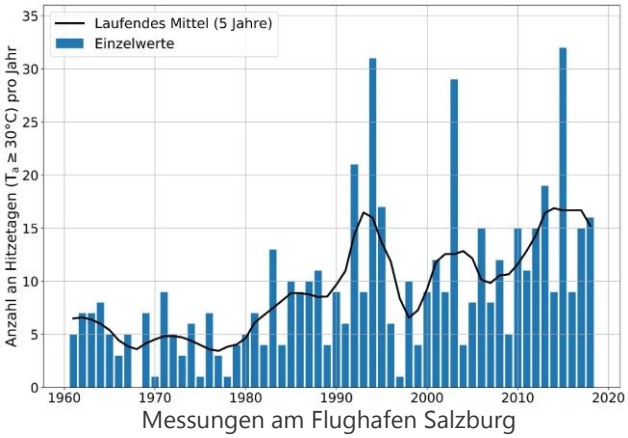
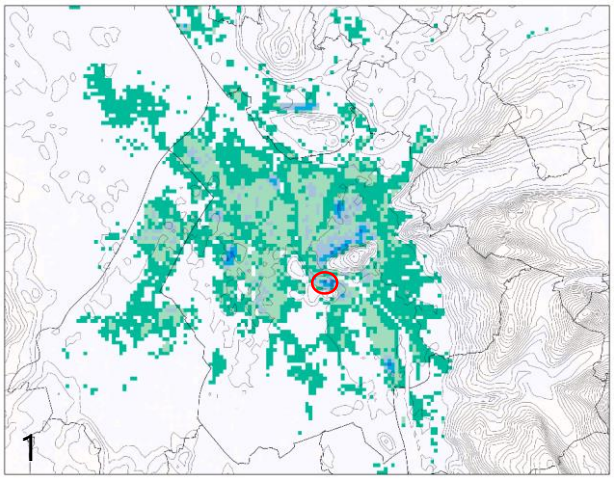
# Klimawandelanpassungsszenarien für Salzburg

Die durchschnittliche Anzahl an Hitzetagen (HT) pro Jahr (Lufttemperatur > 30 °C) ist seit den 60er Jahren erheblich gestiegen. Dies ist in der Abbildung rechts ersichtlich, wo die Temperaturveränderung für den Flughafen Salzburg im Zeitraum 1961 bis 2018 dargestellt ist Mit der Klimaveränderung wird sich dieser Trend verstärken. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind für die gesamte Region Salzburg ein wichtiges Thema. Der durchschnittliche Jahreswert für HT liegt derzeit bei 12,5 (in einem Schwankungsbereich von 2 bis 21).

Im Projekt ADAPT-UHI wurden anhand eines Klimamodells die Effekte unterschiedlicher Anpassungsmaßnahmen simuliert und die Reduktion der jährlichen HT errechnet. In den Abbildungen unten sind drei unterschiedliche Szenarien dargestellt.



Messungen am Flughafen Salzburg




**Szenario 1 (Weiße Stadt):** Weiße Oberflächen reflektieren Sonneneinstrahlung in einem hohen Ausmaß, während dunkle Oberflächen absorbieren. In diesem Szenario wurde das Ausmaß der Reflektion von Oberflächen verdoppelt (Dächer, Wände, Straßen). Dies würde beispielsweise den Einsatz von hellen Dachziegeln und hellen Straßenbefestigungen bedeuten.

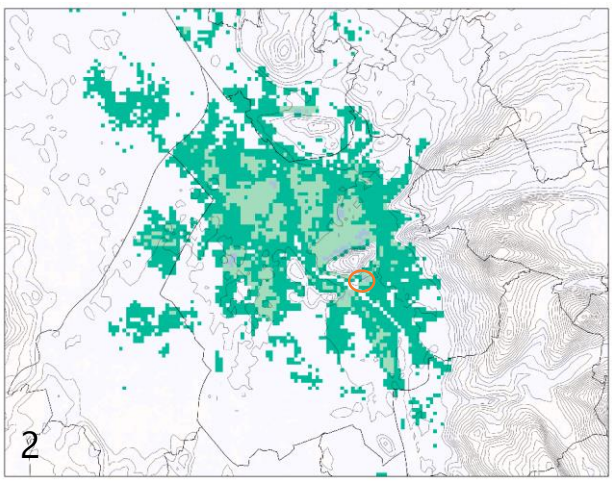
### Wichtigste Erkenntnisse

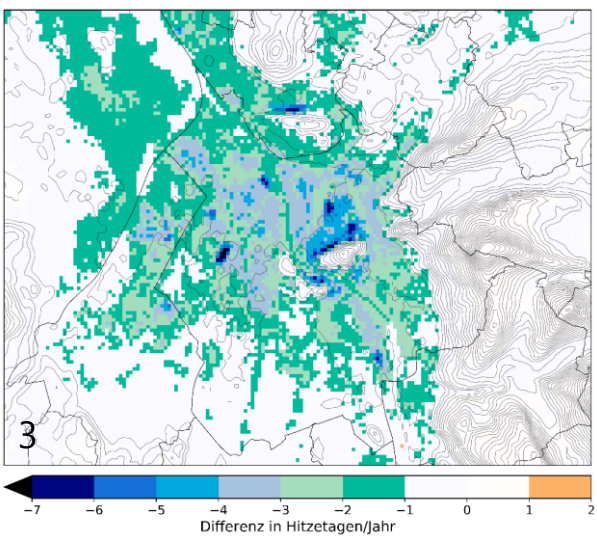
- ✓ Höchste Reduktion **5,6 HT** pro Jahr
- ✓ In der Getreidegasse würden die Maßnahmen **4,9 HT** statt 10 HT (ohne Maßnahmen) erwirken.

**Szenario 2 (Grüne Stadt):** Flächen mit Pflanzenbewuchs („grüne Flächen") erzielen einen Kühlungseffekt durch die von ihnen verursachte Luftfeuchtigkeit. In diesem Szenario wurden die versiegelten Flächen um 30% reduziert, die Anzahl der grünen Dächer um 50% erhöht und die Anzahl der Stadtbäume und begrünten Flächen erhöht.

### Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Höchste Reduktion **4,0 HT** pro Jahr
- ✓ Im Volksgarten würden die Maßnahmen **4,4 HT** statt 7,2 HT (ohne Maßnahmen) erwirken




**Szenario 3 (Grüne und weiße Stadt):** Die Maßnahmen von Szenario 1 und von Szenario 2 werden in diesem Szenario kombiniert. Der Kühlungseffekt ist im kombinierten Szenario am höchsten und kann in der ganzen Stadt eine Reduktion von mindestens 3 HT pro Jahr erwirken.

### Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Höchste Reduktion **7,5 HT** pro Jahr
- ✓ In der Getreidegasse würden die Maßnahmen **4,0 HT** statt 10 HT (ohne Maßnahmen) erwirken
- ✓ Im Volksgarten würden die Maßnahmen **2,6 HT** statt 7,2 HT (ohne Maßnahmen) erwirken

**Weitere information:**

ZAMG Urban Modelling – Scientific base for climate sensitive urban planning, ZAMG, 2017

International Institute for Applied Systems Analysis IIASA www.iiasa.ac.at
ZAMG
powered by klima+ energie fonds
ipak
umweltbundesamt PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

ADAPT URBAN HEAT ISLANDS

# Welche Klimawandelanpassungsmaßnahmen wurden berücksichtigt?

Es gibt zahlreiche Maßnahmen zur Klimawandelanpassung für den städtischen Raum. Die nachstehende Tabelle zeigt eine Übersicht jener Maßnahmen, die in der Modellierung für **Szenario 1 - weiße Stadt** (Erhöhung der Oberflächenreflexion), **Szenario 2 - grüne Stadt** (Erhöhung der Oberflächenverdunstung) und **Szenario 3** (kombinierte Maßnahmen) berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse der Modellierung zeigen die Reduktion der durchschnittlichen jährlichen Hitzetage in absoluten Zahlen und als Prozentsatz.

| Anpassungsmaßnahme | Beschreibung | Illustration | Mittlere Reduktion von Hitztagen | Höchste Reduktion von Hitztagen |
|---|---|---|---|---|
| Verdoppelung der Dach-Albedo | Erhöhung der Reflexion von Dachoberflächen (z.B. helle Dachziegel oder weiße Dächer) | | 28,5% (1,4) | 32,2% (3,8) |
| Verdoppelung der Wand-Albedo | Erhöhung der Reflexion von Wänden durch z.B. weiße oder sehr helle Fassadenanstriche | | 17,8% (0,9) | 24,1% (2,7) |
| Verdoppelung der Straßen-Albedo | Verwendung von Sickerpflaster (Erhöhung der Verdunstung) oder Straßenbelag in hellen Farben | | 16,2% (0,8) | 25,5% (2,7) |
| Reduktion der versiegelten Fläche | Rasenflächen und Vegetationsflächen an Stelle von Asphaltflächen | | 16,8% (0,8) | 20,0% (2,2) |
| 50% Gründächer im Außenbereich | Dachbegrünung auf 50% der Gebäude im suburbanen Bereich von Klagenfurt | a | 22,1% (1,1) | 27,9% (3,1) |
| 50% mehr Bäume | Mehr Bäume im öffentlichen Bereich | | 15,3% (0,7) | 29,7% (1,9) |
| Reduktion von sickerfähigen Flächen ohne Vegetation | Rasenflächen und Vegetations-flächen an Stelle von Kiesflächen | | 14,4% (0,7) | 26,5% (1,8) |
| Weiße Stadt (Szenario 1) | Erhöhung der Lichtreflexion auf Dächern, Wänden und Straßen | b | 38,2% (1,8) | 47,5% (5,6) |
| Grüne Stadt (Szenario 2) | Reduktion der versiegelten Flächen, mehr Gründächer, Bäume und Flächen mit Vegetation | | 33,1% (1,6) | 33,9% (4,0) |
| Kombination (Szenario 3) | Alle Maßnahmen von Szenario 1 und 2 kombiniert | c | 55,2% (2,7) | 70,1% (7,5) |

**Weitere information:**

- Stadtverkehrsflächen – Optimierter Beton für den innerstädtischen Bereich, Peyerl M., 2018
- Bäume kühlen Städte wie natürliche Klimaanlagen, botanikguide.de, 2018
- Weiße Dächer kühlen heiße Städte, n-tv.de, 2019
- Warum Wien mehr grüne Dächer braucht, energieleben.at, 2019

**Die Fotografien:**

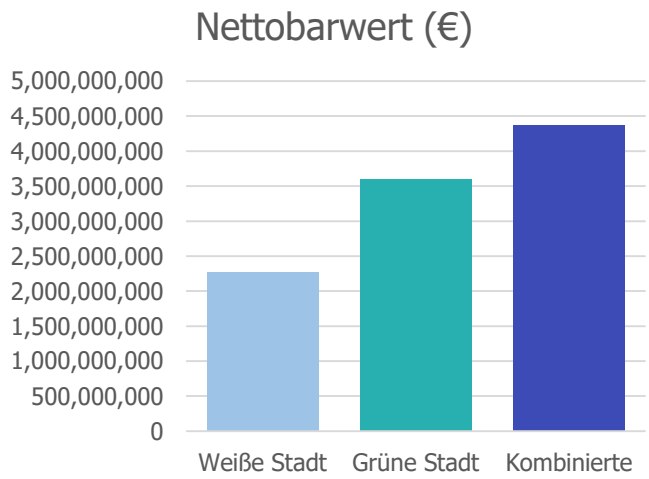
a) Flickr @Grand River Conservation Authority
b) Flickr @Harvey Barrison
c) https://talkofthecities.iclei.org/paradoxes-of-a-smart-city-3-open-data-vs-data-management/

International Institute for Applied Systems Analysis IIASA www.iiasa.ac.at
ZAMG
powered by klima+ energie fonds
ipak
umweltbundesamt PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

# Kosten-Nutzenanalyse für Klimawandelanpassungsmaßnahmen in Salzburg

In einer Kosten-Nutzen Analyse werden die Kosten der Anpassungsmaßnahmen mit dem gewonnen Nutzen verglichen. Der Nutzen wird durch eine monetäre Bewertung quantifiziert. Folgende Aspekte wurden im gegebenen Fall berücksichtigt: die Reduktion von Todesfällen, Krankheitsfällen, Krankenhausaufenthalten und der Verlust der Arbeitsproduktivität. Darüber hinaus wurden zahlreiche Ökosystemdienstleistungen quantifiziert, wie die Herstellung von neuen Habitaten, die Kostenersparnis bei der Abwasserbehandlung, Heizung und Kühlung von Gebäuden, die Steigerung der Grundstückspreise und die Erhöhung der Langlebigkeit von Gebäuden.

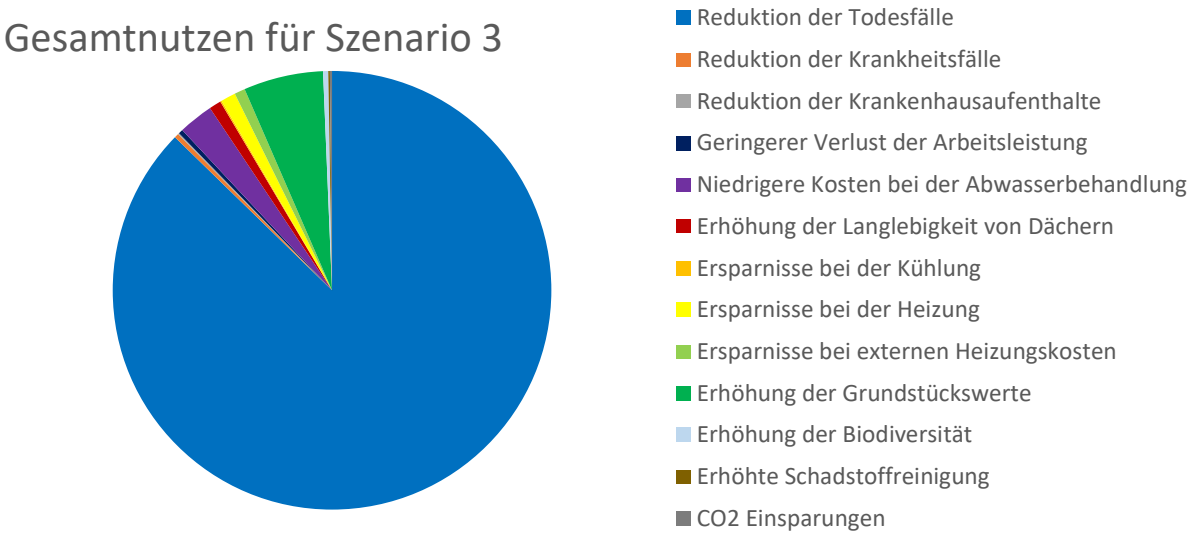
Die Kosten-Nutzen Analyse wurde für Szenario 1 - weiße Stadt (Erhöhung der Oberflächenreflexion), Szenario 2 - grüne Stadt (Erhöhung der Oberflächenverdunstung) und Szenario 3 (kombinierte Maßnahmen) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Szenarien 2 und 3 den höchsten Nutzen erzielen. In Szenario 1 wird zwar ein gesundheitlicher und wirtschaftlicher Nutzen erzielt, aber weitere soziale und ökologische Belange werden nicht verbessert.




Der wichtigste Indikator der Kosten-Nutzen Analyse ist der **Nettobarwert**.

**Nettobarwert** = aktueller Wert aller Nutzen abzüglich des aktuellen Wertes aller Kosten über einen Zeitraum von 50 Jahren valorisiert.

Die Szenarien 2 (grüne Stadt) und 3 (grüne und weiße Stadt) erzeugen einen hohen Nettobarwert und weisen auf einen hohen Mehrwert für die Gesellschaft hin.



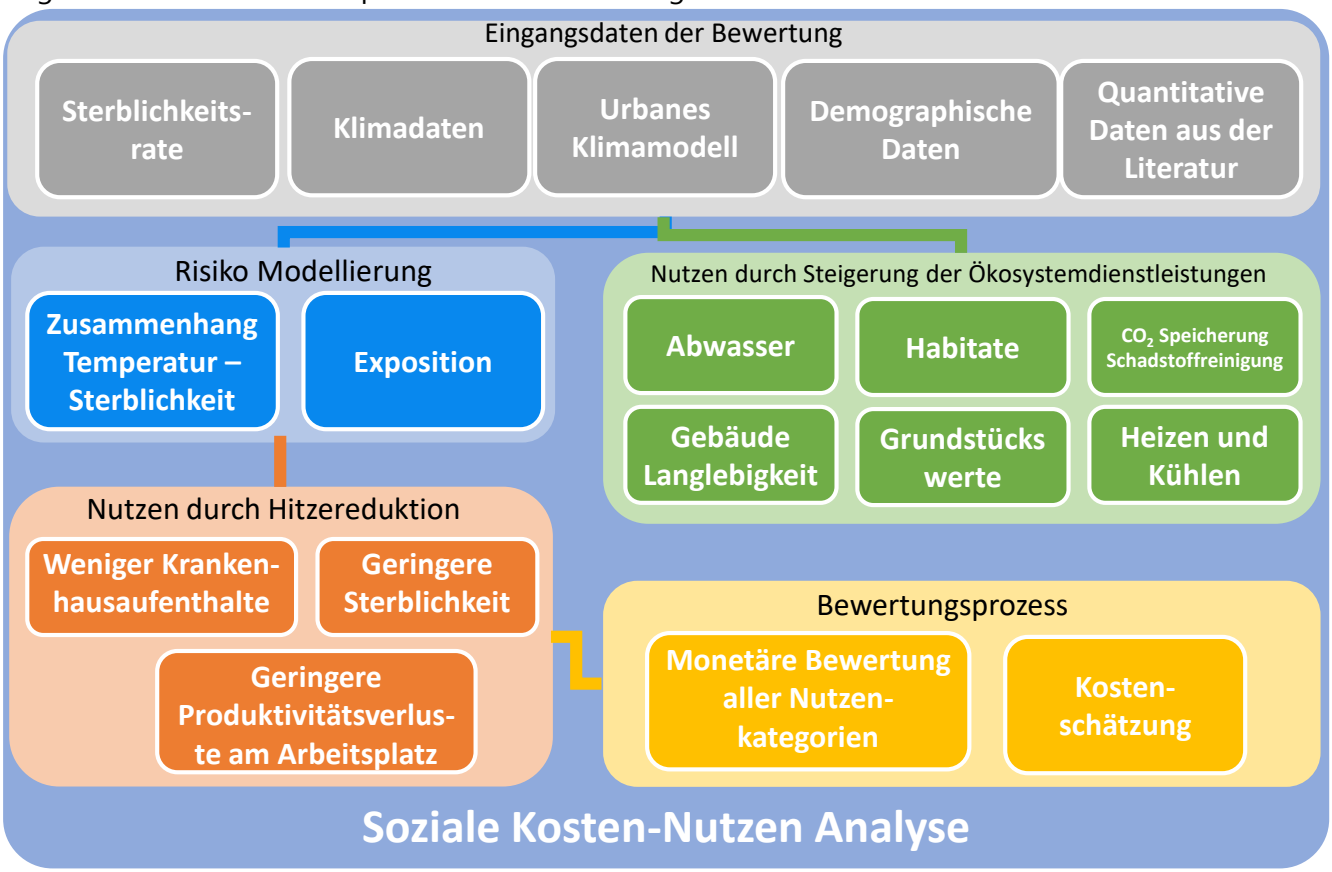

## Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Die Reduktion der Sterblichkeitsrate hat den höchsten Mehrwert für die Gesellschaft.
- ✓ Die Erhöhung der Ökosystem-dienstleistungen erzeugt einen Nutzen im Wert von 837 Mio. € und hat einen Anteil von 12% am Gesamtnutzen.

Durch den Einsatz von Klimawandelanpassungsmaßnahmen, insbesondere solche im Zusammenhang mit dem Szenario "Green City" werden Oberflächen entsiegelt, mehr grüne Dächer geschaffen und die Vegetationsflächen erweitert. Neben der erheblichen Reduktion der Hitzetage werden zahlreiche weitere Nutzen generiert, dazu zählen vor allem reduzierte Abwasserkosten, geringere Kühlungskosten, die Erhöhung der Biodiversität und die Verbesserung der Lebensdauer von Gebäuden. All dies sind Vorteile die die BürgerInnen von Salzburg in Zukunft nutzen können.

# Wie bewerten wir die Vorteile von Klimawandelanpassungsmaßnahmen?

Nachstehend ist die soziale Kosten-Nutzen Analyse erläutert, insbesondere die Bewertung des Nutzens, der durch Klimawandelanpassungsmaßnahmen entsteht. Die Analyse beginnt mit verschiedenen Input Daten insbesondere zu Sterblichkeit, Klima und Demographie. Die Inputdaten werden in einem zweiten Schritt verwendet um den Zusammenhang von Temperatur und Sterblichkeit zu ermitteln. Davon abgeleitet wird die Hitze-Exposition der Bevölkerung ermittelt.




Insgesamt werden zwei Typen auf der Seite des Nutzens betrachtet. Erstens **Nutzen durch Hitzereduktion**, wie zum Beispiel die Reduktion der Sterblichkeit, der Krankenhausaufenthalte und der Produktivitätsverluste am Arbeitsplatz. Der ökonomische Nutzen wird auf Basis der Hitzereduktion errechnet, diese wiederum ergibt sich aus den gesetzten Klimawandelanpassungsmaßnahmen. Zum Beispiel ist die Produktivität am Arbeitsplatz an einem Hitzetag um 7% reduziert. Die Reduktion der jährlichen Hitzetage um 0.96 HT würde im Falle von Salzburg geschätzte 1,1 Mio. € bei den Arbeitskosten und 29 Mio. € bei den Krankenhauskosten einsparen.

Zweitens der **Nutzen durch Ökosystemdienstleistungen**. Dieser ergibt sich durch die grüne Infrastruktur, wie zum Beispiel grüne Dächer, Entsiegelung, mehr Bäume und mehr Flächen mit Vegetation. Für Szenario 3 (Weiße und grüne Stadt) wurde der Nutzen der Ökosystemdienstleistungen für die nächsten 50 Jahre wie folgt berechnet:

- ✓ 180 Mio. € Kostenreduktion bei der Abwasserbehandlung
- ✓ 62 Mio. € Kostenreduktion bei Dachreparaturen, da durch Dachbegrünung die Langlebigkeit erhöht wird
- ✓ 410 Mio. € Steigerung der Immobilienwerte
- ✓ 27 Mio. € Wert der zusätzlichen Habitatsfläche
- ✓ 19 Mio. € durch erhöhte Schadstoffreinigung und $CO_2$ Speicherung
- ✓ 139 Mio. € Kostenersparnis im Bereich Kühlung und Heizung

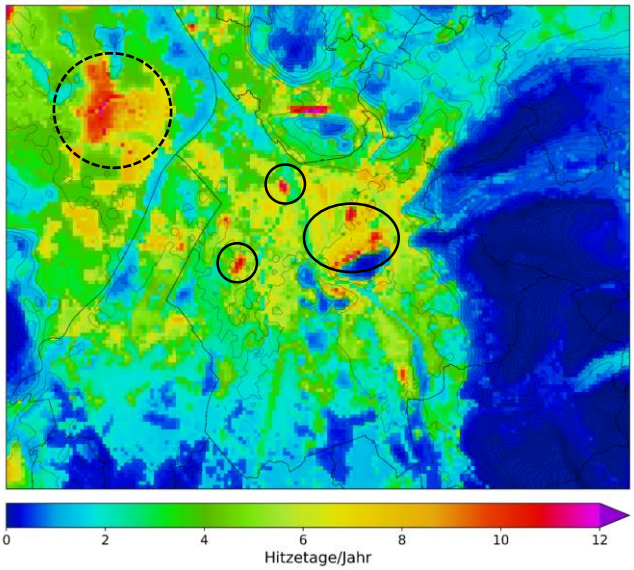
Die Gesamtkosten der Anpassungsmaßnahmen wurden dem Wert des Gesamtnutzens gegenübergestellt. Im Falle von Salzburg ergibt sich ein positiver **Nettobarwert** für die Klimawandelanpassungsmaßnahmen.

International Institute for Applied Systems Analysis IIASA www.iiasa.ac.at
ZAMG
powered by klima+ energie fonds
ipak
umweltbundesamt PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

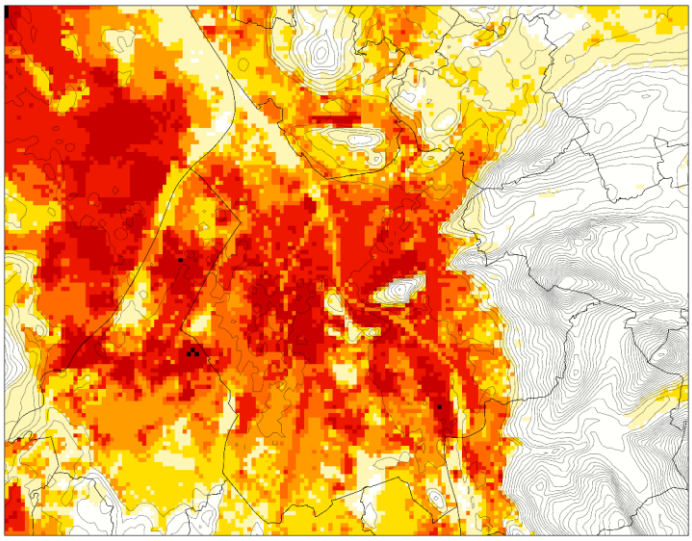
# Klimawandelanpassung auf zukünftige Klimaszenarien grenzüberschreitend ausweiten

Globale Vorhersagen gehen von weiterem Wachstum der urbanen Räume (UN, 2018) und einem weiteren Temperaturanstieg (IPCC, 2013) aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Belastung durch Hitze im urbanen Raum und die damit verbundenen negativen Auswirkungen sich in Zukunft steigern werden.

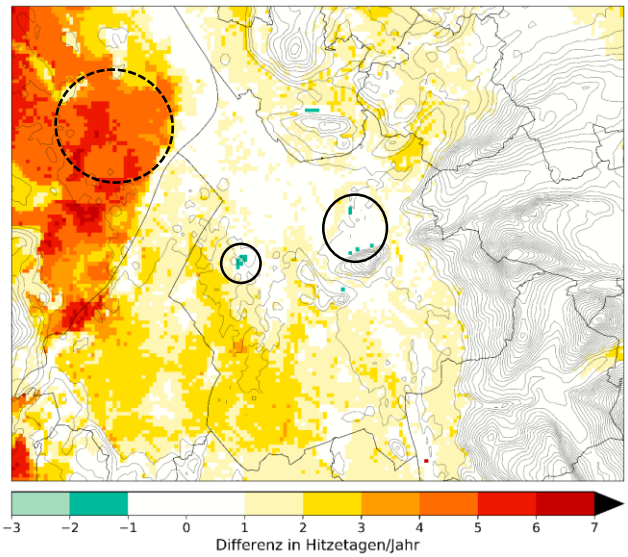
In der Klimamodellierung gibt es vier anerkannte Referenzszenarien. Für die nachstehend beschriebene Hitzemodellierung wurde das Referenzszenario 4,5 für den Zeitraum 2021 bis 2050 verwendet (gemäß IPCC Bericht) – in diesem Szenario erreichen die $CO_2$ Emissionen im Jahr 2040 einen Spitzenwert.




Die Abbildung links zeigt die absoluten Werte für Hitzetage für den Zeitraum 1981 bis 2010. Während die meisten städtischen Gebiete 4 bis 8 Hitzetage verzeichnen, erreichen einzelne Bereiche wie das Messezentrum, der Gewerbepark im Osten und auch im Stadtkern (schwarze Kreise) über 10 HT. Die Abbildung in der Mitte zeigt die Zunahme an Hitzetagen bei RCP 4,5. Glücklicherweise bleiben Grünbereiche/Parks wie der Kapuziner- und Mönchsberg auf dem selben HT Niveau ohne Anpassungs-maßnahmen. Alle anderen Bereiche der Stadt erwärmen sich um bis zu 6 HT (60% - 90% Erhöhung im Vergleich zu heute).



Die Abbildung unten zeigt den Effekt der kombinierten Anpassungsmaßnahmen (Szenario 3) unter der Berücksichtigung des aktuellen Gebäudebestandes. Die Intensität und räumliche Ausbreitung des Kühleffektes wirkt sich nahezu in der ganzen Stadt aus, wo die Hitzetage auf heutigem Niveau gehalten werden können. Darüber hinaus werden einige der dicht-bebauten Bereiche sogar kühler als momentan. Durch den Transport kühlerer Luft nach Norden, findet man in Freilassing (Deutschland) ebenfalls weniger Hitzetage.




## Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Beim Einsatz der kombinierten Klimawandelanpassungsmaßnahmen kann die Hitzebelastung in Salzburg auf **dem heutigen Niveau** gehalten werden.
- ✓ Zukunftsszenarien zeigen dass **dicht-bebaute Gebiete** (Schallmooser Hauptstraße, Reithofferstraße) **sogar kühler** als derzeit werden können.
- ✓ **Freilassing** (Deutschland) hat genauso geringere HT, daher würde sich eine **grenzüberschreitende Kooperation** anbieten.

International Institute for Applied Systems Analysis IIASA www.iiasa.ac.at
ZAMG
powered by klima+ energie fonds
ipak
umweltbundesamt PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT