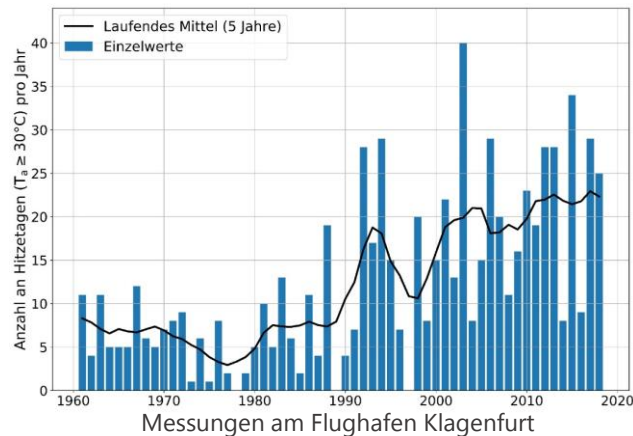


Die durchschnittliche Anzahl an Hitzetagen (HT) pro Jahr (Lufttemperatur > 30 °C) ist seit den 60er Jahren erheblich gestiegen. Dies ist in der Abbildung rechts ersichtlich, wo die Temperaturveränderung für den Flughafen Klagenfurt im Zeitraum 1960 bis 2018 dargestellt ist. Mit der Klimaveränderung wird sich dieser Trend verstärken. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind für die gesamte Region Klagenfurt ein wichtiges Thema. Der durchschnittliche Jahreswert für HT liegt derzeit bei 12,5 (in einem Schwankungsbereich von 2 bis 21).

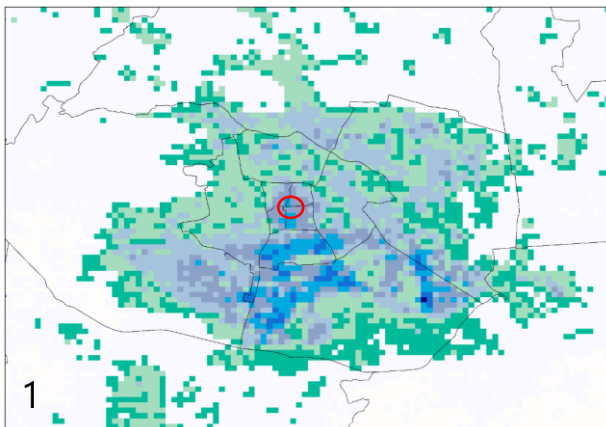
Im Projekt ADAPT-UHI wurden anhand eines Klimamodells die Effekte unterschiedlicher Anpassungsmaßnahmen simuliert und die Reduktion der jährlichen HT errechnet. In den Abbildungen unten sind drei unterschiedliche Szenarien dargestellt.



**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

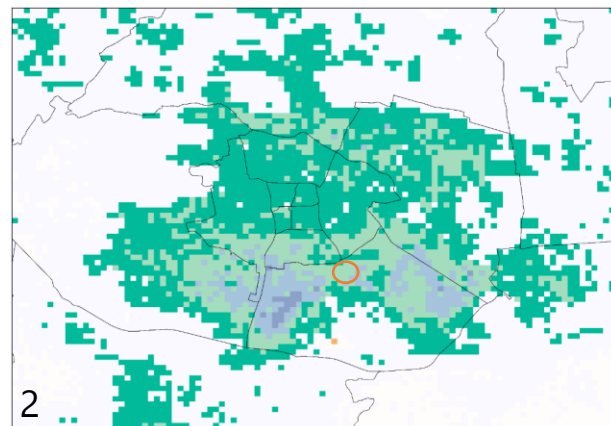
- ✓ Höchste Reduktion 7,3 HT pro Jahr
- ✓ Am **Neuer Platz** würden die Maßnahmen 12 HT statt 16,1 HT (ohne Maßnahmen) erwirken.



**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

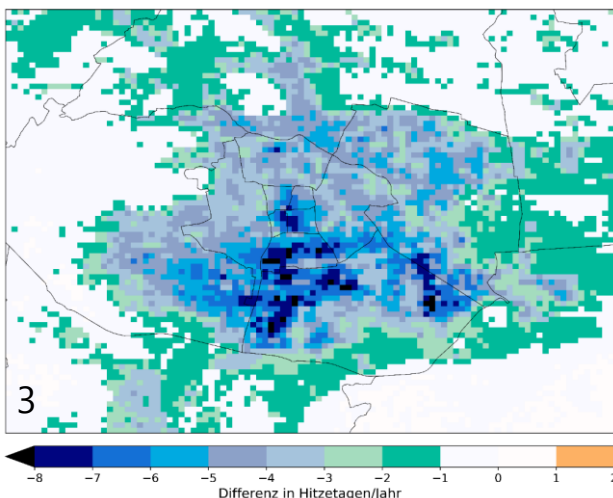
- ✓ Höchste Reduktion 4,7 HT pro Jahr
- ✓ Im **Südpark Center** würden die Maßnahmen 11,2 HT statt 14,3 HT (ohne Maßnahmen) erwirken



**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 9,2 HT pro Jahr
- ✓ Am Neuer Platz würden die Maßnahmen 10,8 HT statt 16,1 HT (ohne Maßnahmen) erwirken
- ✓ Im Südpark Center würden die Maßnahmen 8,8 HT statt 14,3 HT (ohne Maßnahmen) erwirken



### Weitere information:

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

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)		11,0% (1,4)	20,7% (4,0)
Verdoppelung der Wand-Albedo	Erhöhung der Reflexion von Wänden durch z.B. weiße oder sehr helle Fassadenanstriche		4,2% (0,5)	10,0% (2,0)
Verdoppelung der Straßen-Albedo	Verwendung von Sickerpflaster (Erhöhung der Verdunstung) oder Straßenbelag in hellen Farben		9,1% (1,1)	17,1% (3,3)
Reduktion der versiegelten Fläche	Rasenflächen und Vegetationsflächen an Stelle von Asphaltflächen		5,8% (0,7)	12,2% (2,3)
50% Gründächer im Außenbereich	Dachbegrünung auf 50% der Gebäude im suburbanen Bereich von Klagenfurt	 1	5,3% (0,7)	17,1% (2,5)
50% mehr Bäume	Mehr Bäume im öffentlichen Bereich		2,3% (0,3)	20,2% (1,7)
Reduktion von sickerfähigen Flächen ohne Vegetation	Rasenflächen und Vegetationsflächen an Stelle von Kiesflächen		4,2% (0,5)	12,2% (2,2)
Weiße Stadt (Szenario 1)	Erhöhung der Lichtreflexion auf Dächern, Wänden und Straßen	 2	25,2% (3,1)	37,8% (7,3)
Grüne Stadt (Szenario 2)	Reduktion der versiegelten Flächen, mehr Gründächer, Bäume und Flächen mit Vegetation		15,8% (2,0)	26,6% (4,7)
Kombination (Szenario 3)	Alle Maßnahmen von Szenario 1 und 2 kombiniert	 3	36,0% (4,5)	44,0% (9,2)

#### Weitere information:

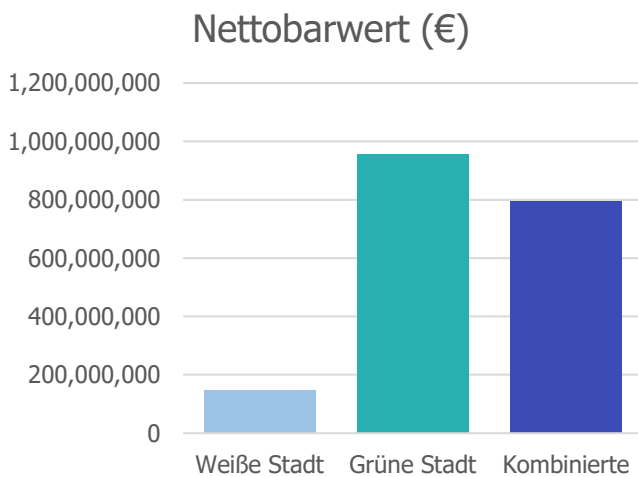
- Stadtverkehrsflächen – Optimierter Beton für den innerstädtischen Bereich, Peyerl M., 2018
- Bäume kühlen Städte wie natürliche Klimaanlage, botanikguide.de, 2018
- Weiße Dächer kühlen heiße Städte, n-tv.de, 2019
- Warum Wien mehr grüne Dächer braucht, energieleben.at, 2019

#### Die Fotografien:

1. Flickr @Grand River Conservation Authority
2. Flickr @Harvey Barrison
3. <https://talkofthecities.iclei.org/paradoxes-of-a-smart-city-3-open-data-vs-data-management/>

In einer Kosten-Nutzen Analyse werden die Kosten der Anpassungsmaßnahmen mit dem gewonnenen 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.

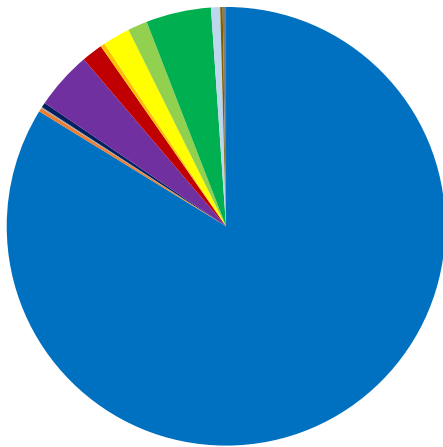


Der wichtigste Indikator der Kosten-Nutzen Analyse ist der **Nettobarwert**.

**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.

## Gesamtnutzen für Szenario 3



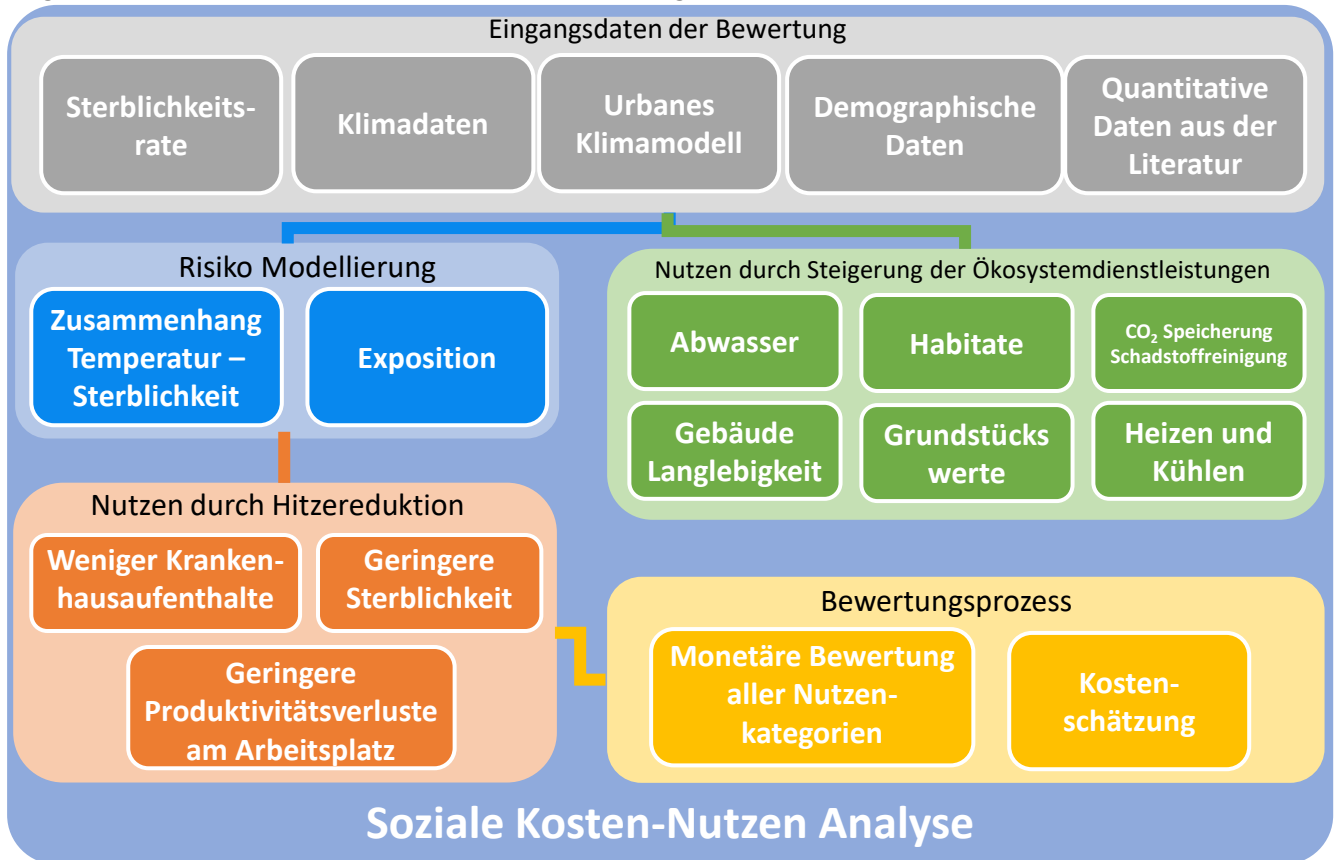
- Reduktion der Todesfälle
- Reduktion der Krankheitsfälle
- Reduktion der Krankenhausaufenthalte
- Geringerer Verlust der Arbeitsleistung
- Niedrigere Kosten bei der Abwasserbehandlung
- Erhöhung der Langlebigkeit von Dächern
- Ersparnisse bei der Kühlung
- Ersparnisse bei der Heizung
- Ersparnisse bei externen Heizungskosten
- Erhöhung der Grundstückswerte
- Erhöhung der Biodiversität
- Erhöhte Schadstoffreinigung
- CO2 Einsparungen

### Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Die Reduktion der Sterblichkeitsrate hat den höchsten Mehrwert für die Gesellschaft.
- ✓ Die Erhöhung der Ökosystemdienstleistungen erzeugt einen Nutzen im Wert von 471 Mio. € und hat einen Anteil von 15% am Gesamtnutzen.

Durch den Einsatz von Klimawandelanpassungsmaßnahmen, in besondere 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 Klagenfurt in Zukunft nutzen können.

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 0,94 HT würde im Falle von Klagenfurt geschätzte 520,000 € bei den Arbeitskosten und 11 Mio. € bei den Krankenhauskosten einsparen.

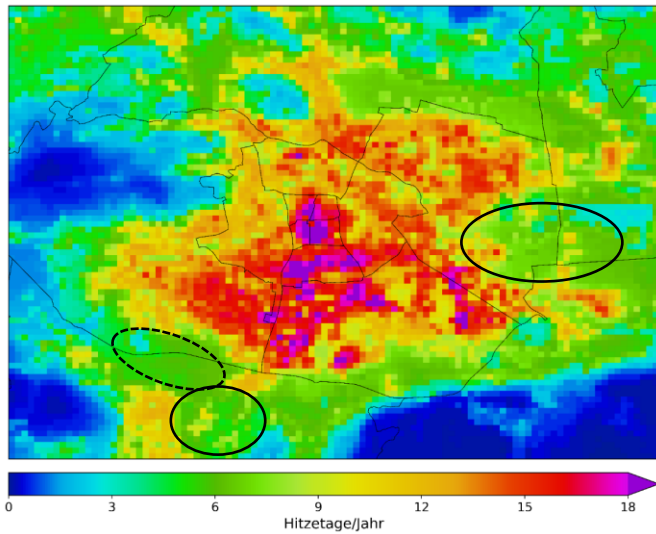
Zweitens der **Nutzen durch Ökosystemdienstleistungen**. Dieser ergibt sich durch die grüne Infrastruktur, wie zum Beispiel grüne Dächer, Entsiegelung, mehr Bäume und mehr Flächen mit Vegetation. Für Szenario 3 (Weiße und grüne Stadt) wurde der Nutzen der Ökosystemdienstleistungen für die nächsten 50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

- ✓ 130 Mio. € Kostenreduktion bei der Abwasserbehandlung
- ✓ 47 Mio. € Kostenreduktion bei Dachreparaturen, da durch Dachbegrünung die Langlebigkeit erhöht wird
- ✓ 146 Mio. € Steigerung der Immobilienwerte
- ✓ 20 Mio. € Wert der zusätzlichen Habitatsfläche
- ✓ 13 Mio. € durch erhöhte Schadstoffreinigung und CO<sub>2</sub> Speicherung
- ✓ 115 Mio. € Kostenersparnis im Bereich Kühlung und Heizung

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

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.

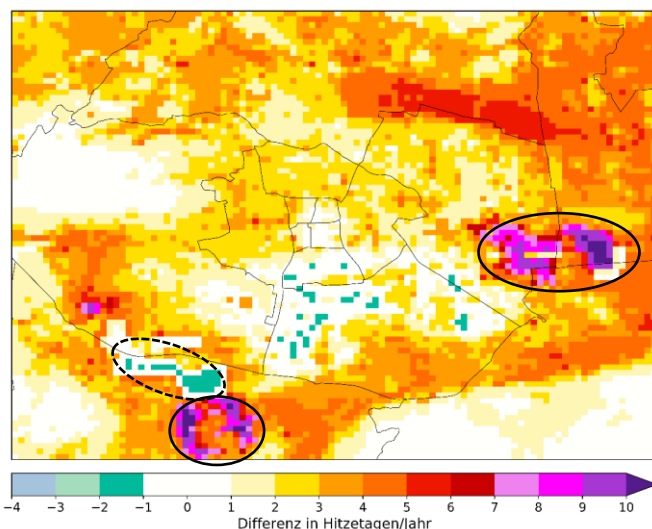
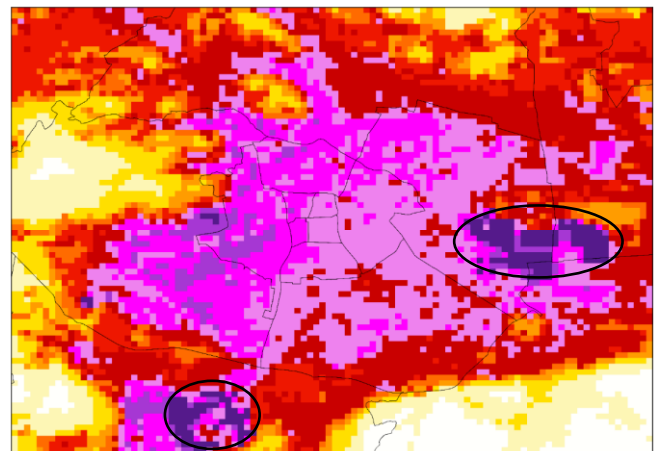
In der Klimamodellierung gibt es vier anerkannte Referenzszenarien. Für die nachstehend beschriebene Hitzemodellierung wurde das Referenzszenario 4,5 für den Zeitraum 2021 bis 2050 verwendet (gemäß IPCC Bericht) – in diesem Szenario erreichen die CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahr 2040 einen Spitzenwert.



IPAK stellte den zukünftigen Bebauungsplan für Klagenfurt und Umgebung zur Verfügung. Neue Gebäude (sowohl für Wohnen als auch Gewerbe) und Aufforstungen sind überwiegend im Süden und Osten der Stadt (Viktring) geplant. Die Abbildung links zeigt die absoluten Werte für Hitzetage für den Zeitraum 1981 bis 2010.

Die Abbildung in der Mitte zeigt die Zunahme an Hitzetagen bei RCP 4,5. Für alle innerstädtischen Bereiche ist eine leichte Zunahme an Hitzetagen zu erwarten, wohingegen in jenen Regionen, wo neue Gebäude geplant sind, eine besonders starke Zunahme zu erwarten ist (schwarze Ellipse zeigt vorher landwirtschaftlich genutzte Flächen).

Die Abbildung unten zeigt den Effekt der kombinierten Klimawandelanpassungsmaßnahmen (Szenario 3) unter Berücksichtigung des aktuellen und zukünftigen Gebäudebestandes. Die Intensität und räumliche Ausbreitung des Kühleffektes wirkt sich besonders im südlichen Teil der Stadt aus, wo die Hitzetage auf heutigem Niveau gehalten werden können. Darüber hinaus kann bei den neuen Gebäuden durch den Einsatz nachhaltiger Baumaterialien die Hitzebelastung um 5 Hitzetage reduziert werden.



## Wichtigste Erkenntnisse

- ✓ Beim Einsatz der kombinierten Klimawandelanpassungsmaßnahmen kann die Hitzebelastung in Klagenfurt auf dem heutigen Niveau gehalten werden.
- ✓ Neue Gebäude werden die Hitzebelastung erhöhen, aber durch nachhaltige Baumaterialien kann die Hitzebelastung reduziert werden.