und Erfahrungen, die weitere Beobachtungen und Untersuchungen mit deutlich definierten Konzepten und entsprechenden Methoden benötigen. So sollten wir auch über Österreich hinausblicken und die Arbeiten von Kravic 2007, et al; Ripl & Wolter 2001, der Berliner Gruppe um Marco Schmid, Nicole Pfoser und weiterer zur Stärkung siedlungsbezogener Wasserkreisläufe weiter verfolgen.

Um ein generelles Verständnis zum Regenwassermanagement zu stärken konnten wir für Natur im Garten eine Broschüre zu „Regenwassermanagement“ erarbeiten.
https://www.naturimgarten.at/files/content/files/regenwasser.pdf

(6) Blau-grüne Infrastruktur GI ist ein Infrastrukturnetzwerk in Siedlungsraum und Landschaft, das sich aus dem räumlich zusammenhängenden Wirken von Boden, Wasser und Pflanzen zusammensetzt, um die Basis für eine grundlegende Funktion der natürlichen Prozesse zu erhalten bzw. zu schaffen. Nur wenn diese vernetzt gedacht, errichtet und gepflegt werden, können sie die notwendigen regulierenden Ökosystemleistungen ÖSL erbringen. Diese verbindende Infrastruktur ist in Siedlungsräumen mehrräumig (Regenwasserrückhalt unter den Oberflächen mit z.B. strukturierten Erden) und multifunktional – zeitlich und räumlich - zu denken, um seine klimarelevanten Funktionen effektiv erbringen zu können. Durch weltweite und europäische Untersuchungen bzw. Modellierungen zur Effektivität von GI gibt es nun mehr Evidenz:

- über die Reichweiten der Kühlwirkungen,
- dem Rückhalt und der Speicherung von Regenwasser,
- damit es verfügbar ist, wenn es Kühlung durch Verdunstung bewirken soll,
- der Bodenstrukturen für verschiedene Ansprüche und
- der nötigen Beschattung der Oberflächen durch Pflanzen sowie
- des ökologischen Pflegemanagements, um die ÖSL langfristig sichern zu können.

➔ Wie wurde dieser Begriff besprochen und verstanden?

Von unseren ersten workshops bis jetzt haben sich einige zusätzliche Erkenntnisse zu Funktion und Wirkungen von Grüner Infrastruktur verbreitet. So gibt es mittlerweile Evidenz zur Reichweite von kühlenden Interventionen in Straßen- und Platzräumen. Diese sind nicht so weitwie ursprünglich angenommen – können von 50 cm (Begrünungen an Gebäuden) bis zu 50 m, je nach Kontext - (zB. bei Stadtwäldchen) reichen und stützen auch hier die Forderung nach verbundenen multifunktionalen und mehrräumigen Boden-Wasser-Pflanzen-Systemen.
-> kommunizierten die Anlage von GI in Straßen – und Platzräumen als eine Aneinanderreihung von Kühloasen „Perlen“, die in fußläufigen, auch von beeinträchtigten Personen leicht erreichbaren, Abständen einen Aufenthalt in den Freiräumen ermöglichen.
https://noe.gv.at/noe/Klima/Publikationen-Klima1.html

(7) Ökosystemleistungen ÖSL bezeichnen die Leistungen der Natur, die wir Menschen für unser Wohlbefinden und Überleben benötigen.
Ecosystem Assessment MEA (2005) untersuchte 24 Schlüssel – Ökosystemleistungen und kam unter anderem zu dem Schluss, dass durch Veränderungen, Umwandlungen und Bedrängungen von Ökosystemen durch den Menschen die Bereitstellung von ökosystemaren Leistungen für zukünftige Generationen nicht ausreichend gewährleistet werden kann. Ebenso wurde in der Studie eine Grundlage für ein einheitlicheres Begriffsverständnis und eine systematische Klassifikation geschaffen.

Aufbauend auf den Resultaten des MEA wurde von HAINES-YOUNG & POTSCHIN (2011, 2016) für Europa https://cices.eu/ ein Untersuchungsrahmen vorgestellt, in welchem das Zusammenspiel zwischen biophysikalischen Strukturen und Prozessen, Ökosystemfunktionen, den daraus resultierenden Leistungen und dem menschlichen Wohlbefinden als Kaskade dargestellt wird.
CICES Common International Classification of Ecosystem Services – diese wird laufend adaptiert und verbessert- nun gibt es die Version (CICES) V5.1, die für unsere Auswahl der relevanten kulturellen, regulierenden und pflegenden ÖSL bindend war.

Weitere Arbeiten und Studien (MEA 2005; UNEP 2010) bilden die Basis für die EU-Biodiversitätsstrategie, die bis 2020 in Ziel 2 „Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystemen und Ökosystemdienstleistungen" die Maßnahme 5 „Verbesserung der Kenntnisse über Ökosysteme und Ökosystemdienstleistungen in der EU" festgesetzt hat.

Zur Umsetzung dieser Verpflichtung und zur Bündelung vorhandener Arbeiten, wurde die EU-Arbeitsgruppe „Kartierung und Bewertung von Ökosystemen und deren Leistungen" (mapping and assessment of ecosystems and their services, MAES) gegründet und ein Rahmenkonzept für die Erfassung und Bewertung von ÖSL vorgestellt, an dem wir uns orientierten.

➔ Wie wurde dieses Konzept besprochen und verstanden?

Bei der **inter- und vor allem transdisziplinären Vorstellung** des Konzeptes ÖSL wurden als erste Beispiele für Leistungen angegeben wie:

- die Sauerstoffproduktion durch Pflanzen,
- die Kühlung durch Pflanzen – Schätzspiele um wie viel Grad kühler Freiräume mit guter Grünraumausstattung sind,
- die Bestäubung durch Bienen und weiterer Insekten für die Nahrungsmittelproduktion,
- der Regenwasserrückhalt durch Bäume – Ratespiel wie lange man unter einem bestimmten Baum bei Regen trocken bleibt; und ähnliche (je nach mehr städtischem oder mehr ländlichem Kontext) vorgestellt, um einen ersten Austausch zu gemeinsamen Beobachtungen und Beurteilungen zu ermöglichen.

Als Basis zu einem Verständnis von Ökosystemleistungen wurden intakte, „gesunde" Ökosysteme vorgestellt. Je ökologischer ein Siedlungs-ökosystem gepflegt wird und je höher die Biodiversität, desto sicherer verfügbar können Ökosystemleistungen sein, die wir Menschen in Zusammenhang mit Klimaresilienz benötigen.

Dazu bereiteten wir Matrixbeurteilungen auf, die zu Beginn selbst für einen interdisziplinären Diskurs zu komplex und schwer handhabbar waren (siehe Bericht zu Pilotgemeinde Hollabrunn). Zum einen versuchten wir zu viele verschiedene Nutzungen und

Landbedeckungsformen zu beurteilen und zum anderen war der Diskurs für ein Erfassen von ÖSL viel zu breit aufgestellt.

Durch eine gemeinsame Auseinandersetzung mit dem jeweiligen persönlichen Lebensraum/Standort konnten sukzessive weniger ausgewählte ÖSL als Zeiger für eine „Gesundheit" oder Kapazität einer Grünen Infrastruktur vereinbart werden, um miteinander eine Klimawirksamkeit zu erfassen.

Zuletzt wurde miteinander eine Versiegelung durch Gebäude, durch versiegelte Flächen, die Ausstattung mit niedriger Vegetation (Rasen) und mit hoher Vegetation beurteilt. Dazu wurden in einem iterativen Rückmeldungsprozess folgende ÖSL als relevant ausgewählt:

Kulturelle ÖSL- helfen eine jeweilige Freiraumkultur und Naturkontakt zu beschreiben:

- **Mehrfach-Nutzen**, Erholung, Spiel, Arbeiten im Freien, Ernten von Kräutern, Früchten, Gemüse.
- **Erreichbarkeit**, in kurzen fußläufigen Abständen diverse Kühlbereiche auffindbar.
- **Teil von großräumigen Grünverbindungen,** für eine „Gesundheit" der Grünraumausstattung damit Biodiversität und Klimawirksamkeit verbessert werden sollte eine Vernetzung der blau-grünen Boden-Pflanzen-Wasser Systeme angestrebt werden.
- **Kühle blaugrüne, gesundheitliche & sozial-kulturelle Angebote**, die Pandemiezeit zeigt deutlich wie wichtig unmittelbare Angebote in den Freiräumen für Familien- und Arbeitsleben, Sport und Erholung in allen Lebensphasen sind.

Regulierende ÖSL- helfen eine Klimawirksamkeit festzustellen:

- **Pflege lokaler Wasserkreislauf** (zurückhalten, speichern, verdunsten, infiltrieren)
- **Kühlung durch Beschattung** und Verdunstung
- **Bodenstruktur und -pflege** zum Stabilisieren Wasserhaushalt und der Bodengesundheit
- **Abflussbeiwert**- beigebrachte Werte für Dialog
- **Regenwasserspeicherung**- beigebrachte Werte für Dialog
- **Blattspeicherung von Regenwasser**- beigebrachte Werte für Dialog

Beurteilen der Qualität der blau grünen Infrastruktur (entsprechend regulating&maintaining services lt CICES)- helfen festzustellen wie Wassermanagement, Grünraummanagement und andere Sektoren zusammenarbeiten können:

- **Lebenszyklus für Ausstattung mit GI** beachtet, entsprechende Kosten für Entscheidungsfindungen für Anschaffung und Pflege berücksichtigt.
- **klimarelevante, ökologische Pflege** vorgenommen, um die natürlichen Prozesse in ihrer Wirksamkeit zu erhalten

- **Alterungsfähigkeit der Bäume und Pflanzen ist gegeben,** damit sie ihre ÖSL erbringen können
- **Vielfältiger Lebensraum für Mensch, Pflanzen und Tiere** ist geschaffen und erhalten
- **Reduzieren schädlicher Einflussfaktoren** wie Salzstreuung, Einleiten schädlicher Wässer

Als Ergebnis gibt es nun für standortbezogene ÖSL Erhebungen zwei Schnell - Beurteilungen:

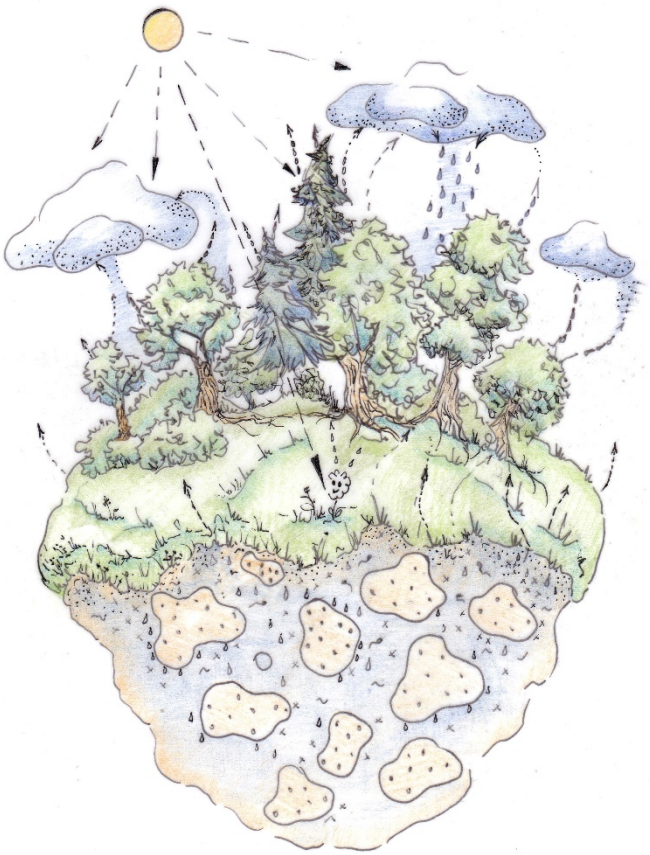
- eine Matrixbeurteilung für Bürgerbeteiligung eines ausgewählten Standortes unter Anleitung durch ExpertInnen – siehe Straßenbeispiel auf Seite 39;

- eine vereinfachte Beurteilung eines Wasserrückhalte- und Kühlungsfaktors eines Standortes für interdisziplinäre Gruppen- wie einer Straße, eines Platzraumes oder einer Wohnbebauung mit Freiräumen, die weitgehend selbständig durchgeführt werden kann = eine eigene Excel Tabelle.

B Zum soil plant atmosphere continuum SPAC Konzept und wie wir es anwandten und kommunizierten

Wir diskutierten, wie unsere **Siedlungsbezogenen Standorte** durch die jeweiligen Einflussfaktoren von:

- **Boden:** siehe Darstellung rechts- das meiste Wasser ist/war im Boden gespeichert, dem
- **solaren Strahlungsklima:** Umwandlung der eintreffenden Sonnenenergie durch Pflanzen -> Kühlung durch Verdunsten des Wassers „verbraucht" Energie, der
- **Wasserversorgung:** meiste Wasser stammte vom lokalen Wasserkreislauf wenig wurde abgeleitet und
- der **Vegetation** (bei uns war größtenteils eine durchgehende geschlossene Walddecke vorhanden) geschaffen und erhalten werden.



Und wie diese natürlichen Prozesse unsere Standorte sichern. *Abb 2 Zusammenwirken natürliche Prozesse Rottenbacher 2020*

Dabei wurde gemeinsam betrachtet, wie diese natürlichen Prozesse in ihrem System massiv beeinträchtigt wurden, durch:

- die Veränderung der Siedlungsmuster und der Oberflächen durch Gebäude, Straßen und Plätze – wie veränderten sich diese in den letzten 20 Jahren (es gibt erst ab diesem Zeitraum einigermaßen vergleichbare Daten) → wo sind **weniger funktional zusammenhängende Boden - Pflanzen - Wasserräume** vorhanden?
    - das rasche sichere Ableiten der Regenwässer → wie wurde **der lokale Wasserkreislauf** („Umsatz" vor Ort) und das **Potential die einstrahlende Wärme** durch Verdunstung durch Pflanzen und Böden und Beschattung durch Pflanzen zu puffern geschwächt?

1 Kommunikation von Regenwassermanagement und Grüne Infrastruktur

Bei den workshops und in den Broschüren zu Regenwassermanagement (www.naturimgarten.at/files/content/files/regenwasser.pdf) und Grüne Infrastruktur (noe.gv.at/noe/Klima/Publikationen-Klima1.html) wurde versucht das Zusammenwirken von Regenwasserrückhalt und Kühlung durch Pflanzen generell zu beschreiben und an konkreten Beispielen zu erklären.

Beim Regenwasser wurden folgende Aspekte angesprochen:

Wie wird das Wasser im umgebenden Landschafts- und Siedlungsraum durch natürliche Maßnahmen verlangsamt und verteilt?

Wie wird es zurückgehalten und gesammelt?

Wie wird es gespeichert?

Wie wird es verdunstet und infiltriert?

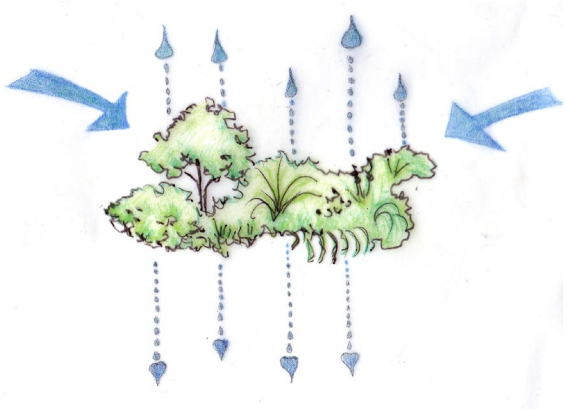


Abb 3-7 Grafiken aus den erarbeiteten Broschüren zum Erläutern natürlichen Regenwassermanagements Rottenbacher 2020

Versiegelungsraten der Gemeindeflächen helfen den Kühlungsbedarf zu bestimmen. Die zwei Ökosystemleistungen ÖSL **Regenwasserrückhalt und Kühlen** durch blau grüne Infrastruktur sind die 2 bezeichnenden Größen, die wir verwendeten um ein Potential zur Stärkung der **Klimaresilienz = Wasserrückhalt + Kühlung** überprüfen und aufzeigen können.

Aus den Erfassungen dieser ÖSL ergeben sich Kombinationen, die auf der Ebene eines gesamten Gemeindegebietes, der Ebene von lokalen Klimazonen in einer Gemeinde und auf einer standortbezogenen Mikroebene mit den 4 Hauptstrukturen aus Landbedeckungs-Daten arbeiten:

- versiegelt durch Gebäude
- versiegelte Freiräume

- hohe Vegetationsbereiche
- niedrige Vegetationsbereiche, wie Rasenflächen.

2 Verletzlichkeit eines Standortes oder Klimaresilienz beurteilen

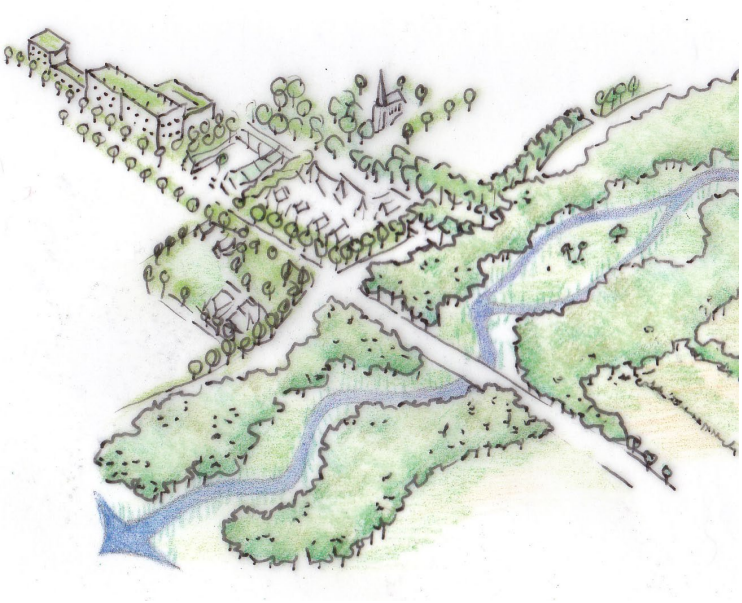
Dazu gibt es international und national noch divergierende Erkenntnisse. Ein **Faktor für natürliches Regenwassermanagement** bzw. zu lokalen Wasserkreisläufen kann aus den laufenden NWRM Untersuchungen abgeleitet werden, die ab einer stärkeren Versiegelung einer Gemeinde in der Höhe > 25 % bereits eine erhöhte Vulnerabilität bezüglich des Wasserkreislaufs feststellen. Im anglosächsischen Raum wie bei den Low Impact Development LID Erkenntnissen, wird bereits ab einer Versiegelung von 10% von einer Degradation eines Einzugsgebietes gesprochen (zum Beispiel LID manual, University of Arkansas Community Design Center und viele andere).

Ein **Verletzlichkeitsfaktor für die Kühlung durch natürliche Prozesse** orientiert sich ebenfalls an einer stärkeren Versiegelung einer Gemeinde in der Höhe > 25 % - hier wird eine erhöhte Vulnerabilität bezüglich einer Aufheizung und Austrocknung angenommen, wir orientieren uns dabei an den Erkenntnissen der World Urban Database and Access Portal Tools WUDAPT – siehe Arbeiten zu „Local Climate Zones, Steward&Oke, http://www.wudapt.org/lcz/2014)

Für Verbesserungsmaßnahmen differenzieren wir:

- Gebäudebezogene Maßnahmen: Wand- und Dachbegrünungen haben im Wesentlichen eine kühlende Wirkung auf das Innenraumklima und können je nach Dachaufbauten einen Regenwasserrückhalt wesentlich verbessern.

- Freiraumbezogene Maßnahmen, Straßenräume, Platzräume, Grünräume, auch hier mit 25% Versiegelung arbeiten und Regenwasserspeicherung und Kühlung unterscheiden. Hier eine Vernetzung der Maßnahmen auch unter den Oberflächen = verbundene Boden-Wasser-Pflanzenräume andenken. Dazu gemeinsam Potentiale für Vernetzungen entlang der Straßen, Bachläufe und anderer linearer Systeme erheben. Bereiche im Gemeindebesitz ermöglichen raschere Handlungsmöglichkeiten als Bereiche in Privatbesitz -> hier mit ausgewählten Initiativen und Förderungen Adaptierungen anregen.



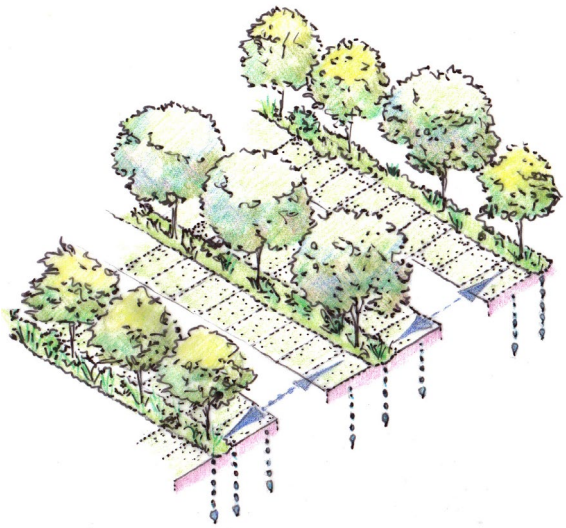
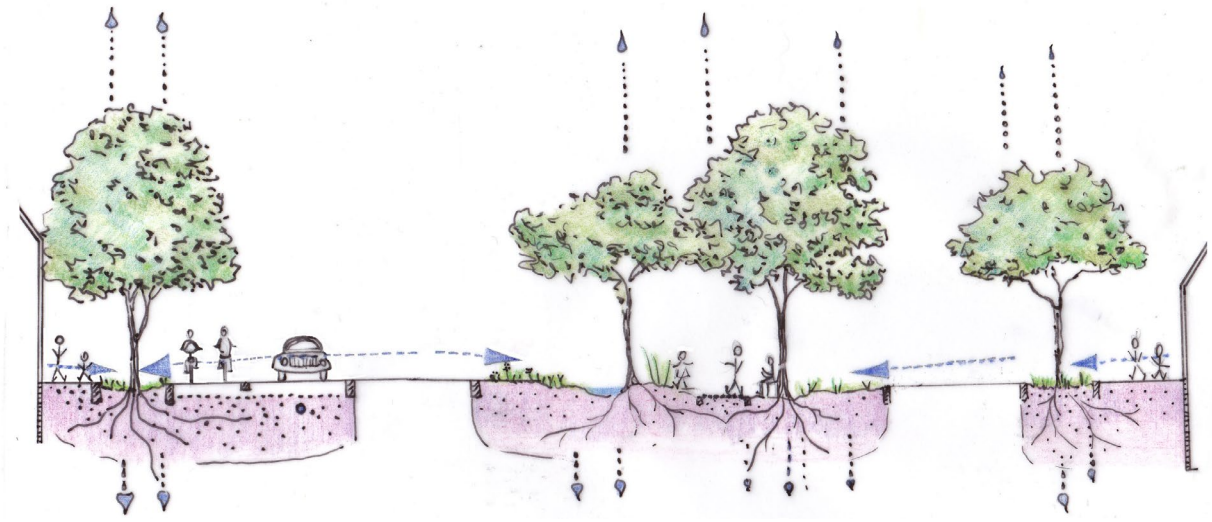
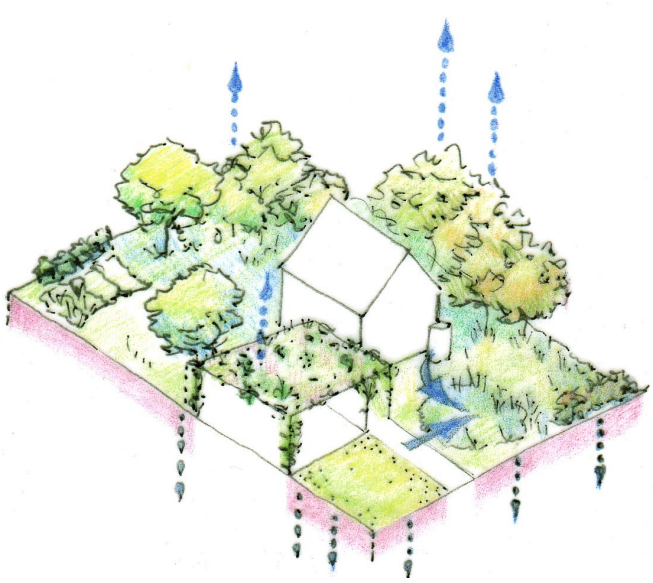


Abb 8 bis 10 (unten) Beispiele aus der Regewassermanagementbroschüre

Kommunizieren eines mehrräumigen und multifunktionalen Ansatzes zur Vernetzung blau grüner Infrastruktur für einen Regenwasserrückhalt, zur Reinigung von Regen- und Straßenwasser mit Phytosanierung sowie dort wo möglich und sinnvoll zur Infiltrierung in das Grundwasser und für eine Versorgung der Pflanzen, damit sie uns auch zu Hitzetagen 50% Schatten spenden können (Orientierung an STEP Wien und EU-Projekten wie GreenSurge). Derselbe Aufbau kann bei den jeweilig zu entwickelnden entsprechenden Nutzungs- und Gestaltungsanforderungen eines Platzes, einer Straße sowie Siedlungsraumes mitgedacht werden.



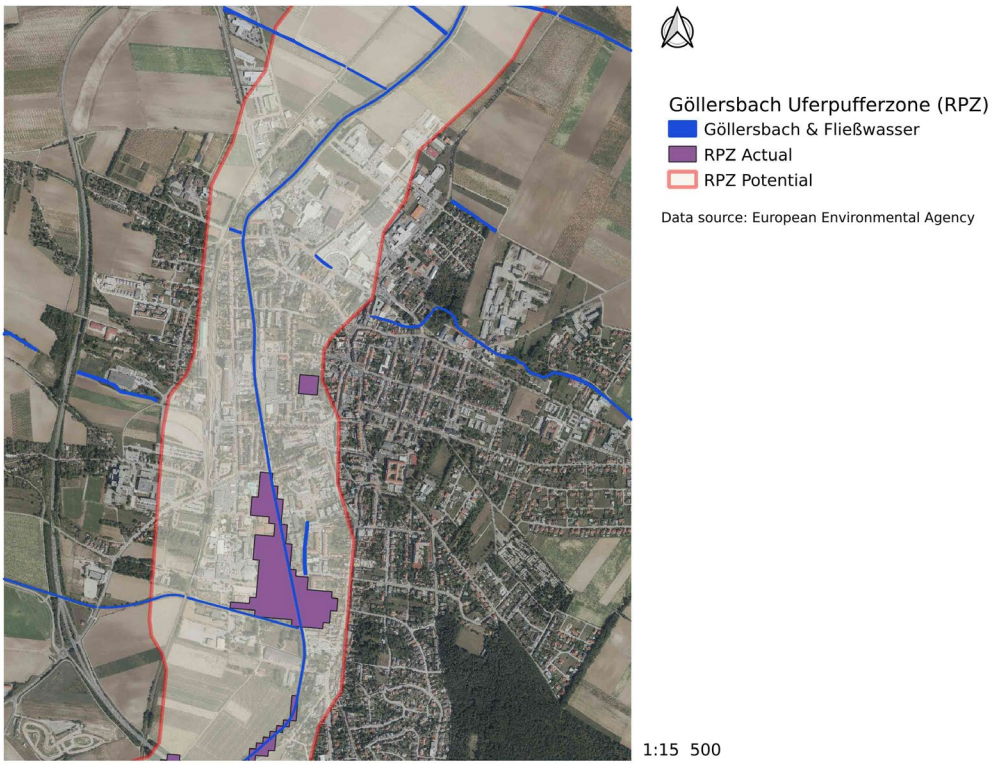


Für Bereiche in Privatbesitz sichern wie:

- bestehende Kühlwirkungen durch vorhandene Ausstattung mit Anreizen erhalten werden können – sind häufig die einzige Grünraumversorgung bei Neuerschließungen,
- Begrünungsmaßnahmen gezielt mit welchen Instrumenten einfordert werden können.

Abb 11 Zur Veranschaulichung des Regenwasserrückhalte- und Versickerungspotentials eines Einfamilienhauses

Exkurs zu internationalen Unterlagen: Folgendes Beispiel zeigt wie breit die Europäische European Environmental Agency EEA eine Uferpufferzone mit den entsprechenden Funktionen und Ökosystemleistungen einer grünen Infrastruktur entlang des Göllersbaches in der Pilotgemeinde Hollabrunn annimmt. Diese Ausweisungen helfen zu analysieren welche natürlichen Prozesse an Gebäuden und in Freiräumen wieder etabliert werden sollten/könnten.



Uferzonen sind Übergangsbereiche zwischen Land- und Süßwasserökosystemen, die sich durch besondere hydrologische, bodenkundliche und biotische Bedingungen auszeichnen und stark vom Bachwasser beeinflusst werden. Sie bieten eine breite Palette von Uferfunktionen wie z. B. chemische Filterung, Hochwasserschutz, Uferstabilisierung, Unterstützung von Wasserlebewesen und wild lebenden Tieren in Uferzonen usw. und kühlende Ökosystemleistungen für Mensch, Pflanz und Tier.

Die Abgrenzung der potenziellen und aktuellen Uferzonen wurde von der EEA durch hydrologische Modellierungen aus verschiedenen Geodaten und Erdbeobachtungsbildern, LC/LU-Klassifizierungen und räumlichen Indikatoren (z. B. NDVI, NDWI) abgeleitet:

- Die potenzielle Uferzone ist nur durch das natürliche Potenzial gekennzeichnet und wird nicht durch die tatsächliche Landnutzung beeinflusst. Das heißt, es beschreibt typischerweise die maximale potenzielle Ausdehnung der Uferzonen ohne anthropogenen Einfluss. Eine potenzielle Uferzone ist ein integraler Bestandteil der Pufferzone für die Bodenbedeckung/Bodennutzung.
- Die aktuelle Uferzone wird durch die tatsächliche Landnutzung eingeschränkt. Sie ist eine Kombination aus der potenziellen Uferzone und der aktuellen tatsächlichen Ausdehnung der Ufermerkmale (z. B. naturnahe Ufervegetation, Bachufer usw.). Sie umfasst das Gebiet, in dem die Wahrscheinlichkeit am größten ist, dass noch verbliebene Uferstrukturen vor Ort zu finden sind.

In Hollabrunn können wir ein breites Gebiet potenzieller Uferzonen entlang des Göllersbachs kartiert sehen. Die Uferzone wurde durch Bebauung und Straßen auf beiden Seiten stark verändert, eingeengt und der Bach zu einem Entwässerungskanal für den Oberflächenabfluss umgestaltet.

Diese Unterlagen helfen nötige Funktionsräume zu identifizieren, um kühlende Räume mit entsprechenden Aufenthalts- und Nutzungsqualitäten zu sichern, Bachaufweitungen mit einer entsprechenden Reetablierung von Uferzonen zu diskutieren und weitere Versiegelungen direkt am Bach zu stoppen.

Der Göllersbach war ein Wildbach, in dem vor der Regulierung in den 70iger Jahren die Kinder plantschen konnten und großzügige Naherholungsangebote vorhanden waren.

Abb 12 und 13 Beispiel aus Hollabrunn und Laa an der Thaya

3 Arbeiten mit positiven Beispielen

Erheben von positiven Beispielen in der jeweilig eigenen Gemeinde oder Besuchen von anderen Gemeinden, auch Strategien von südlichen Ländern mit bereits längerem Kühlungsbedarf, unterstützen einen Erfahrungsaustausch und ein Erweitern der Handlungsspielräume:

Folgende Beispiele wurden bei den workshops und in den Broschüren gezeigt:

Abb 14 bis 18 Einfach ausgestattete Verweil-räume, Kleinstparks entlang von fußläufig angenehmen Grünwegen in Siedlungs-räumen entwickeln. Oben links Pocketpark in Cassis, rechts Weg um Stadtmauer Eggenburg, unten links Adaptierung ehemaliges Flussbett als 12 km Grünverbindung in Valencia, beschatteter Brunnenplatz in Toledo und kleiner grün überdachter Vorplatz vor Eingangsbereich

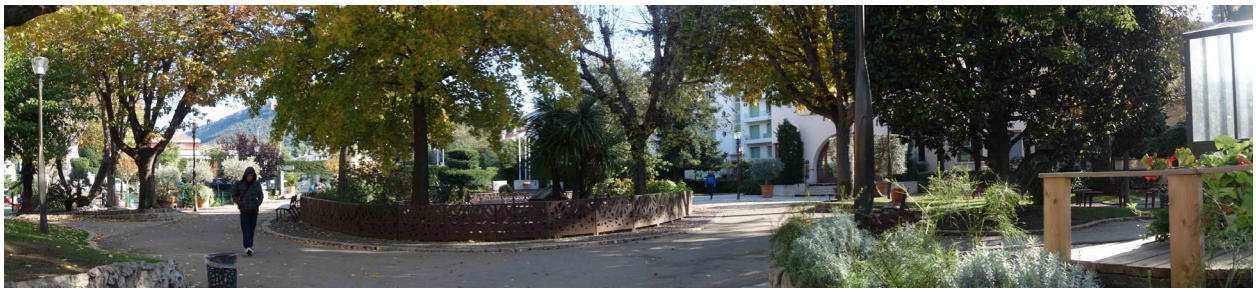


Abb 19 Straßenkreuzungen beschatten und am Menschen ausrichten, Adaptierungsbeispiel aus Cassis

Abb 20 und 21 Temporäre Tümpel werden rasch angenommen, Beispiel links EKZ Hollabrunn- Versickerungswellen und Bachläufe sowie Gräben öffnen- Beispiel Wasserpark Hollabrunn, vielfältig bepflanzen, um vernetzte vielfältige Grünverbindungen für „Mensch, Pflanz und Tier" zu schaffen

Abb 22, 23 und 24 Beschreiben von Aspekten von Fassaden- und Dachbegrünungen: so bindet Fassadenbegrünung Feinstaub, isoliert das Gebäude, verringert die Aufheizung des Gebäudes und eine zusätzliche Abstrahlung in Freiräume. Wenn möglich ist es am besten und kostengünstigsten, Kletterpflanzen direkt in den Boden zu setzen - siehe linkes Bild aus Znaim. Wo das nicht möglich ist, gibt es verschiedene Fassadengebundene Systeme - z.B. wie am mittleren Foto aus Wien. Dachbegrünungen können Regenwasser zurückhalten, isolieren das Gebäude und können einen großen Beitrag zur Verbesserung der Biodiversität leisten, da hier verschiedene Standortbedingungen geschaffen werden können- dieses Foto wurde von der Fma. Fricke zur Verfügung gestellt.

Abb 25, 26, 27 und 28 Einfache Lösungen für Regenwasserzuleitungen finden und Pufferbereiche bei Siedlungs- und Gewerberäumen für vielfältige Grünverbindungen nützen, links, in einer Kellergasse Hollabrunns, offene Regenwasserrinne an der tschechischen Grenze, Regenwasserzuleitung direkt in Grünfläche in Plána, bei Pilsen und Siedlungserweiterung Mistelbach- großer Grünpuffer zur Bahn

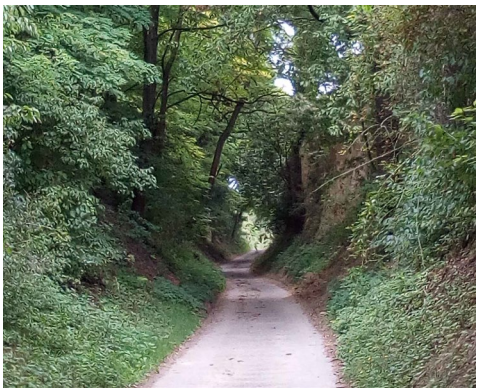
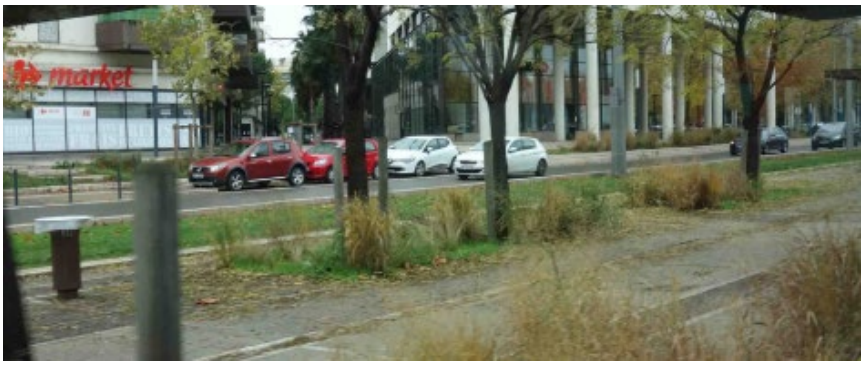


Abb 29, 30 und 31 Kühle Gassen, Hohlwege und Straßenräume verbinden, Beispiele Piran, Etsdorf und Neuaigen/Tulln

Abb 32, 33, 34 und 35 Straßen, Freiräume, Gleisinfrastrukturen und neue Siedlungsräume als Ökosysteme für Mensch, Pflanzen und Tiere verstehen, gestalten und pflegen, obiges Beispiel die Bahnstraße in Hollabrunn,



grüne Gleisanlagen durch Montpellier,

Regenwasserzuleitung in Hollabrunn

Regenwasserzuleitung und biodiverse Grünverbindung in Mistelbach

C Schnellbeurteilungen rapid resilience assessment

1 Schnellbeurteilungen auf Gemeindeebene

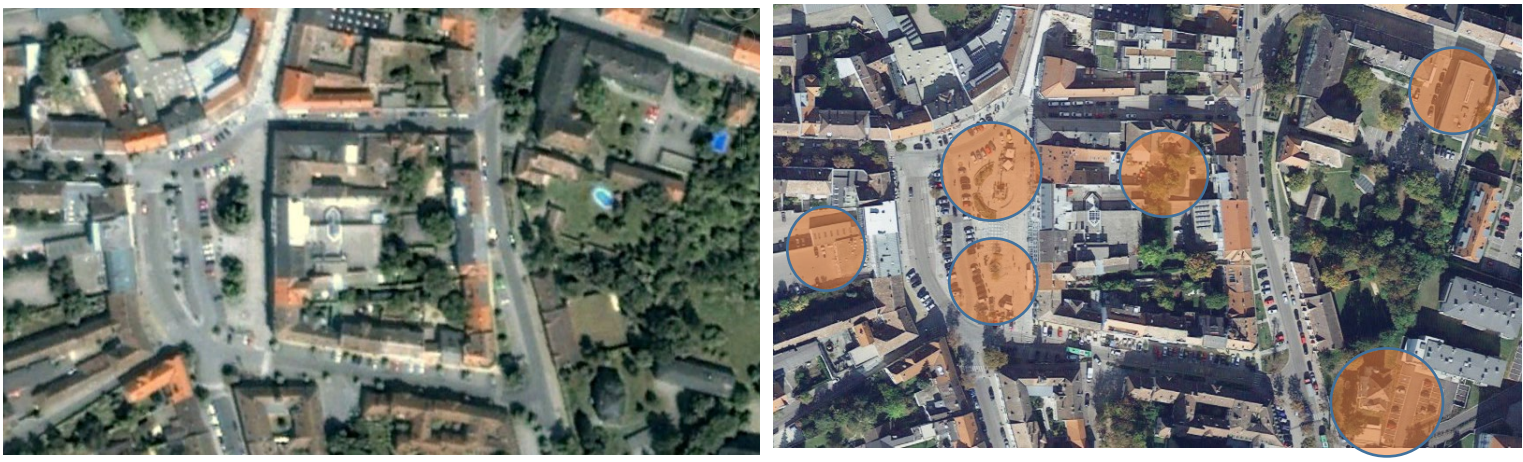
Je nach Gemeindegröße und –ausstattung gibt es einen unterschiedlichen Spielraum Daten zu erfassen und zu bearbeiten. Eine einfache Möglichkeit besteht darin Transformationsmuster in der Landbedeckung sowie der Versiegelung festzustellen und Orthofotos über verschiedene Zeiträume zu vergleichen - wo z.B. nicht versiegelte Bereiche durch versiegelte Oberflächen ersetzt wurden. Die kostenlose GoogleEarth-Software verfügt über ein Zeitreihen-Tool, das mittlerweile aufeinanderfolgende Orthophoto-Perioden bis teilweise 2000 zurück anzeigt. Bzw. können aus dem NÖ Atlas Orthofotos von verschiedenen Zeiten entnommen werden. Der Anteil von versiegelten Bereichen kann mit Referenzwerten aus dem Pilotprojekt Hollabrunn verbunden werden, um eine erste Orientierung zu erlangen bzw. können mit eigenen Wärmebildaufnahmen markante Bereiche zu heißen Zeiten -> hier geht es um die Feststellung von der Häufigkeit von Extremwerten und nicht von Durchschnittswerten, überprüft werden.

In einer Gemeinde kann relativ einfach identifiziert werden, wo sich die meisten versiegelten Bereiche befinden, die Hitzeinseleffekte hervorbringen bzw. wo die am besten kühlenden Bereiche, in welcher gebietstypischen charakteristischen Ausprägung, in der Pilotgemeinde z.B. in den Kellergassen und beim Wasserpark, zu finden sind. Bei den Workshops entstand auch der Ansatz gemeinsam die versiegelten Bereiche und diejenigen mit einer Vegetationsausstattung mit Buntstiften zu kennzeichnen. Die gemeinsame Tätigkeit ermöglicht einen guten Austausch, ein erstes Einschätzen des Versiegelungsgrades, ein „Aha“ Erlebnis und das Teilen von Beobachtungen auf dieser neuen Ebene.

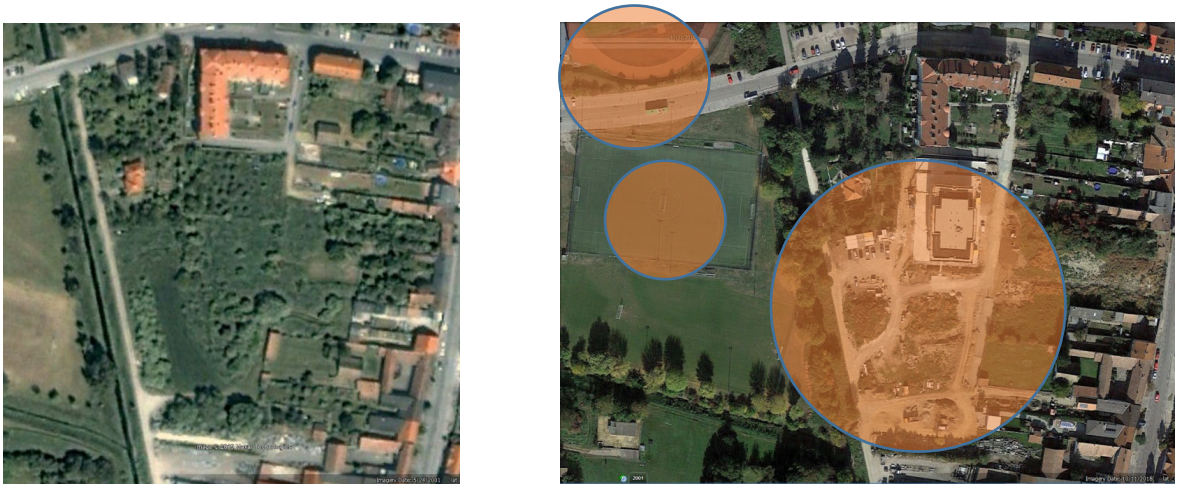
Abb 36 Beispiel einer mit Buntstift gefärbten kleinen Gemeinde

➔ Schritt Zeitreihen zu Bereichen mit starken Entwicklungen erstellen

Betriebsflächenaufnahmen im Norden Hollabrunns vom 24.5.2001 und 11.10.2018



Hauptplatz, Innenverdichtung und Ortszentren vom 24.5.2001 und 11.10.20184



Freizeitflächen bzw. Siedlungsbauten links 24.5.2001 und rechts 11.10.2018

➔ Schritt Hitzeinseln in der Umgebung einer Gemeinde identifizieren

Mit Satellitenaufnahmen gezielt das Kühlungspotential durch blaugrüne Infrastruktur des umgebenden Landschaftsraumes analysieren. Dies mit morphologischen Überlegungen, Windrichtungen, Regenwasserrückhalt und Hauptbewirtschaftungsformen verbinden.

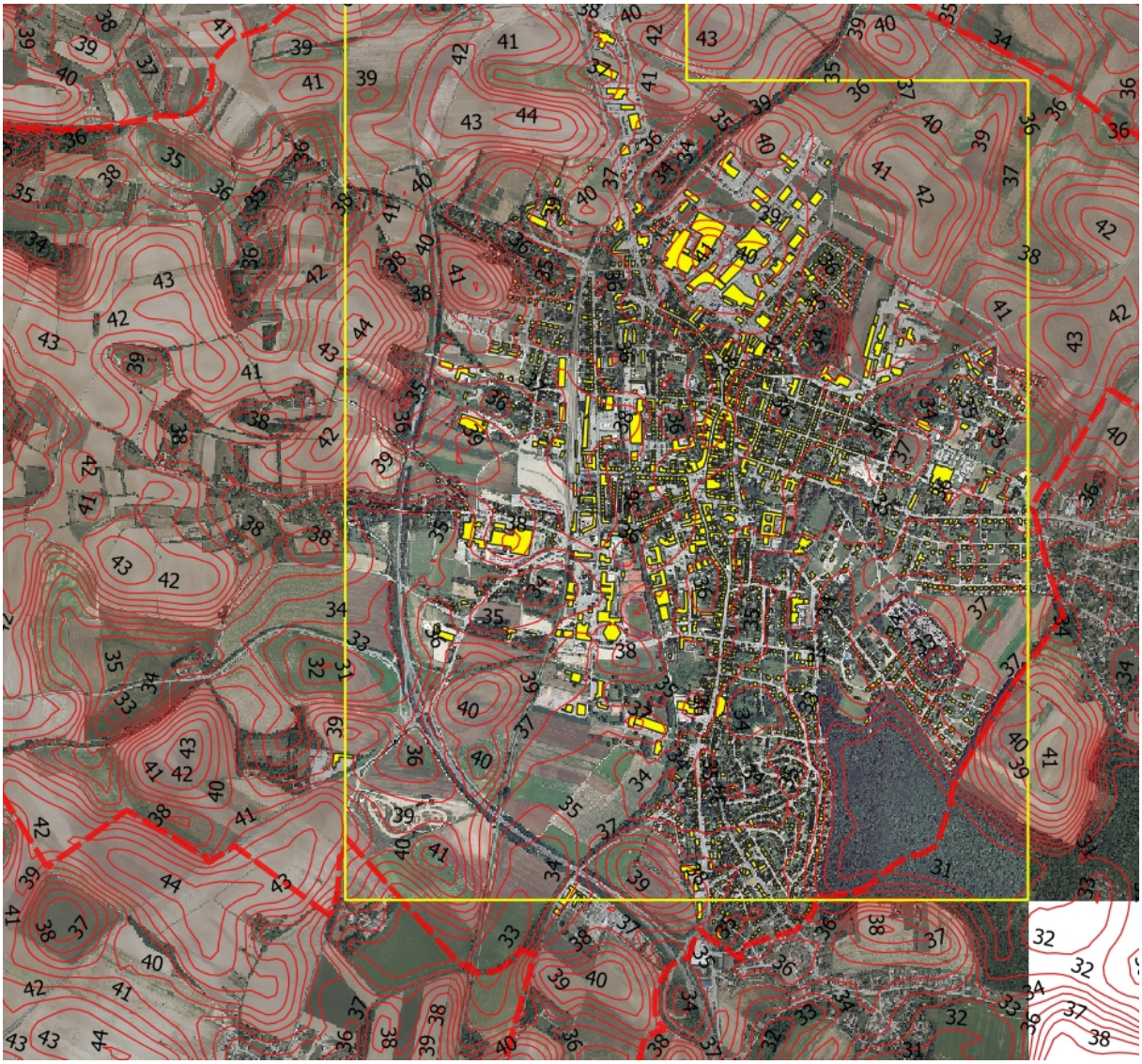


Abb.37 Beispiel für Temperaturisolinien in Hollabrunn, überlagert mit den Versiegelungen durch Gebäude und der Freiraumoberflächen vom August 2018, Ausarbeitung Cassidy

Die Aufnahmen stammen vom 19. August 2018 von 9:45 Uhr morgens und zeigen die Isolinien der Oberflächentemperatur. Wie aus dieser Darstellung ersichtlich ist, sind die kühlsten Bereiche im Nordwesten von Hollabrunn in der Kellergasse mit 35°C, dann im Westen in der 2. Kellergasse, die an den Schulbereich anschließt. Der kühlste Bereich ist der Hollabrunner Wald mit 31 °C, hier ist eine Temperaturdifferenz in das Gartenstadtviertel von 3 bis 4 °C festzustellen. Die heißesten Bereiche sind nicht nur die Einkaufszentren im Norden der Stadt,

sondern auch die abgeernteten landwirtschaftlichen Flächen, die zu diesem Zeitpunkt ungenügend Begrünung aufweisen, um den Boden beschatten und durch Verdunstung kühlen zu können. Von diesen Bereichen ist derzeit deshalb wenig bis keine Kühlung in den heißen Sommermonaten zu erwarten.

➔ Hitzeinseln in der Gemeinde ermitteln

um die dringendsten „hotspots" zu identifizieren und Maßnahmen zur Kühlung einleiten zu können. Neben Einkaufs- und Ortszentren insbesondere Verortungen mit Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser, Altenheimen, Wohnbauten (homeoffice) – den vulnerablen Gruppen – abstimmen, um raschen Handlungsbedarf erkennen und Prioritäten setzen zu können.

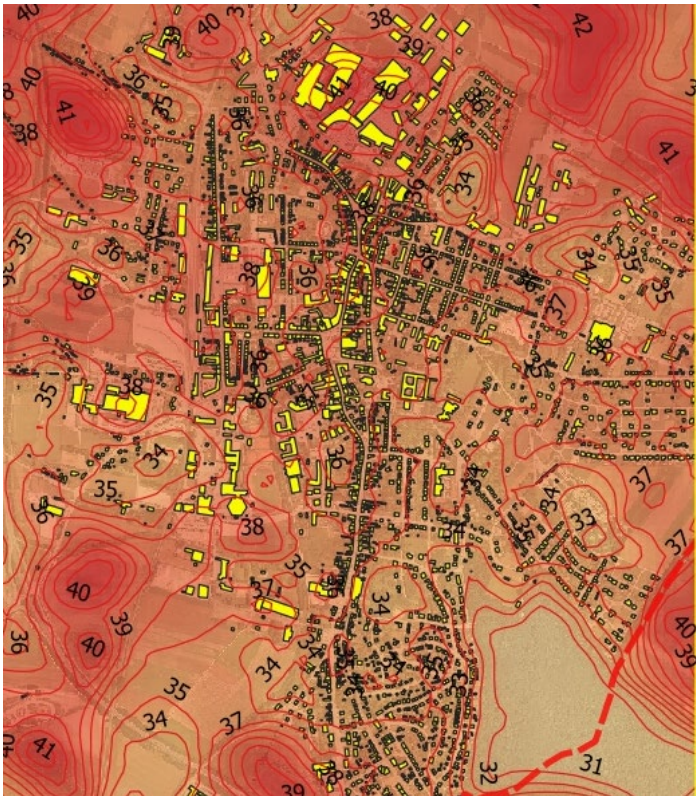


Abb.38+39 Beispiele für innerörtliche Hitzespots, links in Verbindung mit Versiegelungen, rechts mit der vorhandenen Vegetationsausstattung verglichen, um eine erste Schätzung des Kühlungspotentials vorzunehmen, Cassidy

Da die Wärmespotentwicklungen ebenfalls in der Nacht ausgeprägt sind und eine fehlende nächtliche Entlastung (Abkühlung) sich negativ auf das Wohlbefinden und die Gesundheit auswirkt, spielen hier eine nächtliche Bildung von Kaltluft in den Straßen- und Platzräumen eine entscheidende Rolle, auch um eine passive Kühlung der Innenräume der Wohngebäude sichern zu können.

➔ Vegetation bzw. Landbedeckung in der Gemeinde ermitteln

Abb.40 zu den Bereichen, die mit Gebäuden und deren Freiräume versiegelt sind jeweils hohe und niedrige Vegetation, wie Rasenflächen erfassen.

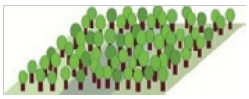
Identifizieren der schlecht mit zusammenhängenden Boden-Wasser-Pflanzensystemen versorgten Bereiche für eine Sicherung der Ökosystemfunktionen, um die notwendigen Ökosystemleistungen für eine Klimaresilienz zu sichern und für Naturkontakt im Alltag mit einer guten Erreichbarkeit und Zugänglichkeit für alle sorgen.

Bei den Überlegungen auch berücksichtigen wie grünläufige Verbindungen, Spazier-, Lauf- bzw. Radrouten verlaufen, Spiel-, Sportplätze und Erholungsräume mit durchgehend regelmäßig als Kühlbereiche sowie speziellen grünbezogenen, gesundheitlichen und sozial-kulturellen Angeboten ausformbar sind.

2 Schnellbeurteilungen von Lokalen Klimazonen

Klimatische Bedingungen eines Siedlungsraumes lassen sich zunehmend weniger den klassischen Klimazonen der Erde zuordnen als mehr den lokalen siedlungsklimatischen Ausprägungen, die durch eine jeweilige Bebauungsstruktur, den Oberflächenmaterialien, den Freiraummustern und dem Anteil von Grün- und Wasserflächen geprägt sind. Die topographische Lage, das vorhandene Wasser, die Geländeformen und konkreten Landnutzungen sowie Vegetationsbedeckungen prägen die Bildung von erhöhten Oberflächen- und Lufttemperaturen in Bodennähe.

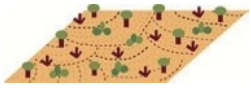
Meteorologen und Geographen entwickelten und adaptieren laufend Arbeiten zur Identifizierung von lokalen Klimazonen (Local Climate Zones, Steward&Oke, http://www.wudapt.org/lcz/2014), die unterschiedliche Bebauungsstrukturen und verschiedene Landbedeckungsstrukturen analysieren. Wenn man sich nun über ein Stadtgebiet einen ersten groben Eindruck verschaffen möchte, kann man zuerst ermitteln, welcher lokalen Klimazone dieser Stadtteil bzw. Standort zuzuordnen ist, folgende Beispiele können in unseren Siedlungsräumen gefunden werden:

Bebauungstypen	**Definition**	**Landbedeckungstypen**	**Definition**
2. Kompakte mittelhohe Anlage	Dichte Hochhäuser mit 3-9 Stockwerken, Wenig oder keine Bäume vorwiegend versiegelte Wege und Plätze. Stein, Ziegel und Beton als verwendete Materialien.	A. Dichte Bäume 	Waldreiche Landschaft mit Laub- und / oder immergrünen Bäumen. Landbedeckung meist durchlässig (niedrige Pflanzen). Zonenfunktion ist natürlicher Wald, Baumkultivierung oder Stadtpark.
3. Kompakte niedrige Siedlungsräume	Dichte niedrige Häuser (1–3 Stockwerke). Wenig oder keine Bäume vorwiegend versiegelte Wege und Plätze. Stein, Ziegel und Beton als verwendete Materialien.	B. Verteilte Bäume	Leicht bewaldete Landschaft mit Laub- und / oder immergrünen Bäumen. Landbedeckung meist durchlässig (niedrige Pflanzen). Zonenfunktion ist natürlicher Wald, Baumkultivierung oder Stadtpark.

4. Offene Hochhausanlage

Offene Organisation von Hochhäusern mit 10 und mehr Stockwerken. Fülle an durchlässiger Landbedeckung. (niedere Pflanzen und verstreute Bäume). Beton, Stahl, Stein, Glas als verwendete Materialien.

C. Gebüsch und Mehrjährige



Offene Anordnung von Büschen, Sträuchern und kurzen, waldigen Bäumen. Landbedeckung meist durchlässig (nackter Boden oder Sand). Zonenfunktion ist natürliches Buschland oder Landwirtschaft.

5. Offene mittelhohe Anlage

Offene Organisation von Häusern (3–9 Stockwerke). Fülle an durchlässiger Landbedeckung (niedere Pflanzen und verstreute Bäume). Beton, Stahl, Stein, Glas als verwendete Materialien.

D. Niedere Pflanzen, Gras

Unstrukturierte Landschaft mit Gras oder krautigen Pflanzen / oder Getreide. Wenige oder keine Bäume. Die Zonenfunktion ist Naturrasen, Landwirtschaft oder Stadtpark.

6. Offene niedrige Anlagen

Offene Organisation von Häusern (1-3 Stockwerke). Fülle an durchlässiger Landbedeckung. (niedere Pflanzen und verstreute Bäume). Holz, Ziegel, Stein, Fliessen und Beton als verwendete Materialien.

E. Nackter Fels oder gepflastert

Unstrukturierte Landschaft mit Felsen oder gepflasterten Abdeckungungen. Wenige oder keine Bäume oder Pflanzen. Zonenfunktion ist natürlicher Wüsten- (Fels-) oder Stadtverkehr.

F. Nackte Erde oder Sand

Unstrukturierte Landschaft mit offenem Bodens oder Sand. Wenige oder keine Bäume oder Pflanzen. Zonenfunktion ist natürliche Wüste oder Landwirtschaft.

8. Große niedrige Bebauung

Offene Organisation von großen niedrigen Gebäuden, EKZ, Betriebsgebiete (1–3 Stockwerke). Wenig oder keine Bäume. Landbedeckung hauptsächlich ver-siegelt. Stahl, Beton, Metall und Stein als verwendete Materialien.

9. Dünn besiedelt/bebaut

Dünne Organisation von kleinen und mittelgroßen Gebäuden in natürlicher Umgebung. Fülle an durchlässiger Landbedeckung.

G. Wasser

Große, offene Gewässer wie Meere

	(niedere Pflanzen und verstreute Bäume).	und Seen oder kleine Körper wie Flüsse, Reservoirs, und Lagunen.
10. Industriegebiete	Niedere und mittelhohe industrielle Strukturen (Türme, Tanks, Hallen). Wenig oder keine Bäume. Landbedeckung hauptsächlich ver-siegelt. Stahl, Beton, Metall und Stein als verwendete Materialien.	**VARIABLE LAND BEDECKUNGSEIGENSCHAFTEN** Variable oder kurzlebige Landbedeckungseigenschaften, die sich mit synoptischen Wettermustern, landwirtschaftlichen Praktiken und / oder saisonalen Zyklen erheblich ändern.

Diese Vorlage lässt Anteile von Bebauungsstrukturen und Landbedeckungsstrukturen vergleichen und so erste Aussagen zu stadtteilbezogenen mikroklimatischen Situationen finden.

Folgende Abgrenzung der Stadträume in Hollabrunn zeigt den Hauptanteil von Bebauungsstrukturen und den dazu jeweils zugeordneten Versiegelungen. Wieviel jeweils versiegelt ist zeigt die anschließende Tabelle. Die erfassten Flächen mit niedriger Vegetation – unbewässerte Rasenflächen – bedeuten ebenfalls ein erhöhtes Aufwärmrisiko. Gerade in den trockenen heißen Sommermonaten wird es zunehmend wichtig, diese so hoch als möglich zu halten (Schatten), dort wo möglich mit Staudenbeeten zu ersetzen und zu bewässern.

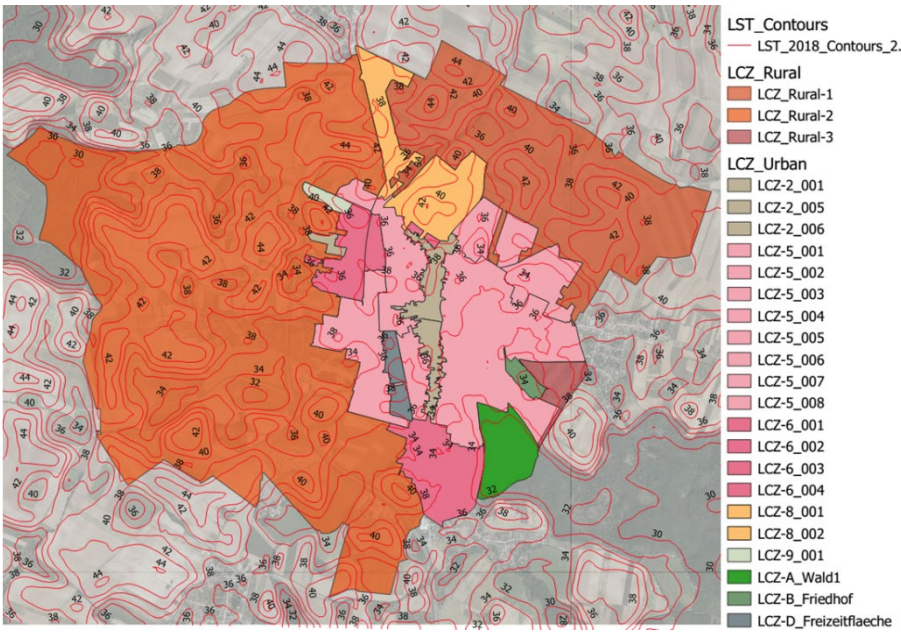


Abb.41 Überlagerung von Temperaturlinien und den abgrenzbaren Lokalen Klimazonen (Cassidy 2020)

In den lokalen Klimazonen wird der Anteil an Versiegelung und der Vegetationsbedeckung ermittelt. In folgender Tabelle können die vulnerablen Bereiche, in Abstimmung mit den Gebietsgrößen, identifiziert werden:

Lokale Klimazonen LCZ	Größe (m2)	% Gebäude	% Versiegelte Bereiche	% niedrige Vegetation Gras	% hohe Vegetation, Bäume	
LCZ-2_001	27.684,7	7,4%	66,8%	20,6%	5,2%	100,0%
LCZ-2_002	94.841,6	39,6%	39,1%	10,5%	10,8%	100,0%
LCZ-2_003	138.276,1	45,5%	34,4%	14,8%	5,4%	100,0%
LCZ-5_001	46.293,3	12,1%	23,0%	46,4%	18,5%	100,0%
LCZ-5_002	1.094.559,2	15,6%	26,4%	45,5%	12,5%	100,0%
LCZ-5_003	122.818,8	13,5%	17,9%	24,2%	44,4%	100,0%
LCZ-5_004	212.366,0	8,4%	27,3%	30,2%	34,1%	100,0%
LCZ-5_005	274.646,2	18,4%	23,9%	26,1%	31,7%	100,0%
LCZ-5_006	122.632,8	18,3%	35,0%	25,4%	21,3%	100,0%
LCZ-5_007	94.291,2	12,7%	49,4%	27,3%	10,6%	100,0%
LCZ-5_008	3.955.070,2	17,9%	51,5%	20,9%	9,7%	100,0%
LCZ-6_001	207.857,0	14,1%	24,2%	30,8%	30,9%	100,0%
LCZ-6_002	59.032,4	21,2%	31,6%	23,9%	23,3%	100,0%
LCZ-6_003	15.415,9	8,8%	13,7%	38,1%	39,4%	100,0%
LCZ-6_004	399.021,8	16,0%	25,2%	28,4%	30,3%	100,0%
LCZ-8_001	341.354,8	22,7%	49,3%	18,4%	9,7%	100,0%
LCZ-8_002	231.530,3	8,4%	64,5%	21,4%	5,7%	100,0%
LCZ-9_001	43.656,2	8,3%	9,3%	31,3%	51,1%	100,0%
LCZ-A_Wald1	263.717,3	0,1%	0,2%	6,1%	93,6%	100,0%
LCZ-B_Friedhof	55.109,1	1,3%	30,4%	30,1%	38,2%	100,0%
LCZ-D_Freizeitflaeche	98.240,6	2,4%	24,9%	35,4%	37,3%	100,0%

3 Schnellbeurteilungen auf Mikroebene

Die identifizierten markanten Bereiche aus den Erstbeurteilungen können nun genauer untersucht werden. Folgendes Erhebungsblatt zeigt nun die Berechnungsergebnisse für eine Lokale Klimazone- hier entlang eines Straßenraums. Bei der gemeinsamen Beurteilung können die Berechnungen hinterfragt und mit den jeweiligen Erkenntnissen von anderen Disziplinen und lokalen ExpertInnen abgestimmt werden.

Dazu werden die relevanten - können je nach Fragestellung ergänzt und adaptiert werden - Ökosystemleistungen gelistet, die eine Vulnerabilität und das Potential eine Klimaresilienz durch natürliche Prozesse zu verbessern beurteilen helfen.

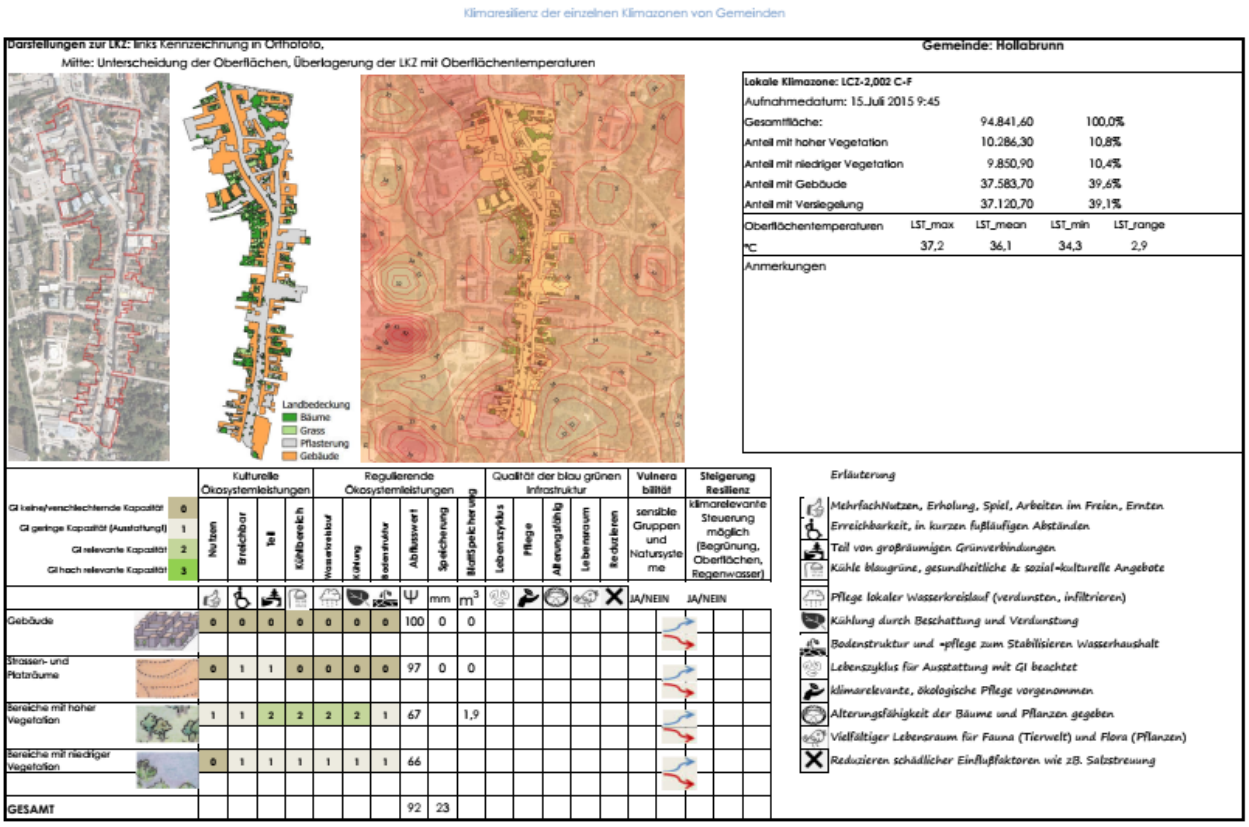


Abb.42 a Beispiel für Erhebungsblatt einer lokalen Klimazone (Vergrößerungen siehe nächste Seite)

Eine Vor-Ort-Bewertung auf dieser Ebene kann feststellen helfen wie bestehende Siedlungsbereiche adaptiert werden können aber auch wie eine beabsichtigte siedlungsräumliche Entwicklung die klimabezogenen Bedingungen am Standort verbessern oder verschlechtern können.

Bei der Schnellbewertung eines bestimmten Standorts, hier eines Straßenraums mit kleinsten verbesserbaren Platzräumen (pocket parks) wird die Rolle einer vernetzten grünen Infrastrukturplanung in Bestand und bei Neuplanungen als Beitrag zur Verbesserung der lokalen Klimazone mitgedacht. Diese Orientierungshilfe bietet die Möglichkeit festzustellen, welche Maßnahmen sind an Gebäuden nachträglich und vorsorglich möglich, um Regenwasser zurückzuhalten – wie kann dies gefördert und unterstützt werden? Gibt es hier öffentliche Gebäude, wie Schulen, Kindergärten und Verwaltungsgebäude -> welche Handlungsspielräume haben wir hier? Welche Handlungsspielräume und Anreize können wir für private Gebäude entwickeln?

In den Freiräumen ist zu klären wo es wie möglich ist Regenwasser zu zuleiten und zurückzuhalten und verbundene Boden-Wasser-Pflanzensysteme zu schaffen und in einem adaptiven Grünraummanagement zu pflegen. Und dies mit den jeweiligen Alltags-organisationen und Anforderungen an die Räume abstimmen.

		Kulturelle Ökosystemleistungen				Regulierende Ökosystemleistungen						Qualität der blau grünen Infrastruktur					Vulnerabilität	Steigerung Resilienz			
GI keine/verschlechternde Kapazität 0 GI geringe Kapazität (Ausstattung!) 1 GI relevante Kapazität 2 GI hoch relevante Kapazität 3		Nutzen	Erreichbar	Teil	Kühlbereich	Wasserkreislauf	Kühlung	Bodenstruktur	Abflusswert	Speicherung	Blattspeicherung	Lebenszyklus	Pflege	Alterungsfähig	Lebensraum	Reduzieren	sensible Gruppen und Natursysteme	klimarelevante Steuerung möglich (Begrünung, Oberflächen, Regenwasser)			
									Ψ	mm	m^3						JA/NEIN	JA/NEIN			
Gebäude		0	0	0	0	0	0	0	100	0	0										
Strassen- und Platzräume		0	1	1	0	0	0	0	97	0	0										
Bereiche mit hoher Vegetation		1	1	2	2	2	2	1	67		1,9										
Bereiche mit niedriger Vegetation		0	1	1	1	1	1	1	66												
GESAMT									92	23											

Abb.42 b + c Vergrößerungen des Beispiels für das Erhebungsblatt einer lokalen Klimazone- hier mit einem besonderen Augenmerk auf das gemeinsame Erfassen von zusätzlichen Merkmalen und Kriterien für Raumqualitäten, wie ausgewählte kulturelle Ökosystemleistungen und bezüglich der Qualität der Ausstattung und Pflege, um eine nachhaltige Sicherung der regulierenden Ökosystemleistungen gewährleisten zu können

Eine gemeinsame Erfassung bzw. Einschätzung eines Wasserrückhalte-WRF und Kühlungsfaktors KF von ausgewählter Straßen- und Platzräume inkl. der angrenzenden Bebauung kann mit beigelegter Excel Tabelle **quantitative** Ergebnisse ermitteln helfen. Dazu wurde am Beispiel einer Wohnbauanlage am Göllersbach in Hollabrunn ein Beurteilungstool entwickelt, das nun für weitere Testläufe zur Verfügung steht. **Bitte direkt Excel Tabelle verwenden! Im Folgenden werden Ausschnitte der Tabelle beispielhaft abgebildet.**

Abb.43 Ausschnitt zu den Erläuterungen in der Excell Tabelle zum Einschätzen des WR-KF Faktors

Bestimmen der jeweiligen Wasserrückhaltefaktoren in der Excell Tabelle- Ausschnitt:

(A) Wasserrückhaltungsfaktor (WRF) – Erhebungsbogen für Standort		
GI Funktionseinheit	Wert	Beschreibung
Gesamtstandortfläche		Gesamtfläche des Geländes, einschließlich aller GI-Funktionseinheiten und der
Offene permanente Wasserfläche, die Regenwasser aufnehmen kann	0,5	Permanente Wasserfläche, die mit Regenwasser des Standortes gespei Rinne mit Betonboden mit begrünten Ufern oder um eine andere Wass Wasseroberfläche selbst berücksichtigt.
An Wasserflächen angrenzende natürliche Uferkanten		Oben berücksichtigte Wasserflächen können ebenfalls zu dieser Kateg eine ebenerdige Verbindung zu einer natürlichen Substrat- und Randzo und Teich mit Grünrand. Der zu berücksichtigende Bereich ist die Breit
Baumkronendach	0,5	Vegetationsüberdachung wie Hecken, Büsche und mehrstämmige Bäur maximale Fläche, die der Tropfzone von (Baumkrone) m2/Baum entspr Regenwasser in den Baumkronen.
Mehrjährige Uferstauden und andere krautige Bodendecker	0,3	Gilt nicht für Rasenanlagen.
Angrenzende Grünflächen	0,2	Angrenzende Grünflächen, wie zum Beispiel große Wiesenbereiche > 7
Begrünte Oberflächen, die mit Boden verbunden sind		Vegetation hat Kontakt mit dem Boden/Gestein darunter. Potential für Fauna und Regenwasser kann ins Grundwasser infiltriert werden. Der B Felsvorsprünge und Klippen.
Blätterdach der oberen Vegetation	0,5	Vegetationsüberdachung wie Hecken, Büsche und mehrstämmige Bäur maximale Fläche, die der Tropfzone von (Baumkrone) m2/Baum entspr Regenwasser in den Baumkronen.
Mehrjährige Stauden und andere krautige Bodendecker	0,3	Gilt nicht für Rasenanlagen.
Grünflächen	0,1	Grünflächen, wie zum Beispiel Rasenflächen oder Wiesenbereiche.
Baumgraben'-Systeme mit Kunst- oder Konstruktionsböden	0,5	Strukturböden in Baumgrabensystemen sind Strukturen zum Schutz der Baum Luftstress) und einem entsprechenden Verlust von damit verbundenen Ökosy
Baumkronendach	0,5	Vegetationsüberdachung wie Hecken, Büsche und mehrstämmige Bäur maximale Fläche, die der Tropfzone von (Baumkrone) m2/Baum entspr Regenwasser in den Baumkronen.
Unterwuchs: mehrjährige Stauden und andere krautige Bodendecker	0,3	Gilt nicht für Rasenanlagen.
Unterwuchs: teilweise durchlässige Oberflächen wie Kies, Schotter und verstärkte Grasoberflächen	0,3	Harte Oberflächen mit Durchlässigkeit, die für eine Infiltration sorgen. Schotter bewehrte Rasenflächen.
„Rain Garden" oder gleichwertige Biorückhaltesysteme		Vegetationsflächen, die keine Baumgrabensysteme sind und als Regenl Versickerungsmulden dienen; die Regenwasser sammeln, verteilen und Bioretention und Phytoakkumulation. Dies gilt nicht für die oben gezäh

Bestimmen der jeweiligen Kühlungsfaktoren in der Excell Tabelle- Ausschnitt:

(B) Kühlungsfaktor (KF) – Erhebungsbogen		
GI Funktionseinheit	Wert	Beschreibung
Gesamtfläche, einschließlich aller GI-Funktionseinheiten und der Gebäudegrundrisse.		
Offene permanente Wasserfläche, die Regenwasser aufnehmen kann	0,5	Die Tiefe (thermisches Regime) und potentielle Verdu
An Wasserflächen angrenzende natürliche Uferkanten		
Vorhandene große Uferbäume > 10 m	1	Baumkronen für bestehende große > 10 m Bäume. Fa
Vorhandene Uferbäume, die voraussichtlich über > 10 m wachsen werden	0,8	Vorhandene Bäume wie Waldbäume, Laub- und Parkb Kastanie, Kiefer und viele mehr. Es wird vorausgesetzt hat (mindestens 100 cm Tiefe). Faktor: 25 m2/Baum (
Vorhandene Uferbäume, die klein bis mittelgroß werden, 5 - 10 m	0,6	Vorhandene Bäume wie Zier- und Obstbäume, z.B. Äp für beschnittene Bäume. Es wird vorausgesetzt, dass (mindestens 60 cm). Faktor: 16 m2/Baum (x 0,6).
Neu gepflanzte Uferbäume mit voraussichtlich > 10 m	0,7	Bäume, die über 10 m hoch werden können. Arten: sie genügend Substrat zum Wachsen hat (mind. 100 cm).
Neu gepflanzte Uferbäume, die voraussichtlich 5 - 10 m groß werden	0,5	Bäume, die 5- 10 m hoch werden können. Arten: siehe genügend Substrat zum Wachsen hat (mind. 100 cm).
Begrünte Oberflächen in Verbindung mit Erde oder Gestein		
Vorhandene große Bäume > 10 m	1	Baumkronen für bestehende große > 10 m Bäume. Fa
Vorhandene Bäume, die voraussichtlich über > 10 m wachsen werden	0,8	Vorhandene Bäume wie Waldbäume, Laub- und Parkb Kastanie, Kiefer und viele mehr. Es wird vorausgesetzt hat (mindestens 100 cm Tiefe). Faktor: 25 m2/Baum (
Vorhandene Bäume, die klein bis mittelgroß werden, 5 - 10 m	0,6	Vorhandene Bäume wie Zier- und Obstbäume, z.B. Äp für beschnittene Bäume. Es wird vorausgesetzt, dass (mindestens 60 cm). Faktor: 16 m2/Baum (x 0,6).
Neu gepflanzte Bäume mit voraussichtlich > 10 m	0,7	Bäume, die über 10 m hoch werden können. Arten: sie genügend Substrat zum Wachsen hat (mind. 100 cm).
Neu gepflanzte Bäume, die voraussichtlich 5 - 10 m groß werden	0,5	Bäume, die 5- 10 m hoch werden können. Arten: siehe genügend Substrat zum Wachsen hat (mind. 100 cm).
Baumgraben' mit Strukturierten Substraten		
Baumgraben bei bestehenden Großbäumen > 10 m	1	Baumkronen für bestehende große > 10 m Bäume. Fa
Baumgraben mit Bestandsbäumen, die voraussichtlich über > 10 m wachsen werden	0,8	Vorhandene Bäume wie Waldbäume, Laub- und Parkb Kastanie, Kiefer und viele mehr. Es wird vorausgesetzt hat (mindestens 100 cm Tiefe). Faktor: 25 m2/Baum (
Baumgraben mit Bestandsbäumen, die voraussichtlich klein bis mittelgroß werden, 5 - 10 m	0,6	Vorhandene Bäume wie Zier- und Obstbäume, z.B. Äp für beschnittene Bäume. Es wird vorausgesetzt, dass (mindestens 60 cm). Faktor: 16 m2/Baum (x 0,6).

Bestimmen von möglichen zusätzlichen Faktoren zur Einschätzung von Alterungsfähigkeit, Effektivität & Effizienz findet man ebenfalls in der Tabelle:

Zusät+A1:D20zliche Faktoren zur Einschätzung von Alterungsfähigkeit, Effektivität & Effizienz		
FAKTOR	Wert (max.)	Beschreibung
Regenwassernutzung und Grauwasserverwendung für die GI-Bewässerung		
Bewässerung aus Regenwassersammelsystemen und -speicherungen	0,05	Funktionseinheiten und landschaftlich gestaltete Zierflächen Bewässerungsbedarfs durch die Nutzung von gesammelt
Bewässerung mit aufbereitetem Grauwasser aus Quellen mit relativ geringem Risiko	0,05	Funktionseinheiten und landschaftlich gestaltete Zierflächen Bewässerungsbedarfs durch die Verwendung von aufbere Lebensmittelproduktion)
Dürretoleranz oder Wassersparen	0,02	Urban Gardening mit trockenheitstoleranten und/oder e
Konnektivität		
Anschluss an bestehende blau-grüne Infrastruktur	0,05	Wenn blau-grüne Elemente mit vorhandenen Strukt sind. Zum Beispiel eine Bachöffnung, eine Anbindung Entwässerung, die Erweiterung einer Allee oder eine freier Bewegung dazwischen. Dies führt zu einer allg
Flächenausgleich		
Auswirkungen auf der zu beurteilenden Fläche ausgeglichen	0,05	Beschreibung:
Auswirkungen auf der zu beurteilenden Fläche nicht ausgeglichen	-0,5	Beschreibung:
Kontaminierung		
Verwendung von Streusalz:		Jede infrastrukturelle Funktionseinheit für grüne Infrastru Ökosystemleistung müssen vor Streusalzbelastung gesch die Funktionstüchtigkeit von Infrastruktureinheiten inge
Schutz der Anlagen, des Grundwassers und der Kläranlage vor den Wirkungen des Streusalzes	0,05	Beschreibung:
Kein Schutz der Anlagen, des Grundwassers und der Kläranlage	-0,1	Beschreibung:
Zusätzliche Ökosystemleistungen		
Lebensmittelproduktion	0,02	Urban Gardening zur Nahrungsmittelproduktion, in Komb
Einheimische Bepflanzung	0,03	Einrichten und Pflegen von Flächen mit wertvollen Pf und Kulturlandschaft sind. Signifikanter Wert für Bio
Gesamt: Zusätzliche Faktoren		

D Hitzewellen-Simulation: Kühlung (Beschattung) im Risikofall, Beispiel Alpenland Hollabrunn

Die mikroklimatischen Bedingungen sind ein grundlegender Indikator für die Bewertung der Bewohnbarkeit und Vitalität von Freiräumen und der Gebäude selbst, so dass schlecht durchdachte Gebäude- und Freiraumgrundrisse zu thermalen Unbehagen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können (Jiang et al. 2020). Vor allem für ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder, Schwangere und sozial Schwache stellen extreme Hitzewellen eine große gesundheitliche Belastung dar. Eine problematische Auswirkung der Überhitzung ist auch der wachsende Energiebedarf, der für die Kühlung und Belüftung von Gebäuden entsteht.

In der Online-Werbung für geplante Wohnbauvorhaben in Hollabrunn wird häufig auf die weinbauliche Kulturlandschaft als angenehmes, attraktives und prägendes Kultur- und Naturgut hingewiesen.

Szenariomodellierung beim Wohnbau der Gemeinnützigen Bau-, Wohn- und Siedlungsgenossenschaft Alpenland, Ferry Sehergasse 4 – 10 in Hollabrunn

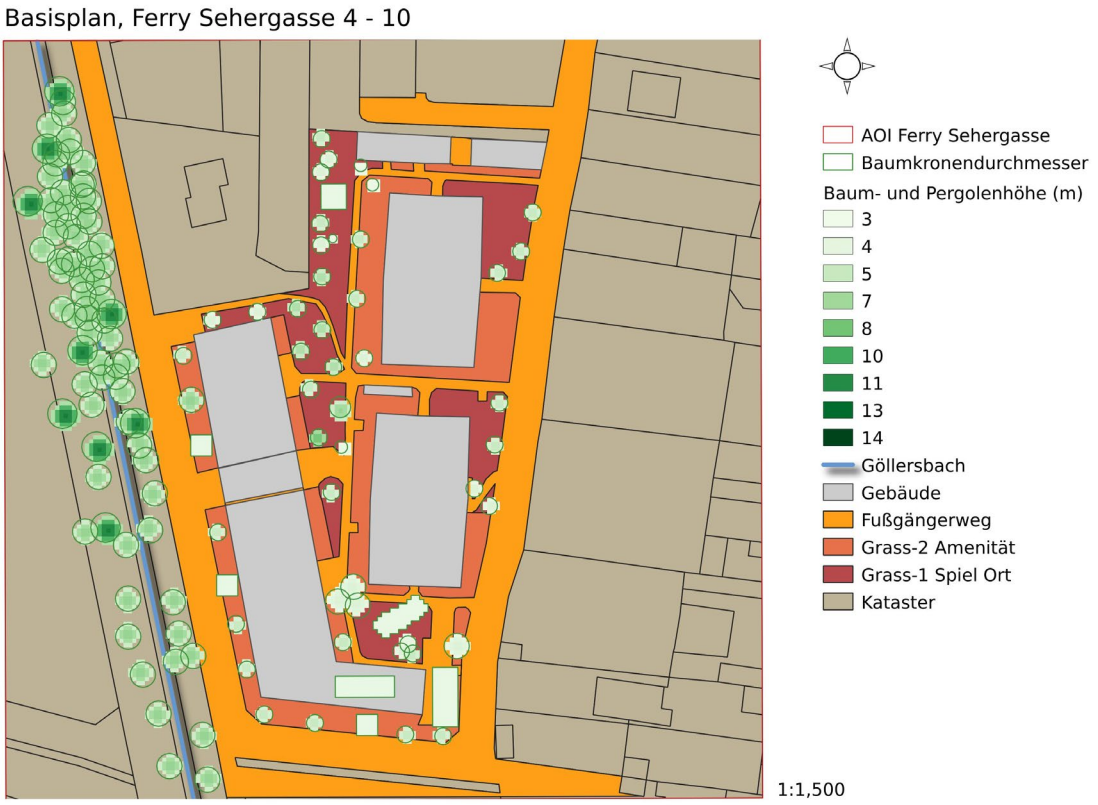
Auf der Website der Stadtgemeinde sind mehrere neue und geplante Wohnbauanlagen in Hollabrunn aufgelistet. Im Allgemeinen stellt die Stadtgemeinde Grundstücke zur Verfügung bzw. verkauft diese an ausgewählte Bauträger, die entsprechend der Vorgaben der Gemeinde die Bebauung der Grundstücksflächen und Bewohnerdichte entwickelt.

Wir kartierten die Adressen der Wohnanlagen, um festzustellen wo und in welchen lokalen Klimazonen die Wohngebäude errichtet werden und wählten die Anlage in der Ferry Seher Gasse, um hier zu überprüfen, wie das Potenzial, eine neue Wohnhausanlage an einer Bachpromenade zu entwickeln, genutzt wurde.

Hollabrunn und auch die angrenzenden Regionen wie Retz und Laa an der Thaya waren bereits von Hitzewellen betroffen (siehe EU heat and drought Index). Da wir wissen wollten, wie sich die Baustelle in der Ferry Sehergasse **unter historisch signifikanten Hitzewellenbedingungen verhalten würde, wählten wir eine 11-tägige Hitzewellenperiode aus dem Jahr 2015 für die Simulation.** Insbesondere die Auswirkungen auf die mittlere Strahlungstemperatur (Tmrt), den universellen thermischen Komfortindex (UTCI) und die potenzielle Abschwächung durch grüne Infrastruktur vor Ort.

Ziel war, ein verständliches und zugleich komplexes Arbeitsblatt zur Schnellbewertung von Wasserrückhaltungs- und Kühlungsfaktoren auf kleinmaßstäblicher Ebene zu entwickeln.

Wir trafen uns mit dem Ansprechpartner Ing. Peter Bader von Alpenland vor Ort, um unsere Ansätze zum Thema Wohnen und Klimaanpassung zu besprechen, unser Beurteilungsraster vorzustellen und uns mit dem Kontext der Siedlung vertraut zu machen. Die vorgeschlagenen Gebäude und die dazugehörigen Flächen der Ferry Sehergasse:



Simulations-Szenarien

Für den Standort Ferry Sehergasse wurden drei Szenarien zur Bestandsplanung entwickelt:

Bestand - Auswirkung der vorgeschlagenen Bodenbedeckung von Gras und Befestigung,

- Ausgleich mit Bäumen zur Beschattung (Sz-1),
- Ausgleich mit Pergolen und Bäumen mit kleinen bis mittleren Überschirmungsflächen zur Beschattung (Sz-2),
- Ausgleich mit Pergolen und Bäumen mit vergleichsweise größeren, dichteren Überschirmungsflächen zur Beschattung (Sz-3).

Ziel war die unterschiedlichen hitzebedingten Auswirkungen dieser Szenarien zu untersuchen und zu vergleichen. Die Untersuchung sollte darüber Aufschluss geben, was wie bei einer schnellen Vor-Ort-Beurteilung der mikroklimatischen Situation berücksichtigt werden sollte.

Die Ausgleichsszenarien orientierten sich nicht daran optimale und ästhetisch interessante Entwurfslösungen für die NutzerInnengruppen zu entwickeln. Sie wurden vielmehr entwickelt, um vergleichbare Vorteile der Beschattung als Kühlfaktor in Bezug auf die

beabsichtigte Bepflanzung zu untersuchen, insbesondere die Rolle der relevanten Baumkronenprojektionsbereiche.

Dazu wurde eine Reihe von **Points of Interest POI** festgelegt, von denen Diagramme ermittelt werden konnten, um die Beziehung zwischen Baumhöhe, Baumkronenprojektions-flächen, Beschattung und verschiedene weitere klimatische Variable von Interesse zu untersuchen. Insbesondere die mittlere Strahlungstemperatur (Tmrt), die Oberflächen-temperatur, die thermische Belastung des Menschen (UTCI) und der thermische Komfort (PET) sollten untersucht werden.

Diese **thermischen Indizes** stellen eine äquivalente Temperaturskala dar. Das heißt, die thermische Wirkung der vorherrschenden meteorologischen Bedingungen wird mit Hilfe eines Wärmeübertragungsmodells mit einer standardisierten Referenzumgebung in Innenräumen mit einer festen relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % und ruhiger Luft verglichen, wobei Tmrt gleich der Lufttemperatur (Tair) ist.

Thermal perception	Indices				
	UTCI	WBGT	SET	PMV	PET
Very cold[1] (Extreme cold stress[1,2])	< -40			-3	<4
(very strong cold stress[2])	-40 to -27				
Cold[1] (Strong cold stress[1,2])	-27 to -13			-2.5	4-8
Cool[1,3] (Moderate cold stress[1,2]/ Moderate Hazard[3])	-13 to 0		<17	-1.5	8-13
Slightly cool[1] (Slight cold stress[1,2])	0 to +9			-0.5	13-18
Comfortable[1,3] (No thermal stress[1,2]/ No Danger[3,4])	+9 to +26	<18	17-30	0	18-23
Slightly warm[1] (Slight heat stress[1])				0.5	23-29
Warm[1, 3,4] (Moderate heat stress[1,2]/ Caution[3,4])	+26 to +32	18-23	30-34	1.5	29-35
Hot[1, 3,4] (Strong heat stress[1,2]/ Extreme caution[3,4])	+32 to +38	23-28	34-37	2.5	35-41
(very strong heat stress[2])	+38 to +46				
Very hot[1, 3,4] (Extreme heat stress[1,2]/ Danger[3,4])	> +46	28-30	>37	3	>41
Sweltering[4] (extreme danger[4])		≥30			

[1] PET and PMV [2]UTCI [3]SET [4] WBGT

Abb.44 Vergleich verschiedener Indices zur Wärmewahrnehmung, aus: Comparing Universal Thermal Climate Index (2018)

Die **physiologisch äquivalente Temperatur (PET)** ist ein empirisches Modell des menschlichen Wärmeempfindens über die Hauttemperatur und die Bluttemperatur, die von den meteorologischen Bedingungen in der lokalen Klimazone, der internen Wärmeproduktion der Person, der Schweißrate, der persönlichen Kleidung und der menschlichen Aktivität im Freien beeinflusst wird. Zum Vergleich der thermischen Bedingungen im Freien haben wir eine standardisierte Person verwendet, die männlich, 35 Jahre alt, 1,75 m groß, 75 kg schwer, mit einem Bekleidungsfaktor von 0,9, einer internen Wärmeproduktion von 135 W m-2 (entspricht einer Gehgeschwindigkeit von 4 km h-1) und einer sitzenden Körperposition ausgestattet ist. Der PET-Index klassifiziert verschiedene Grade des Wärmeempfindens. PET-Werte zwischen 18-23 werden als angenehm eingestuft, bei Werten zwischen 35-41 gilt die Wahrnehmung als heiß oder als starker Hitzestress; bei Werten

über 41 ist die thermische Wahrnehmung sehr heiß, auf einem gefährlichen Niveau von extremem Hitzestress.

Der **Universelle Thermische Klima-Index (UTCI)** ist ein Maß für die thermische Belastung. Er ist das Ergebnis einer multidisziplinären Arbeit in den Bereichen thermische Physiologie, Medizin, Meteorologie, Modellierung und Softwareentwicklung. Er kombiniert ein Modell des thermischen Komforts mit einem Bekleidungs-/Stoffwechselmodell und ist eine äquivalente Temperatur (siehe z. B. den Windchill-Faktor). Der UTCI wurde erfolgreich als Index für die Erfassung der bioklimatischen Variabilität innerhalb Europas sowie in probabilistischen Vorhersagen auf globaler Ebene für die internationale Warnung vor Gesundheitsrisiken und die Katastrophenvorsorge getestet. Der UTCI geht von einer internen Wärmeproduktion von 135 W m-2 (entspricht einer Gehgeschwindigkeit von 4 km h-1) und einer sich selbst an die Umweltbedingungen anpassenden Isolierung der Kleidung aus.

Berechnung der mittleren Strahlungstemperatur und der Indizes für die thermische Belastung des Menschen

Die mittlere Strahlungstemperatur (Tmrt) ist einer der wichtigsten Parameter, die den thermischen Komfort im Freien beeinflussen. Tmrt ist ein Maß für die durchschnittliche Temperatur der Oberflächen, die einen bestimmten Punkt umgeben und mit denen er Wärmestrahlung austauscht. Wenn der Punkt nach außen hin exponiert ist, kann dies die Temperatur des Himmels und die Sonneneinstrahlung einschließen. (Quelle: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Mean_radiant_temperature).

Alle Körper tauschen mit ihrer Umgebung Wärmestrahlung aus, abhängig von der Differenz ihrer Oberflächentemperaturen und ihres Emissionsgrades. Dieser Strahlungsaustausch ist eine wichtige Komponente des thermischen Komforts, den eine Person empfindet, insbesondere an Orten, an denen es erhebliche Unterschiede zwischen Strahlungs- und Lufttemperaturen geben kann, z. B. in der Nähe einer großen, nach Süden ausgerichteten Wand. Weitere Faktoren, die die thermische Behaglichkeit beeinflussen, sind: Umweltfaktoren wie Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit und Gleichmäßigkeit der Bedingungen sowie persönliche Faktoren wie Kleidung, Stoffwechselwärme, Akklimatisierung, Gesundheitszustand, Erwartungen und sogar beim Essen und Trinken.

Die Berechnung von Tmrt basiert auf der Bestimmung der Strahlungsprofile der umgebenden Oberflächen und des sichtbaren Teils des Himmels. Daher müssen die Temperaturen aller umgebenden Flächen bekannt sein. Auch die Körperhaltung des Fußgängers muss bekannt sein (d. h. stehend oder sitzend), da der wahrgenommene Tmrt mit der Position und Ausrichtung des Körpers variiert. Das Absorptionsvermögen und der

Emissionsgrad der menschlichen Außenflächen (z. B. die Art der Kleidung) haben einen Einfluss und müssen definiert werden.

Zur Berechnung der PET- und UTCI-Indizes wird die mittlere Strahlungstemperatur für den menschlichen Körper von einem stehenden oder sitzenden "Point of Interest" aus den folgenden Strahlungskomponenten abgeleitet, wie oben dargestellt:

-> die direkte, diffuse und reflektierte kurzwellige Strahlung,

-> der Atmosphäre der bebauten und natürlichen Umgebung (Boden, Bäume und umgebende Flächen) und

-> der langwelligen Strahlung.

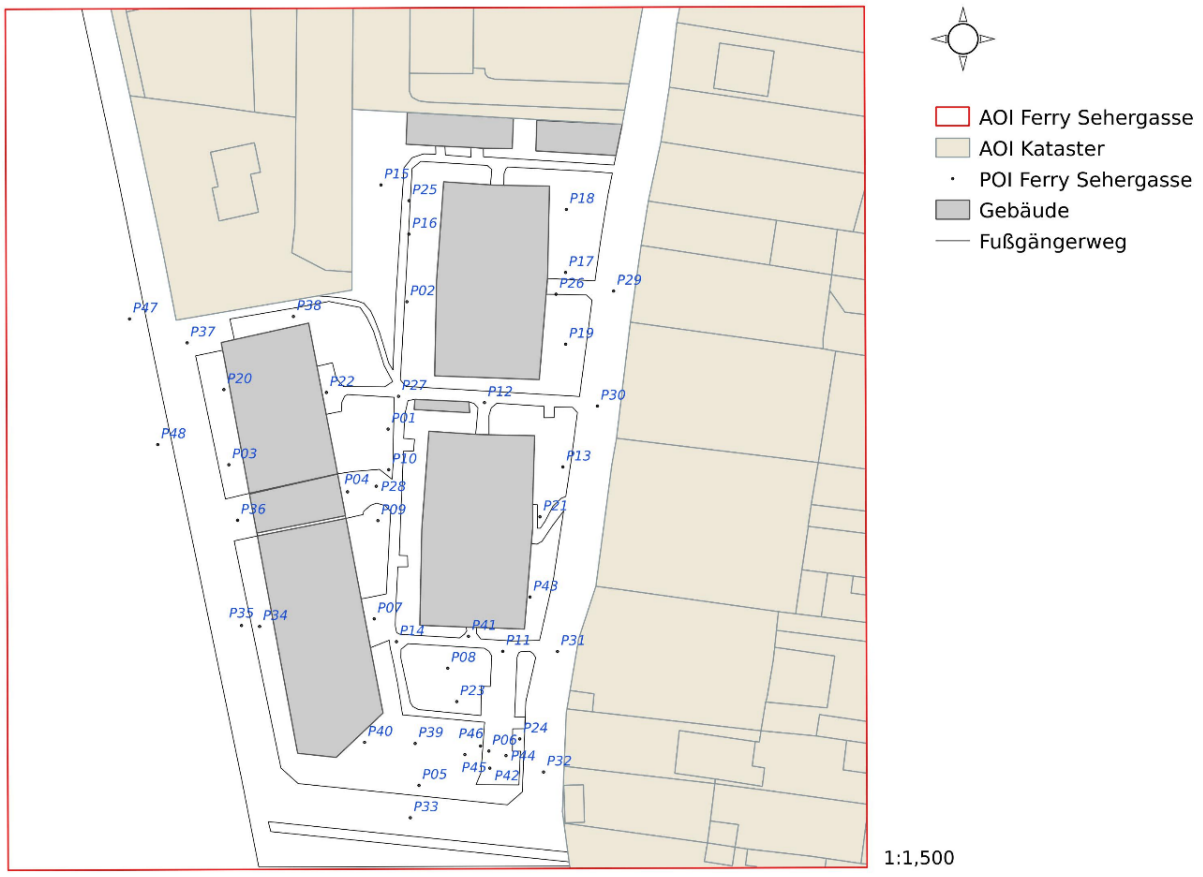
Die Bedeutung der solaren und terrestrischen Strahlungsflüsse hängt von den zeitlichen und örtlichen Bedingungen ab. Während der Nacht besteht der Strahlungsaustausch nur aus langwelligen Komponenten. Dagegen spielt die kurzwellige Strahlung nur in den Sonnenstunden eine Rolle.

Um den Bewertungsbericht auf eine vernünftige Länge zu beschränken wurden 48 ausgewählten Punkte von Interesse (POI) für die Darstellung der PET-Werte auf der Grundlage der Kartierungsergebnisse als Paare ausgewählt, die die Lage der Punkte mit maximalen Tmrt (d. h. Auswirkungen auf PET, UTCI-Wärmestressindizes) vergleichbar machen.

So werden die POI Paare gewählt:

- **P01--P10:** beim Spielplatz
- **P39--P40:** beim Flachdach und Pergola
- **P42--P44:** bei der Freifläche und Pergola an der Straßenfront der Ferry Sehergasse 10

POI Ferry Sehergasse (Alpenland)



aus Broschüre „Wohnbau Alpenland“

Ergebnisse: **Karten - Mittlere Strahlungstemperatur - für Szenarios 1,2 und 3**

In der folgenden Kartenserie haben wir die **mittlere Strahlungstemperatur für zwei Tage der elftägigen Hitzewelle simuliert: 06. und 07. August 2015**. Ziel ist es, die Lage der thermischen Hotspots **anhand der Karte mit dem maximalen Tmrt-Wert aus Szenario 1 zu ermitteln** und dann die Auswirkungen der Abschwächung anhand der Projektionsfläche der Baumkronen zu beobachten (Szenarien 2 und 3).

Bei der Simulation haben wir festgestellt, dass der Tmrt-Spitzenwert um 11:00 Uhr erreicht wird, daher wird der maximale Tmrt-Wert zu diesem Zeitpunkt angezeigt. Der maximale Tmrt-Wert wird auch für die Mittagszeit um 12:00 Uhr angegeben, wenn die Beschattung durch die Bäume am geringsten ist.

01. Tmrt Maximum zeigt, wo in der vorgeschlagenen Bebauung und Freiraumgestaltung die Hauptprobleme liegen = „hotspots“ und welche Bereiche zur Abmilderung des Hitzereignisses vorrangig beachtet werden sollten: Spielplatz (P01, P10); Pergola auf dem Dach, (P39, P40) und die Freifläche an der Straße (P42, P44).

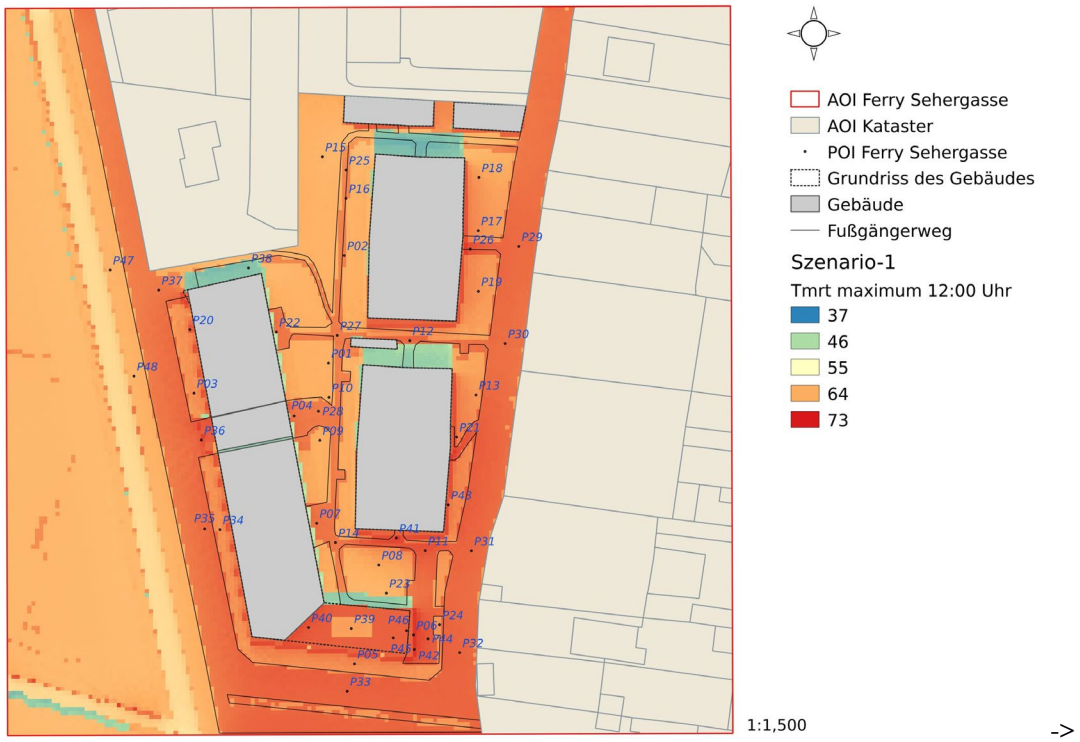
Die Tmrt-Maximalkarten ohne Konturen bieten einen schnellen visuellen Überblick über die Lage der thermischen Hotspots (dunklerer Rotton). Diese sind häufig mit befestigten Flächen verbunden, insbesondere mit angrenzenden Gebäudefassaden. Die Tmrt-1-m-Konturenkarten geben einen schnellen Überblick über die numerischen Werte (°C), die sowohl mit der Bodenbedeckung als auch mit den gepaarten Punkten von Interesse (z. B. P01, P10 und P42, P44) verbunden sind. Die Dächer der Gebäude sind in den Karten nicht enthalten, sondern nur die alltäglich nutzbaren Freiräume.

Szenario 1

Ein Blick auf die Karte "Sz-1 ohne Bäume Tmrt max Konturen 1 m" zeigt Bereiche mit Tmrt > 70°C. Diese befinden sich entlang der Bachpromenade und entlang der Ostgrenze des Alpenland-Geländes. Wir können davon ausgehen, dass die Fassade des Gebäudes entlang dieser Achse morgens einer starken Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein wird (z.B. P34-36). Generell wird der südöstliche Bereich höhere Oberflächentemperaturen aufweisen.

Stark exponiert sind auch die mit den Punkten P39-P44 verbundenen Bereiche und die mit den Punkten 4, 7 und 22 verbundenen gepflasterten Flächen. Die letztgenannten Punkte liegen jedoch am Nachmittag im Gebäudeschatten und sind am Morgen der Sonne stärker ausgesetzt.

Szenario-1 ohne Bäume, Tmrt max 12:00 Uhr



->

Diese nominelle Bewertung dient dazu den Zweck der WRKF-Schnellbeurteilungsblätter vor Ort in Bezug auf die Kühlungs- und Wasserrückhaltefaktoren unter Verwendung der Baumkronenprojektionsflächen zu untermauern. Um12:00 steht die Sonne am steilsten.

Szenario-1 ohne Bäume, Tmrt max 12:00 Uhr, Konturen 1 m

Szenario 2

Effekte erster Adaptierungen

Szenario-2 mit Bäume, Tmrt max 12:00 Uhr

Die Zunahme der gelben Bereiche zeigt die unmittelbare kühlende Wirkung der zusätzlichen Bepflanzung und ihre Reihweite.

Szenario-2 mit Bäume, Tmrt max 12:00 Uhr, Konturen 1 m

Szenario 3

Szenario-3 mit größeren Bäumen, Tmrt max 12:00 Uhr, Konturen 1 m

Hier sind die zusätzlich gekühlten Bereiche deutlich wirksam.

Szenario-3 mit größeren Bäumen, Tmrt max 12:00 Uhr, Konturen 1 m

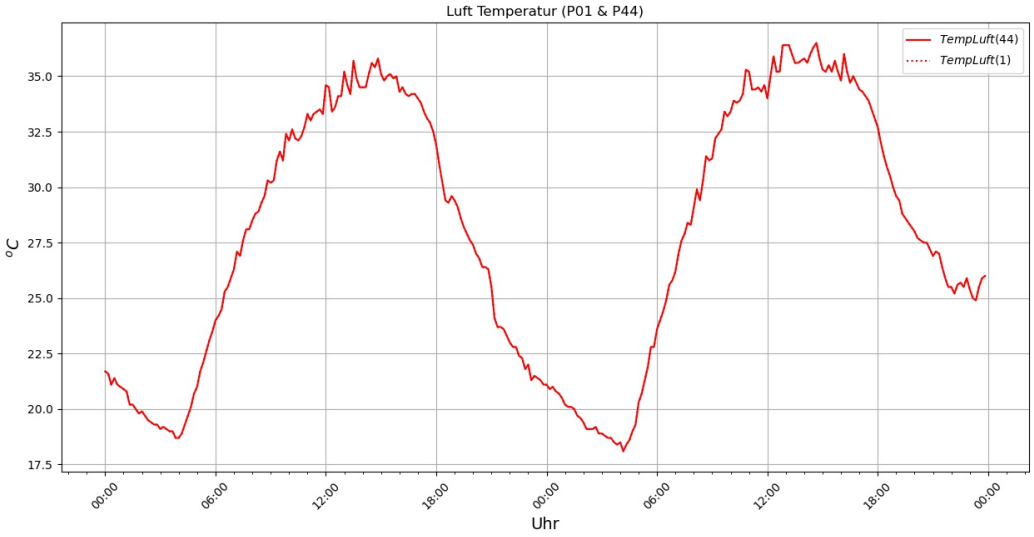
Diskussion - Plots:

Klima & Schatten: Hier wird das allgemeine Prinzip der Beschattung (in den Szenarien 1 und 3) und der Lufttemperatur erklärt; Achtung hier wird kein Niederschlag berücksichtigt.

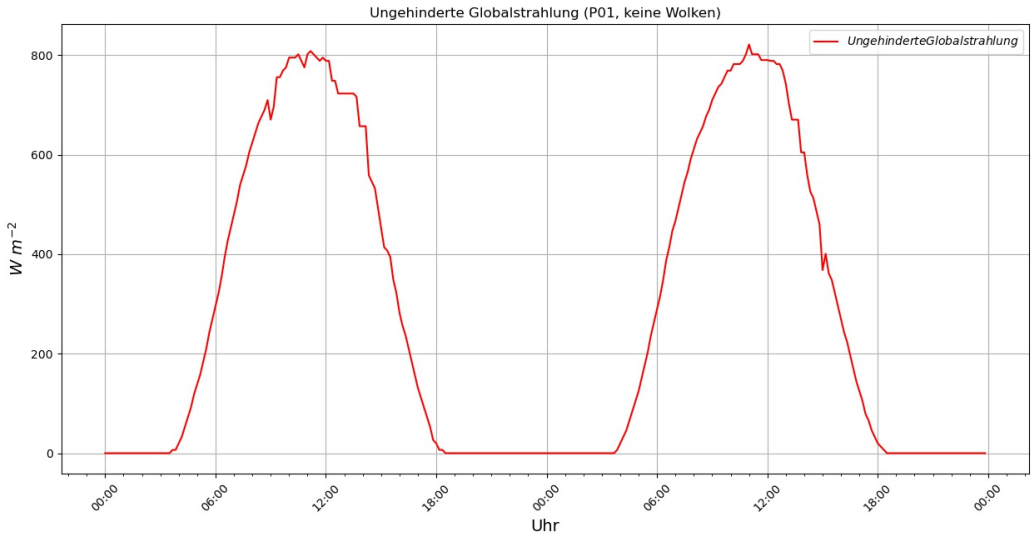
Dies ist ein wichtiger Teil für das Verständnis des Arbeitsblatts "Kühlungsfaktor" durch die Nutzer*innen.

Die erste Grafik ist eine meteorologische Zeitreihe der Lufttemperatur mit einem Höchstwert von 36,8 °C am 07. August. Von 08:00 Uhr morgens bis 18:00 Uhr am frühen Abend liegt die Temperatur über 30 °C. Sie bleibt in beiden Nächten bis 21:00 Uhr über 25 °C. Ab 20 °C gilt die Definition „Tropennacht“.

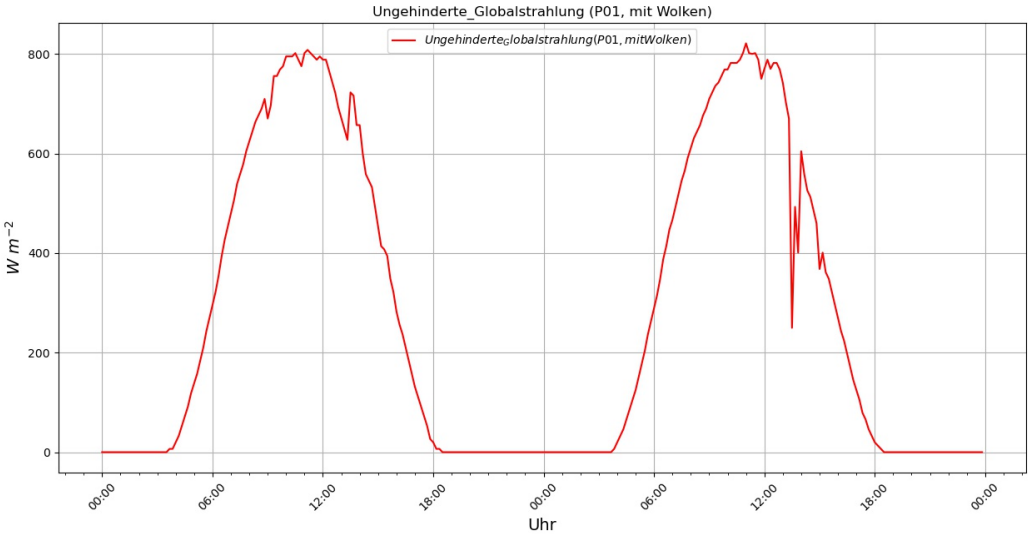
Plot-01



Plot-2

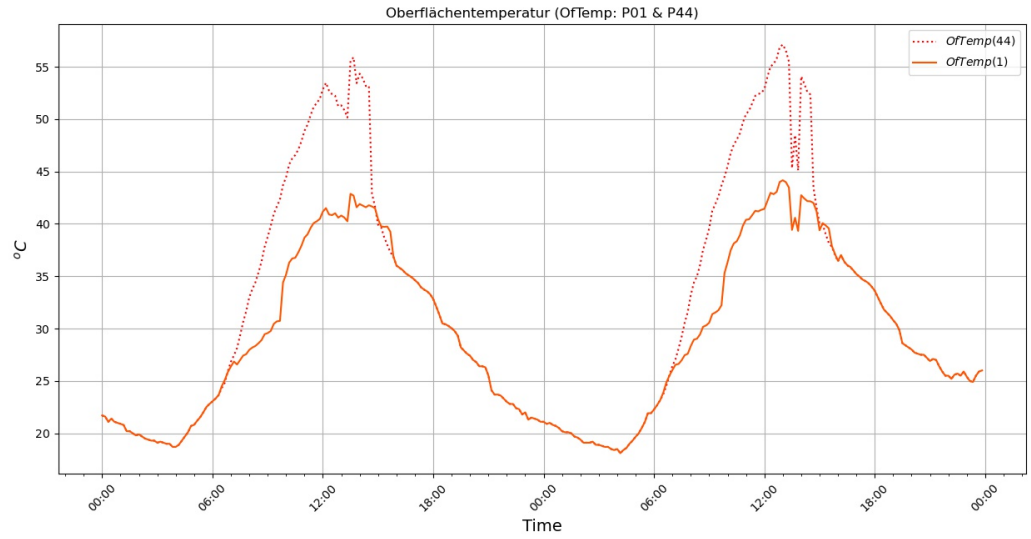


Plot-3

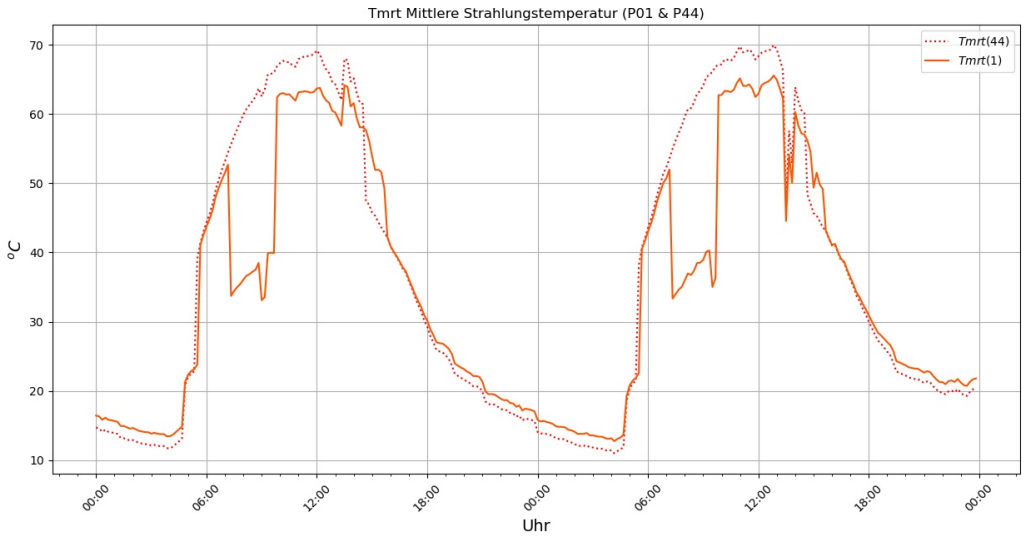


Diese beiden Diagramme zeigen die kühlende Wirkung von Wolken auf Tmrt und anschließend PET- und UTCI-Werte für Szenario 1. Plot-2 zeigt die ungehinderte Globalstrahlung an P01 als einen vergleichsweise klaren Himmel ohne Wolkenbedeckung. Tatsächlich gab es eine Wolkendecke, wie in Plot-3 gezeigt, die am 06. August um 12:15 Uhr und am 07. August 2015 um ca. 13:00 Uhr am Sensor vorbeizog. Die Auswirkungen der Bewölkung auf die meteorologischen Parameter und die thermischen Indizes sind in einigen der folgenden Diagramme zu sehen.

Plot-4, Oberflächentemperatur, vergleicht die Werte zwischen den gepaarten Punkten 01 (Kinderspielplatz) und 44 (angrenzend an die öffentliche Straße). Hier ist ein erheblicher Temperaturunterschied von bis zu 15 °C festzustellen.



Ähnlich verhält es sich mit Plot-5, Tmrt zwischen P01 und P44, hier ist ein signifikanter Temperaturunterschied zwischen ca. 07:00 und 09:30 Uhr zu erkennen.



Die Diagramme 6 - 9 stammen aus Szenario 1 und zeigen, wie die Beschattung durch benachbarte Gebäude die Oberflächentemperatur und die mittlere Strahlungstemperatur reduziert, indem sie die einfallende kurzwellige Strahlung blockiert. In dem WRKF Erhebungsbogen ist es wichtig zu beachten, dass Schatten oder Beschattung einen Wert von 0 haben (Achse auf der rechten Seite). Ein Wert von 1,0 bedeutet eine volle Sonneneinstrahlung.

Diagramm 6, Oberflächentemperatur und Schatten (P44), ein langer Zeitraum ohne Schatten zwischen 06:00 und 14:30 Uhr (Schattenwert = 1). Die Oberflächentemperatur auf P44 steigt an, da sich die gepflasterte Fläche durch die Sonneneinstrahlung aufheizt.

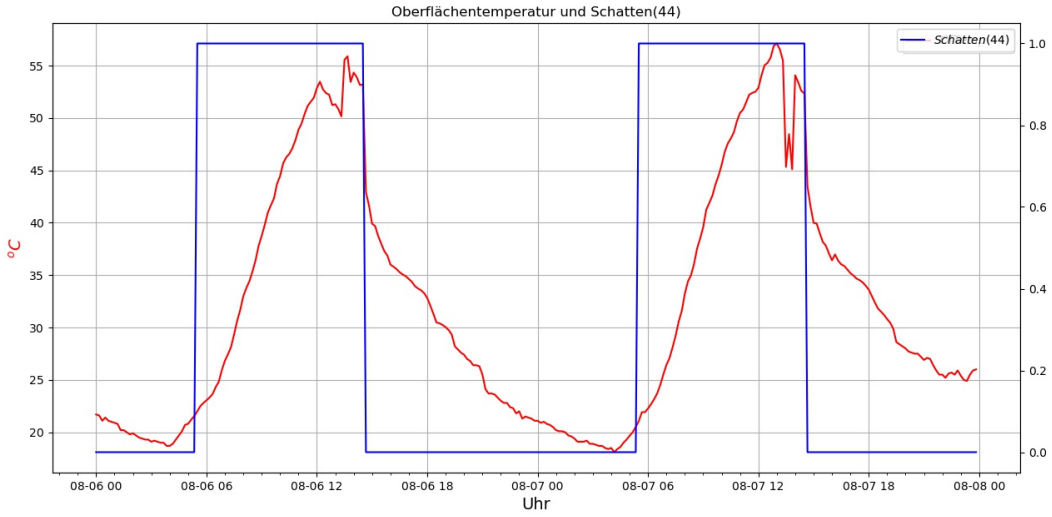
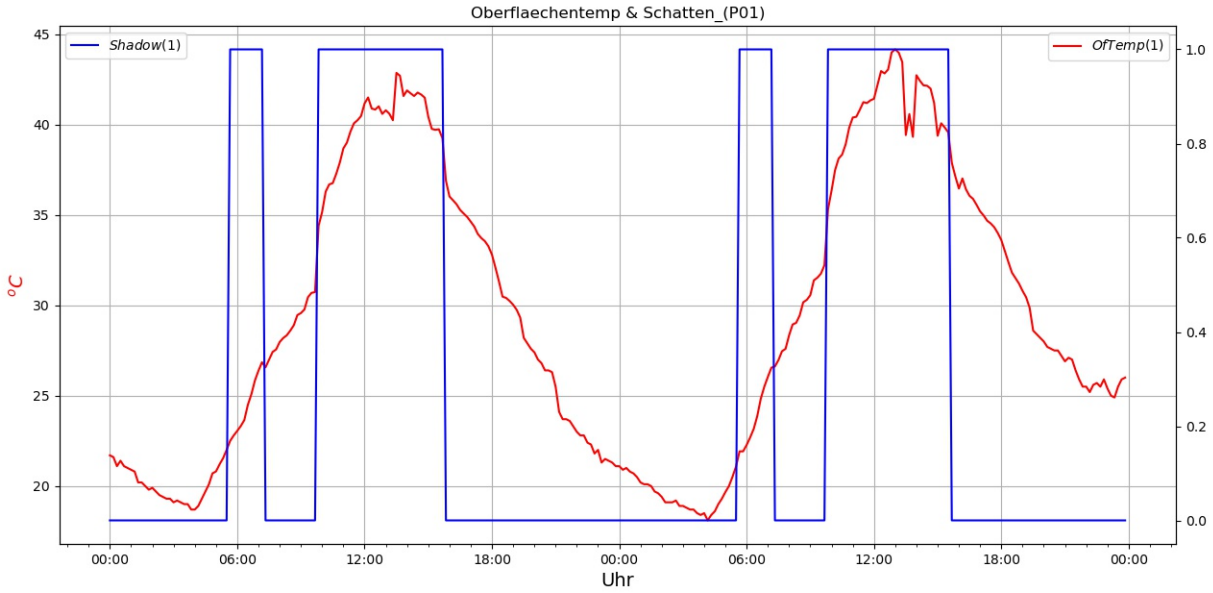
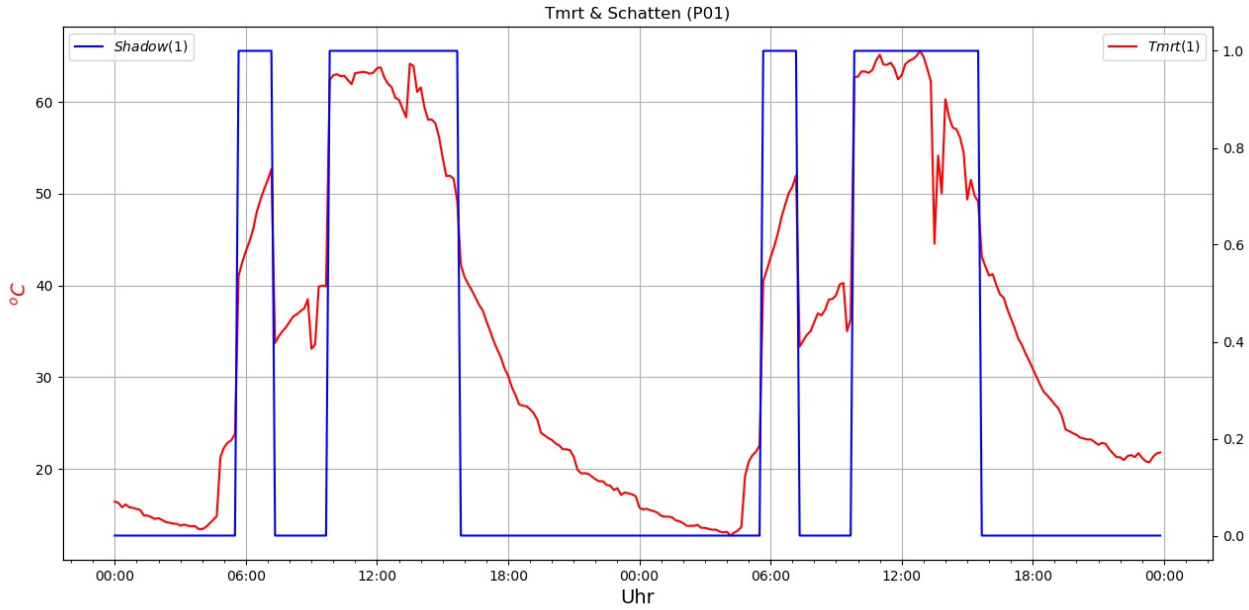


Diagramm 7



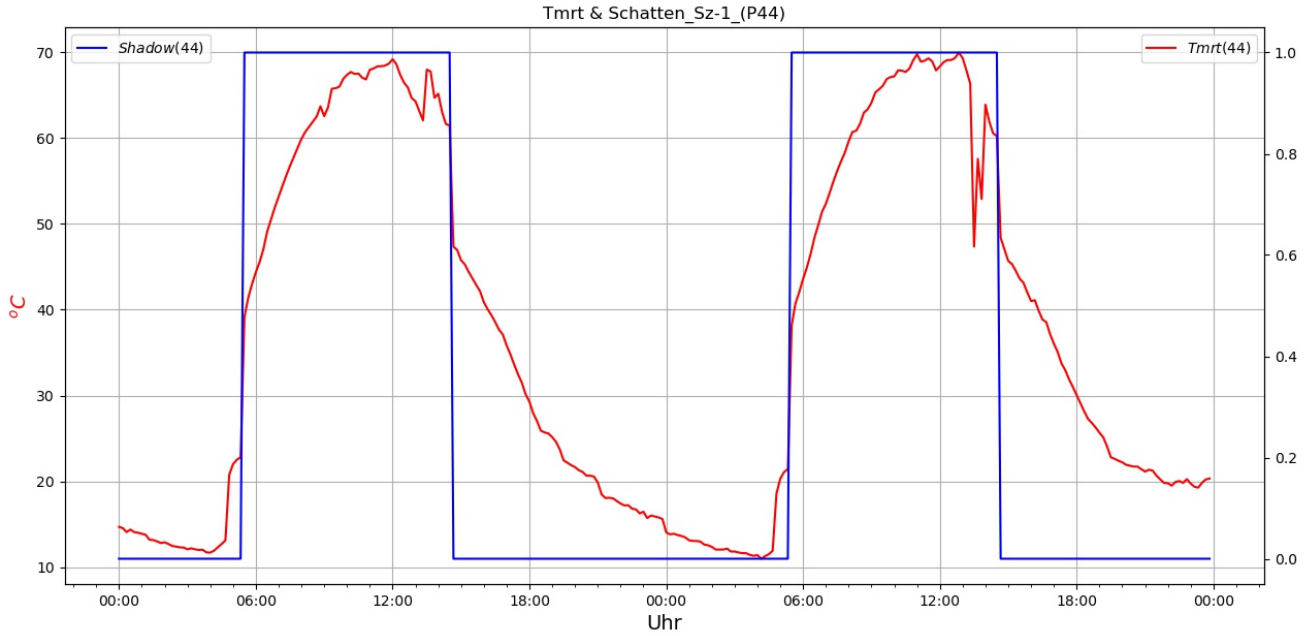
Hier können wir die Auswirkungen der Beschattung durch das angrenzende Gebäude auf P01 zwischen 07:00 und 09:40 Uhr erkennen (Schattenwert = 0). Während dieses Zeitraums steigt die Oberflächentemperatur an P01 langsamer an als bei P44.

Die Auswirkungen der weiteren Beschattung auf Tmrt zwischen den Punkten 01 und 44 sind in den Diagrammen 8 und 9 zu sehen:

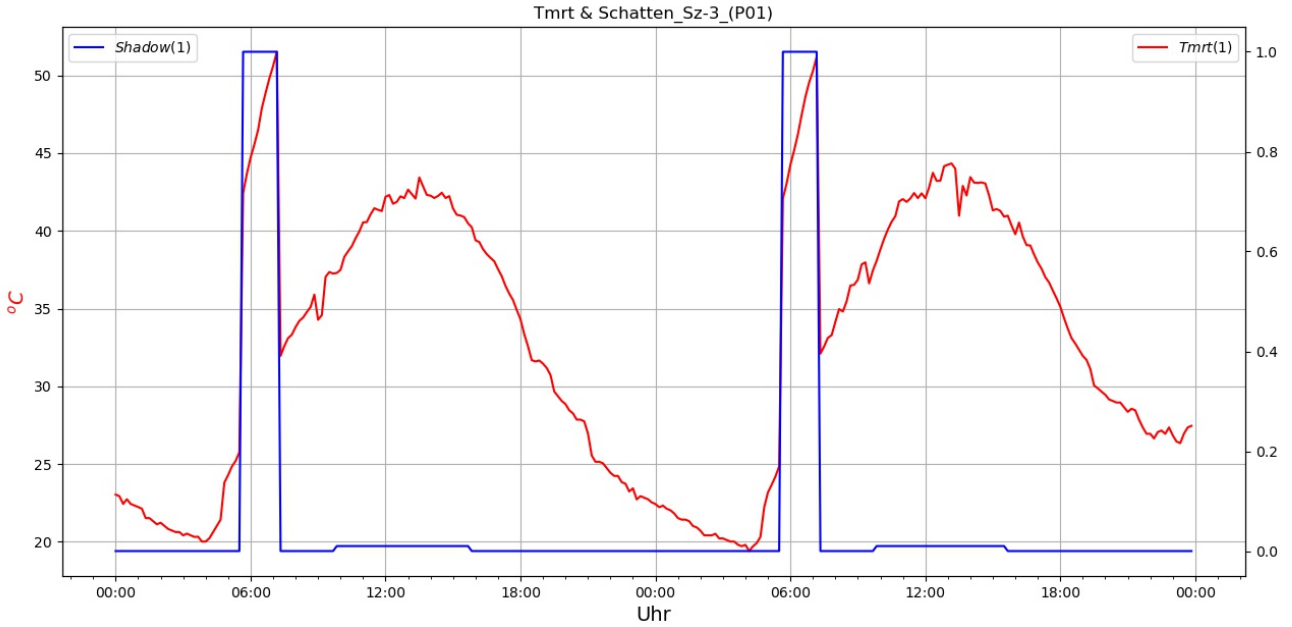


An P01 bleibt die Tmrt im Schatten unter 40 °C, um dann nach 09:40 Uhr rasch auf 60 °C anzusteigen. An P44 ohne Schatten bleibt der Tmrt dagegen über 40 °C und steigt bis 12:00 Uhr auf fast 70 °C an. Wir können die vergleichsweise kühlende Wirkung der Verschattung durch Gebäude auf den Tmrt beobachten.

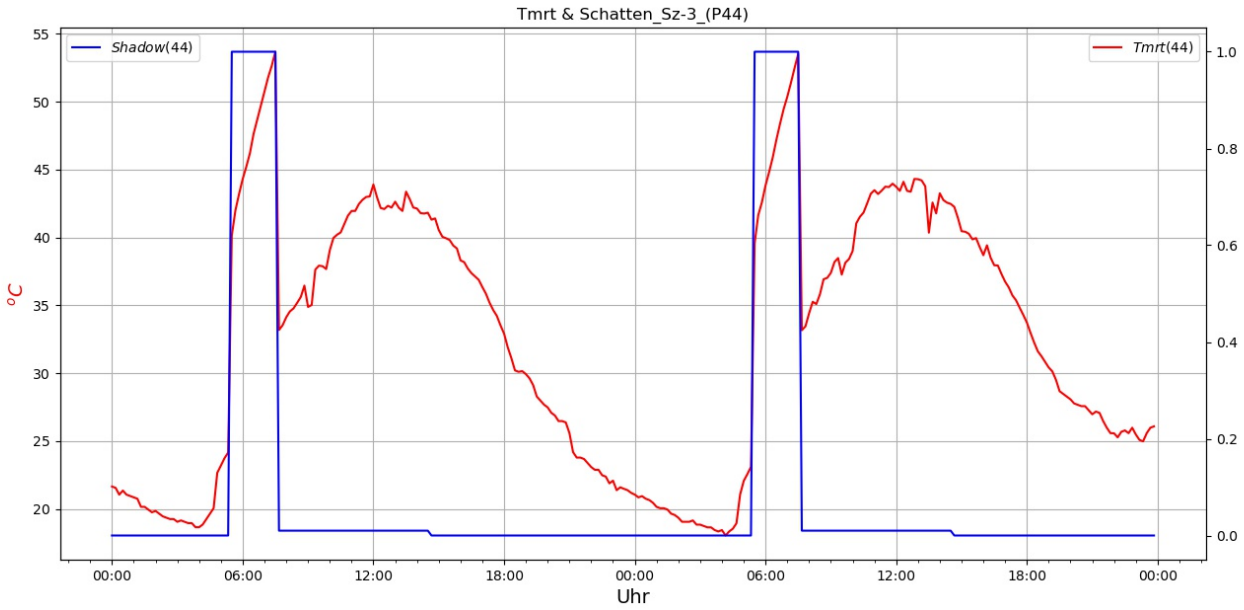
Die Diagramme 10 + 11 zeigen das Ergebnis von Szenario 3 und den signifikanten positiven Effekt der Beschattung durch Bäume und Pergolen als Kühlfaktor. Ca. eine Stunde lang



zwischen 06:00 und 07:00 Uhr scheint an beiden Tagen an P01 und P44 die Sonne. Die Tmrt-Werte steigen auf knapp über 50 °C; dann kommt es zu einer zusätzlichen Beschattung durch die Bäume (P01) und die Pergola (P44-> die Tmrt-Werte bleiben unter 45 °C.



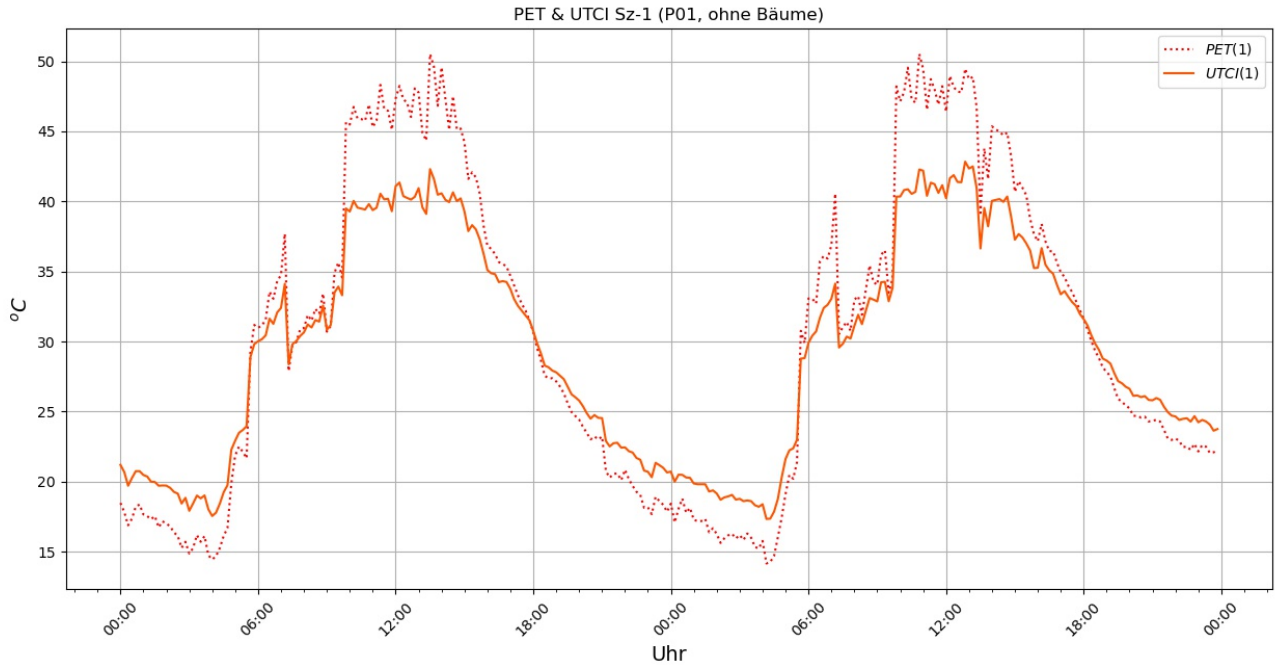
Diese kühlende Wirkung spiegelt sich dann in den wesentlich kühleren Werten für den thermischen Komfort oder PET an diesen beiden Punkten wider.

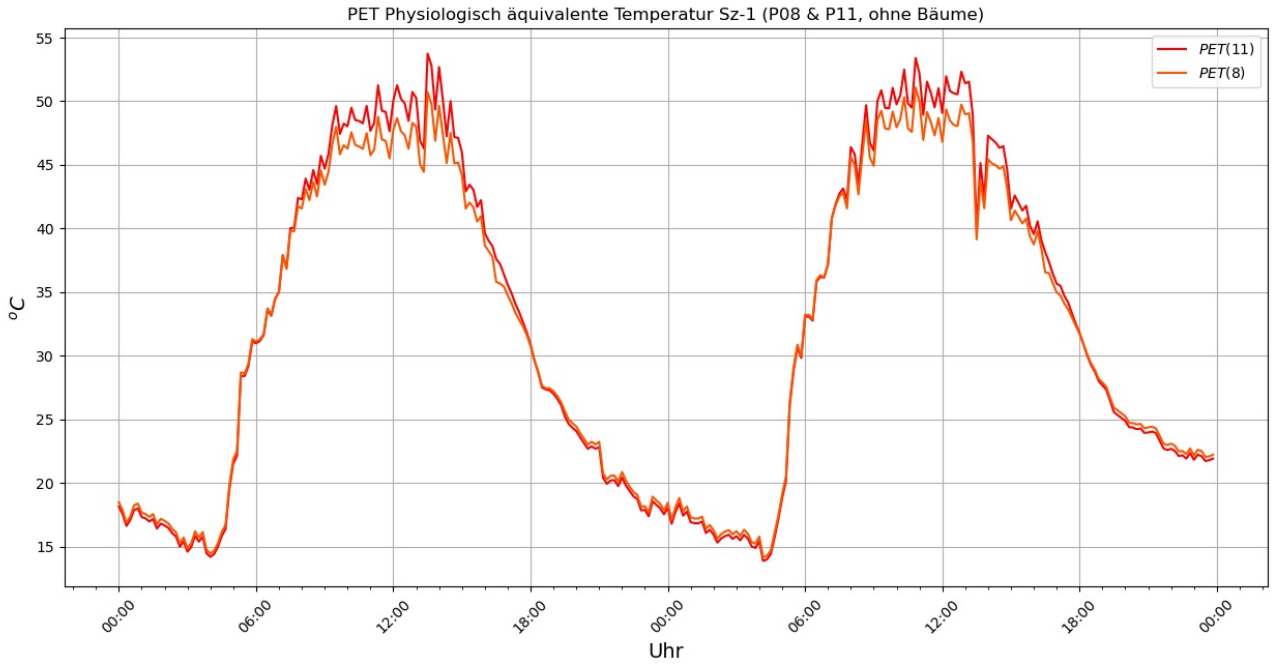


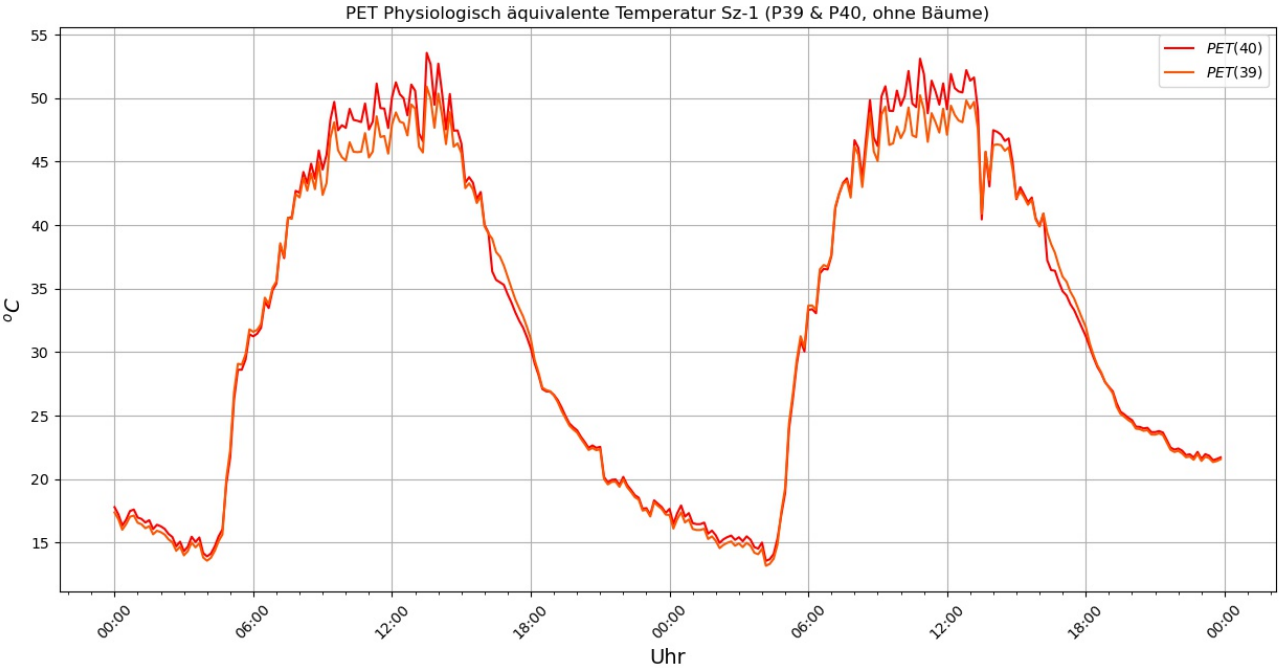
In diesem Sinne können wir diesen Abkühlungsfaktor in den Diagrammen 12 bis 18 beobachten, in denen vor allem die PET-Werte zwischen verschiedenen Punkten verglichen werden. Bei den Ergebnissen für das ungemilderte Szenario 1 zeigen die Diagramme vergleichsweise geringe Unterschiede bei den PET-Werten. In den Ergebnissen für Szenario 3 sehen wir jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den ungemilderten und den abgemilderten (d. h. durch die Beschattung durch das Kronendach) Punkten von Interesse.

Szenario 1

Vergleich von PET und UTCI Ergebnissen bei den verschiedenen POI

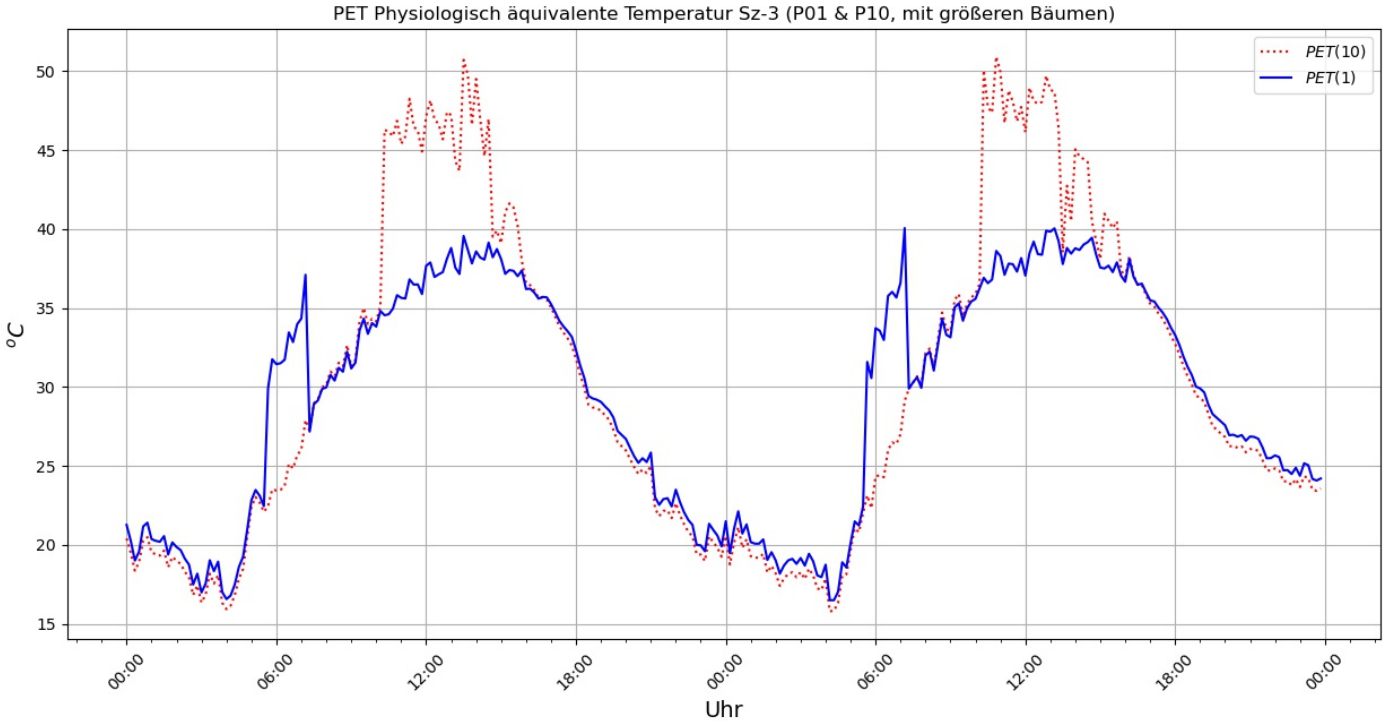


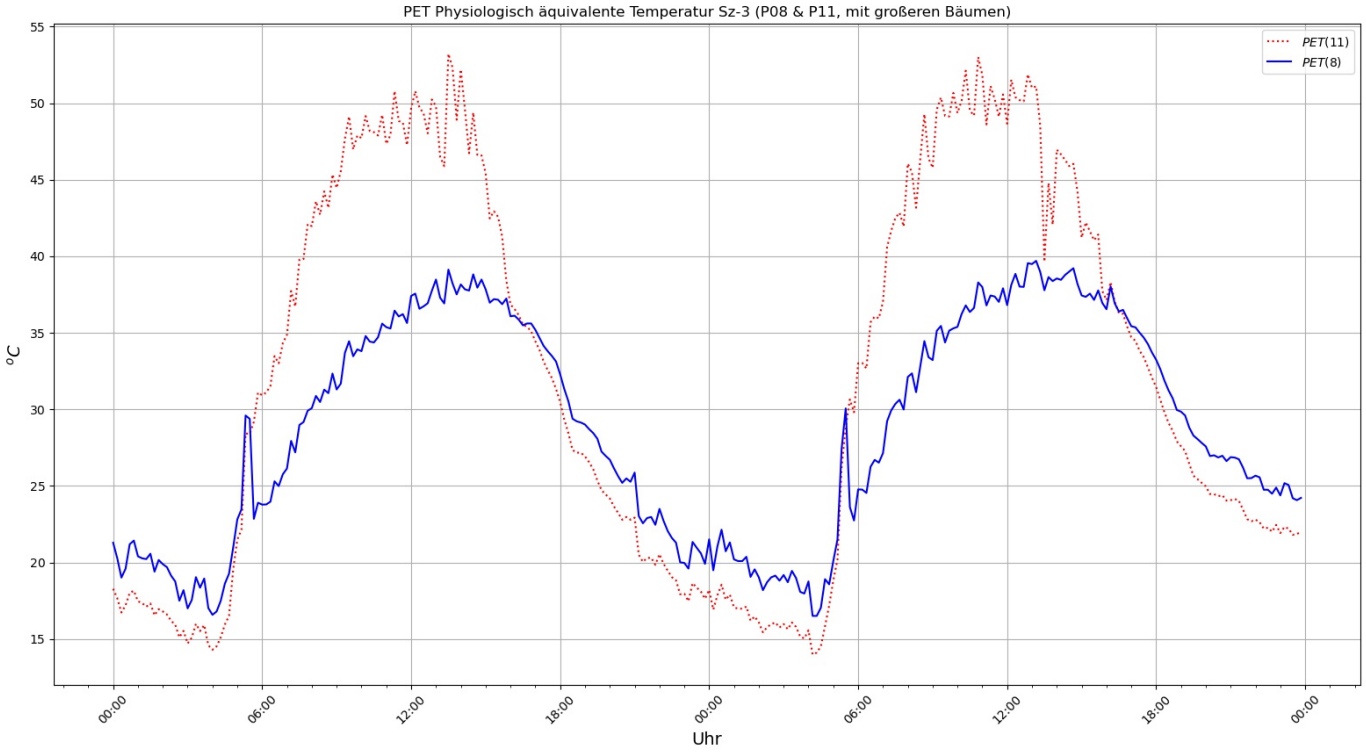

PET Physiologisch äquivalente Temperatur Sz-1 (P08 & P11, ohne Bäume)
PET(11)
PET(8)
°C
Uhr
55
50
45
40
35
30
25
20
15
00:00
06:00
12:00
18:00
00:00
06:00
12:00
18:00
00:00

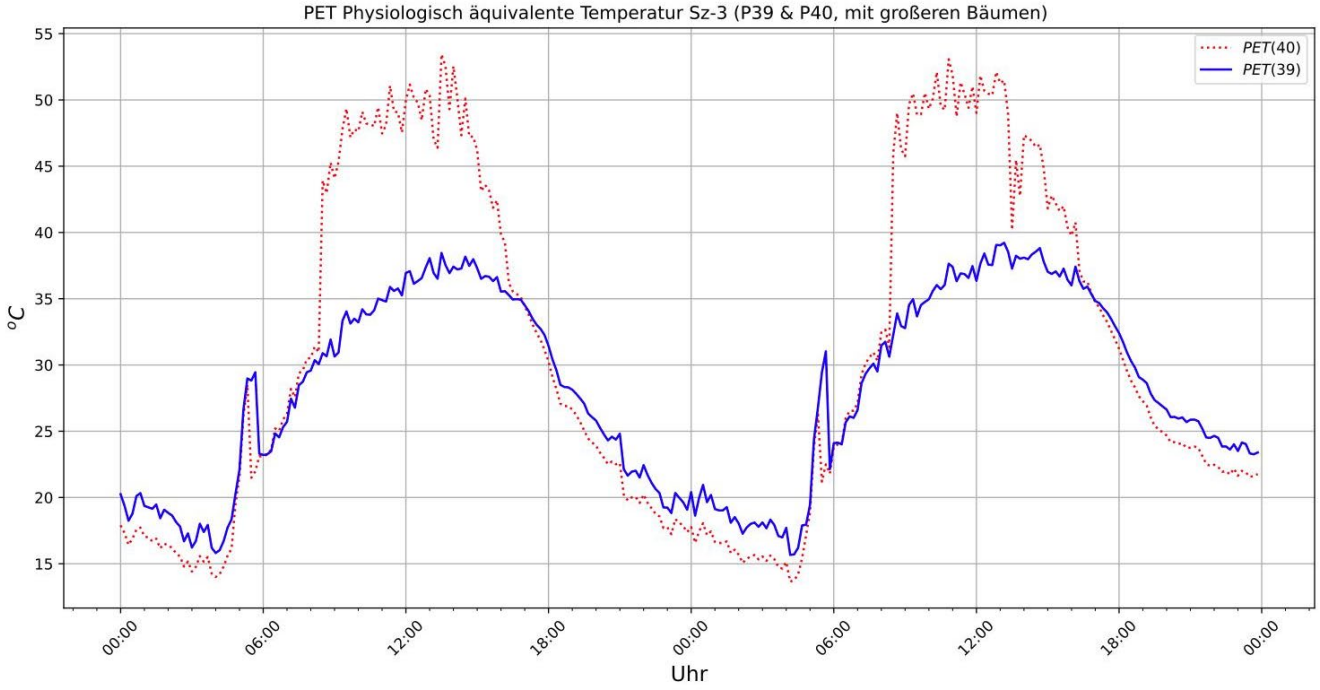

PET Physiologisch äquivalente Temperatur Sz-1 (P39 & P40, ohne Bäume)
PET(40)
PET(39)
°C
Uhr
55
50
45
40
35
30
25
20
15
00:00
06:00
12:00
18:00
00:00
06:00
12:00
18:00
00:00

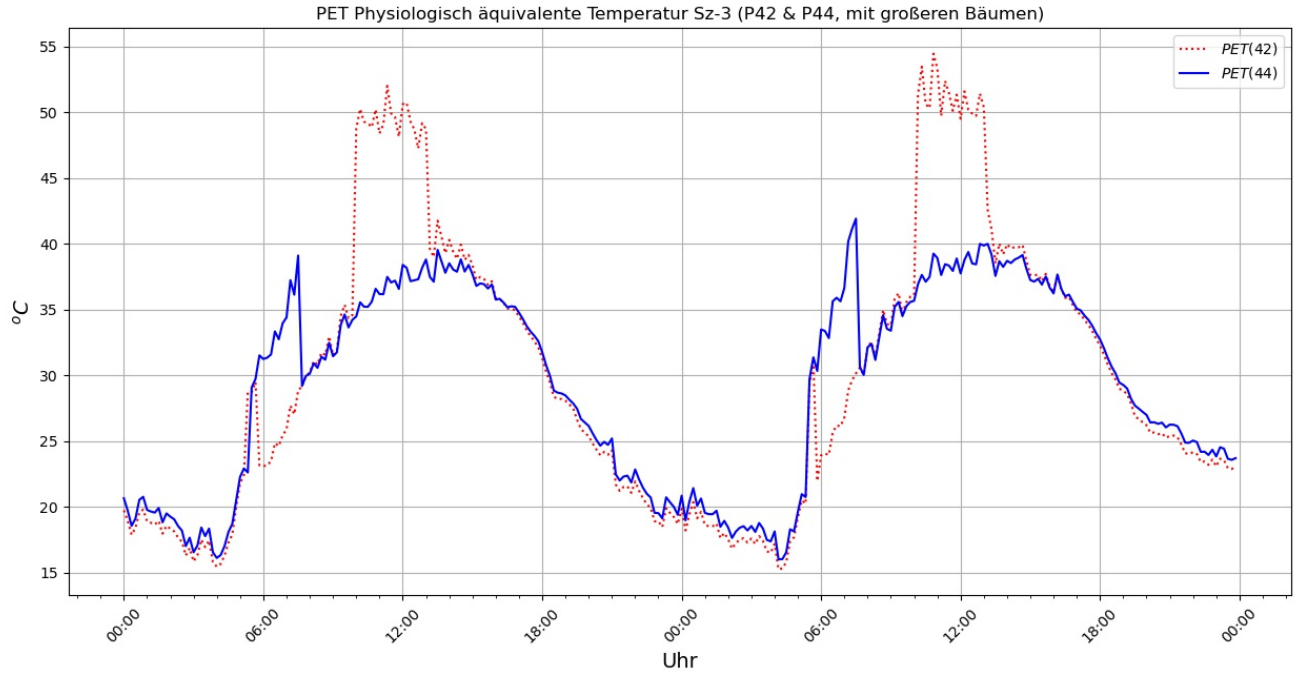
Szenario 3

Vergleich von PET und UTCI Ergebnissen bei den verschiedenen POI









Dieser Vergleich zeigt wie sich unterschiedliche Variablenverwendung (z.B. für Windgeschwindigkeit) auswirken können.

E Integration der Ergebnisse in den STEP Stadtentwicklungsplan von Hollabrunn

Kurz zum STEP Hollabrunn

Die Stadtgemeinde Hollabrunn hat im Juni 2018 den STEP Stadtentwicklungsplan beschlossen und seitdem die wesentlichen Bereiche wie Verkehr, Frei- und Grünräume, Siedlungsentwicklung, Entwicklung der nötigen Infrastruktur und auch Grüne Infrastruktur zu erheben begonnen.

Durch die Covid Situation gestaltete sich die Zusammenarbeit als herausfordernd, geplante Bürgerbeteiligungsformate konnten nicht abgehalten werden und wurden von unserer Seite durch Workshops in anderen Gemeinden ersetzt. Generell dauerte die Bearbeitung deshalb länger als ursprünglich geplant, da die beabsichtigten Rückmeldungsschleifen zu Bevölkerung und Verwaltung schwer verwirklichbar waren.

Durch die Abstimmung mit dem Ingenieurbüro für Landschaftsarchitektur YEWO landscapes, Karolina Petz, welches mit der Entwicklung des örtlichen Freiraumkonzeptes zur Integration in das örtliche Entwicklungskonzept beauftragt ist, konnten schlussendlich Ergebnisse des FIT4climatechange Projektes aufgenommen werden.

Generell werden über Leitsätze, Ziele und jeweils zugeordnete Maßnahmenfelder Grünverbindungen gestärkt, Innenverdichtungen ausgeglichen und Siedlungsräume der kurzen Wege und Verbindungen mit entsprechenden Nutzungsqualitäten und grüner Infrastruktur ausgestattet werden.

Da ein großes Klimaschutz- und Klimaausgleichsziel des Entwicklungskonzeptes eine ausgewählte **Entsiegelung** der bestehenden Räume (Gebäude und Freiräume) und ein Vermeiden von neuen Versiegelungen ist, können das Ermitteln des Wasserrückhalte- und Kühlungsfaktors WRKF helfen die jeweilige Qualität von Ausführungen mit dem derzeitigen Ziel jeweils 25 % Versiegelung pro Fläche zu erreichen, umzusetzen. Dies ist ein Orientierungswert aus Literatur und Studienergebnissen zu Regenwasserrückhalt, um somit die Vulnerabilität für Extremereignisse zu verringern. Bei der Auswertung der Lokalen Klimazonen wurden Zonen mit 50 % Versiegelung und mehr identifiziert. So können unterschiedliche gebäudebezogene Maßnahmen für private Gebäude und öffentliche Gebäude gefunden werden, wie ebenso für öffentliche und private Freiräume. Dazu benötigen die Gemeinden Unterstützung.

Literatur und Referenzen

ALEXANDER, P.J. & MILLS, G., 2014: Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. Atmosphere, 5(4), 755–774 S.

ALKEMADE, R.; BURKHARD, B.; CROSSMANN, N.; NEDKOV, S. & K. PETZ (Eds.) 2014: Quantifying ecosystem services and indicators for science, policy and practice. Special Issue. Ecological Indicators 37, 161-266

AUER, A.H., 1978: Correlation of land use and cover with meteorological anomalies. Journal of Applied Meteorology, 17(5), 636–643 S.

BECHTEL, B., ALEXANDER, P., BÖHNER, J., CHING, J., CONRAD, O., FEDDEMA, J., MILLS, G., SEE, L. & STEWART, I., 2015: Mapping local climate zones for a worldwide database of form and function of cities. International Journal of Geographic Information, 4(1), 199–219 S.

BURKHARD, B.; CROSSMANN, N.; NEDKOV, S.; PETZ, K.& R. ALKEMADE 2013: Mapping and Modelling Ecosystem Services for Science, Policy and Practice. Ecosystem Services 4: 1-3

CAMPAGNE, C., ROCHE, P. 2018: May the matrix be with you! Guidelines for the application of expertbased matrix approach for ecosystem services assessment and mapping. One Ecosystem 3: e24134.

CHING, J., MILLS, G., FEDEMA, J., OLESON, K., SEE, L., STEWART, I., BECHTEL, B., CHEN, F., NEOPHY-TOU, M. & HANNA, A., 2014: Facilitating advanced urban canopy modeling for weather, climate and air quality applications. American Meteorological Society Symposium on Urban Environment, 2–7 February 2014, Atlanta Georgia.

COSTANZA, R. 2008. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. Biological Conservation 141, 350–352.

EU- FP7 Projekt 2013-2017: "Green Surge Handbook" https://ign.ku.dk/english/green-surge/. Universität Kopenhagen.

EU - THERMAL COMFORT INDICES - Mean Radiant Temperature, 1979-2020: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/indicators/thermal-comfort-indices-mean-radiant-temperature-1979-2019

EU - Ein Leitfaden zur Unterstützung der Auswahl, Ausgestaltung und Umsetzung von natürlichen Wasserrückhaltemaßnahmen in Europa – Einblick in die vielfältigen Vorteile naturnaher Lösungen. Deutsche Version: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6de1b15-d277-4753-bc37-3b746b09ef9f/language-en/format-PDF/source-search

JACOBS, S. et al. 2014. 'The Matrix Reloaded': A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. in: Ecological Modelling 295 (2015) 21–30

KRAVCÍC, M., POKORNÝ, J., KOHUTIAR, J., KOVÁC, M., TÓTH, E. 2007: Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm. Slovakia.

LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook, version 5, November 2019 (https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook-v5.0.pdf)

STEWART, I.D. & OKE, T., 2012: Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 1887–1900 S.

STEWART, I.D., OKE, T. & KRAYENHOFF, E.S., 2014: Evaluation of the `local climate zone´ scheme using temperature observations and model simulations. Internat. Journal of Climatology, 34(4),1062–1080 S.

UTCI Universal Thermal Climate Index (Der Universelle Thermische Klimaindex). https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ihm/meteorologie/forschung/glossar/hrc-utci-universal-thermal-climate-index, and http://www.utci.org/

UNEP report 2021 https://www.unep.org/resources/emerging-issues/working-plants-soils-and-water-cool-climate-and-rehydrate-earths

WORLD URBAN DATABASE AND ACCESS PORTAL TOOLS WUDAPT https://www.wudapt.org/lcz/lcz-framework/

Abbildungsverzeichnis

Abb.1 eigene Zusammenstellung nach Resilienzliteratur bzw. zu sozial ökologischen Systemen (E. Ostrom und andere) von Rottenbacher 2021

Abb 2 Zusammenwirken natürliche Prozesse Rottenbacher 2020

Abb 3-7 Grafiken aus den erarbeiteten Broschüren zum Erläutern natürlichen Regenwassermanagements Rottenbacher 2020

Abb 8 bis 10 (unten) Beispiele aus der Regewassermanagementbroschüre Cassidy und Rottenbacher 2019

Abb 11 Zur Veranschaulichung des Regenwasserrückhalte- und Versickerungspotentials eines Einfamilienhauses Rottenbacher 20129

Abb 12 und 13 Beispiel aus Hollabrunn und Laa an der Thaya, Fotos Cassidy

Abb 14 bis 18 Einfach ausgestattete Verweilräume, Kleinstparks entlang von fußläufig angenehmen Grünwegen in Siedlungsräumen entwickeln. Oben links Pocketpark in Cassis, rechts Weg um Stadtmauer Eggenburg, unten links Adaptierung ehemaliges Flussbett als 12 km Grünverbindung in Valencia, beschatteter Brunnenplatz in Toledo und kleiner grün überdachter Vorplatz vor Eingangsbereich, Fotos Cassidy Rottenbacher

Abb 19 Straßenkreuzungen beschatten und am Menschen ausrichten, Adaptierungsbeispiel aus Cassis, Foto Rottenbacher

Abb 20 und 21 Temporäre Tümpel werden rasch angenommen, Beispiel links EKZ Hollabrunn- Versickerungswellen und Bachläufe sowie Gräben öffnen- Beispiel Wasserpark Hollabrunn, vielfältig bepflanzen, um vernetzte vielfältige Grünverbindungen für „Mensch, Pflanz und Tier" zu schaffen, Fotos Cassidy Rottenbacher

Abb 22, 23 und 24 Beschreiben von Aspekten von Fassaden- und Dachbegrünungen: so bindet Fassadenbegrünung Feinstaub, isoliert das Gebäude, verringert die Aufheizung des Gebäudes und eine zusätzliche Abstrahlung in Freiräume. Wenn möglich ist es am besten und kostengünstigsten, Kletterpflanzen direkt in den Boden zu setzen - siehe linkes Bild aus Znaim. Wo das nicht möglich ist, gibt es verschiedene Fassadengebundene Systeme - z.B. wie am mittleren Foto aus Wien. Dachbegrünungen können Regenwasser zurückhalten, isolieren das Gebäude und können einen großen Beitrag zur Verbesserung der Biodiversität leisten, da hier verschiedene Standortbedingungen geschaffen werden können- das Dachbegrünungsfoto wurde von der Fma. Fricke zur Verfügung gestellt

Abb 25, 26, 27 und 28 Einfache Lösungen für Regenwasserzuleitungen finden und Pufferbereiche bei Siedlungs- und Gewerberäumen für vielfältige Grünverbindungen nützen, links, in einer Kellergasse Hollabrunns, offene Regenwasserrinne an der tschechischen Grenze, Regenwasserzuleitung direkt in Grünfläche in Plána, bei Pilsen und Siedlungserweiterung Mistelbach- großer Grünpuffer zur Bahn, Fotos Cassidy und Rottenbacher

Abb 29, 30 und 31 Kühle Gassen, Hohlwege und Straßenräume verbinden, Beispiele Piran, Etsdorf und Neuaigen/Tulln, Fotos Cassidy Rottenbacher

Abb 32, 33, 34 und 35 Straßen, Freiräume, Gleisinfrastrukturen und neue Siedlungsräume als Ökosysteme für Mensch, Pflanzen und Tiere verstehen, gestalten und pflegen, obiges Beispiel die Bahnstraße in Hollabrunn, grüne Gleisanlagen durch Montpellier, Regenwasserzuleitung in Hollabrunn, Regenwasserzuleitung und biodiverse Grünverbindung in Mistelbach, Fotos Cassidy Rottenbacher

Abb 36 Beispiel einer mit Buntstift gefärbten kleinen Gemeinde, Rottenbacher

Abb.37 Beispiel für Temperaturisolinien in Hollabrunn, überlagert mit den Versiegelungen durch Gebäude und der Freiraumoberflächen vom August 2018, Ausarbeitung Cassidy

Abb.38+39 Beispiele für innerörtliche Hitzespots, links in Verbindung mit Versiegelungen, rechts mit der vorhandenen Vegetationsausstattung verglichen, um eine erste Schätzung des Kühlungspotentials vorzunehmen, Cassidy

Abb.40 zu den Bereichen, die mit Gebäuden und deren Freiräume versiegelt sind jeweils hohe und niedrige Vegetation, wie Rasenflächen erfassen, Cassidy

Abb.41 Überlagerung von Temperaturlinien und den abgrenzbaren Lokalen Klimazonen, Cassidy 2020

Abb.42 a Beispiel für Erhebungsblatt einer lokalen Klimazone (Vergrößerungen siehe nächste Seite, Rottenbacher

Abb.42 b + c Vergrößerungen des Beispiels für das Erhebungsblatt einer lokalen Klimazone- hier mit einem besonderen Augenmerk auf das gemeinsame Erfassen von zusätzlichen Merkmalen und Kriterien für Raumqualitäten, wie ausgewählte kulturelle Ökosystemleistungen und bezüglich der Qualität der Ausstattung und Pflege, um eine nachhaltige Sicherung der regulierenden Ökosystemleistungen gewährleisten zu können- in feedback Runden adaptiert Rottenbacher

Abb.43 Ausschnitt zu den Erläuterungen in der Excell Tabelle zum Einschätzen des WR-KF Faktors, Cassidy Rottenbacher

Abb.44 Vergleich verschiedener Indices zur Wärmewahrnehmung, aus: Comparing Universal Thermal Climate Index (2018)