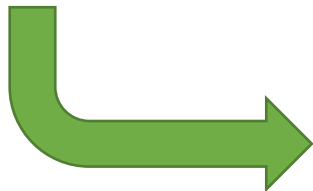


**Simulationen der Wirkungen von
Stadtgrün, insbesondere von
Gebäudebegrünungen,
am Beispiel Duisburg
Peter Küsters**

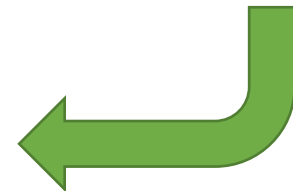
Sitz: Wien (A)
Mitgründer: Peter Küsters
35 Mitarbeiter

Portfolio:

- **Simulationsbasierte Analysen und Optimierungen von Planungen mit grün-blauen (und grauen) Infrastrukturen**
- **Forschung und Entwicklung**
- **Fortbildungen, Seminare, Beratungen**
- ...



klimatechne, lebenswerte Städte



Sitz: Neuss (D)
Gründer: Peter Küsters
6 Mitarbeiter

Portfolio:

- **Planung (LP1-9) von Gebäudebegrünungen, grün-blaue Infrastrukturen**
- **Forschung und Entwicklung**
- **Fortbildungen, Seminare, Beratungen**
- **Greenpass-Büro Deutschland**
- ...

Zur Person



Peter Küsters, Neuss

Werdegang:

- Gelernter Gärtner, Techniker für Garten- und Landschaftsbau
- Spezialisiert auf Gebäudebegrünungen seit Ende der 80er Jahre
- Praktische Erfahrung in Ausführung, Bauleitung, Kalkulation Planung, von Gebäudebegrünung im In- und Ausland seit 1986
- Leiter Abteilung Anwendungstechnik, F&E bei großem Dachbegrünungssystemhersteller

Jetzt:

Inhaber **KÜSTERS**
GRÜN.STADT.KLIMA und

greenpass 

- Beratung und Fachplanung für Gebäudebegrünungen
- Simulationsbasierte Mikroklimaanalysen für grüne und blaue Infrastrukturen
- Forschungen und Entwicklungen grüner und blauer Infrastrukturen

- Mitautor der FLL-Dachbegrünungsrichtlinien
- Botschafter BuGG (Bundesverband GebäudeGrün)
- Klimabeirat Neuss
- Mitgründer Greenpass GmbH, Wien
- Gründer Küsters Grün.Stadt.Klima

- pk@kgsk.de
- peter.kuesters@greenpass.io

Heute

schlechte
Klimaanpassung
in den Städten

Klimawandel & urbanes Wachstum

Folgen

Hitzewellen
Überflutungen
Gesundheitsrisiko
Folgekosten

lebens-
werte
Städte

GREENPASS® Lösung

Bedarf

Einfache und
kosteneffektive
Klimaanpassung

Es braucht **GRÜN** und
Blau, aber ...

...Wo genau?

...Welches?

...Wie viel?



Urbane Themenfelder



KLIMA

- Thermischer Abluftstrom
- Thermischer Komfort
- Thermische Performanz
- Strahlung
- Albedo
- Evapotranspiration
- Beschattungsfaktor
- Nächtliche Abkühlung



BIODIVERSITÄT

- Blattfläche
- Grünfläche
- Shannon Index



WASSER

- Abflussbeiwert
- Versiegelungsgrad
- Wasserspeicherung
- Wasserbedarf GI
- Wasserbedarf GI/TCS



ENERGIE

- Thermische Speicherfähigkeit
- Kühlgradstunden Gebäude



LUFT

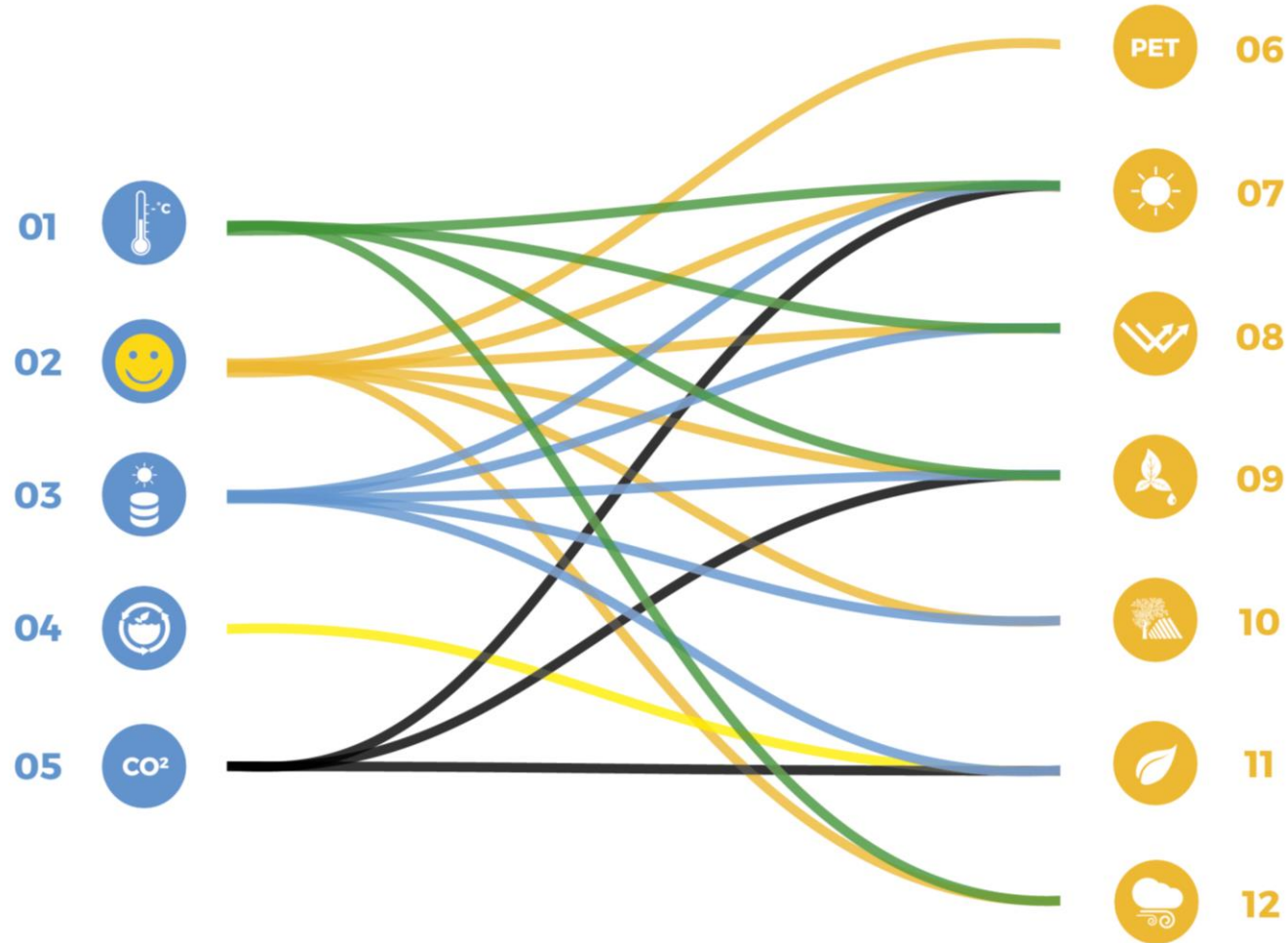
- CO2 Speicherung
- Wind



KOSTEN

- Kosten Invest GI
- Kosten Invest GI/m²
- Kosten Invest GI/TCS
- Kosten Invest GI/Wasserspeicherung
- Kosten Invest GI/Reduktion Kühlgradstunden
- Kosten Pflege GI
- Kosten Pflege GI/m²
- Kosten Wasserbedarf GI/m²

Die 12 Klimaindikatoren sind in Wechselwirkung



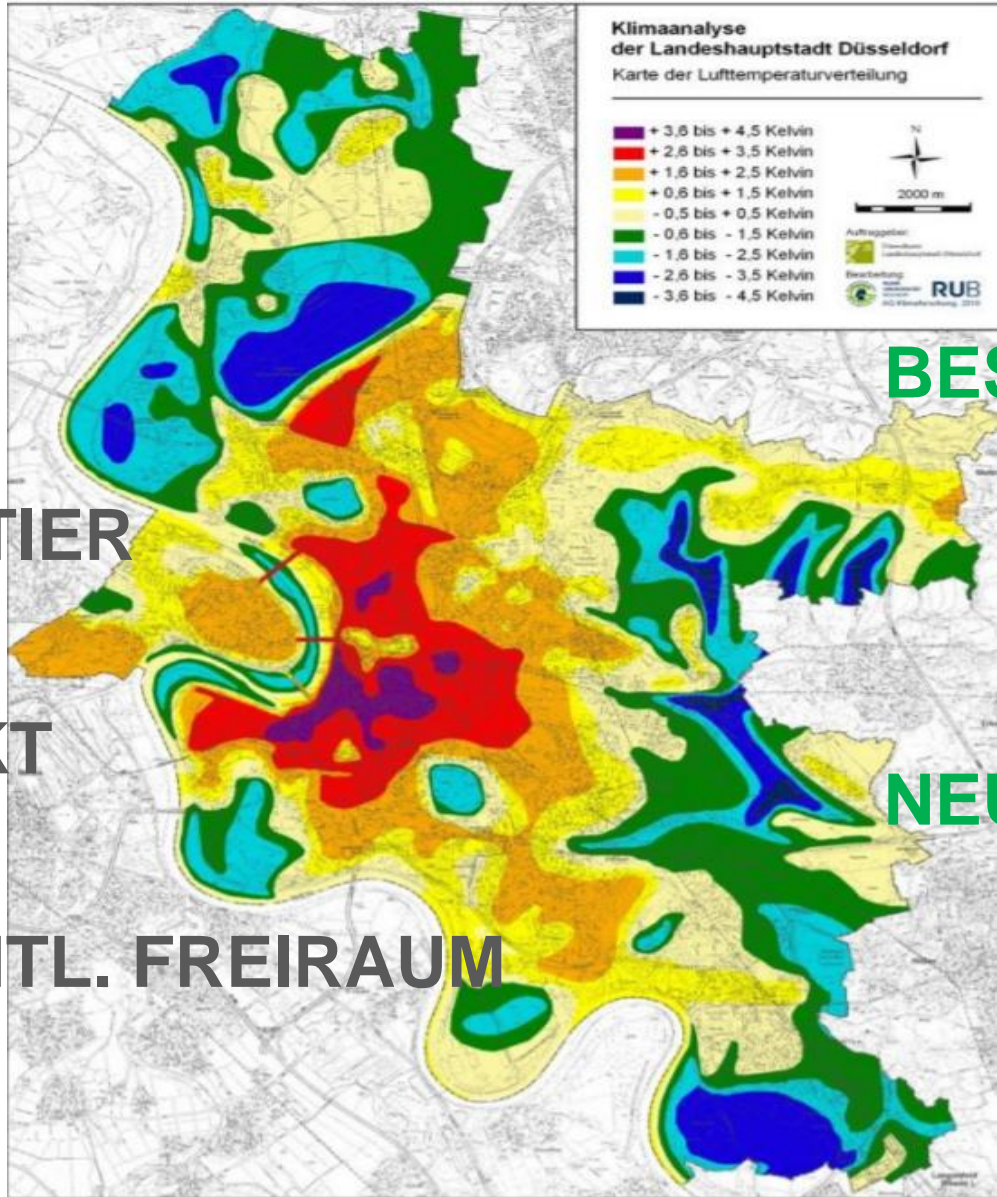
Anwendungsbereiche

STADT

QUARTIER

OBJEKT

ÖFFENTL. FREIRAUM



BESTAND

NEUBAU

Stadt



Quartier



Objekt



Öffentl. Freiraum



Für wen?



Bauträger

- Investitionssicherheit
- Klimabezogene Auswirkungen und Kosten effizient optimieren
- Aufenthaltsqualität und Rentabilität sicherstellen
- Zertifizierung und Qualitätssicherung



Planer

- Planungsoptimierung
- Wettbewerbsvorteil
- Erweiterung des Geschäftsfeldes



Öffentliche Hand

- Qualitätssicherung von Projekten hinsichtlich Klimawandelanpassung
- Steuerung und Kontrolle
- Erhöhung des thermischen Komforts und der Lebensqualität
- Reduktion der urbanen Hitzeinseln



Lösungsansätze

Umweltbausatz mit 4 einzigartigen Umweltchecks



Umfassende & faktenbasierte Umweltchecks für Gebäude & Freiräume

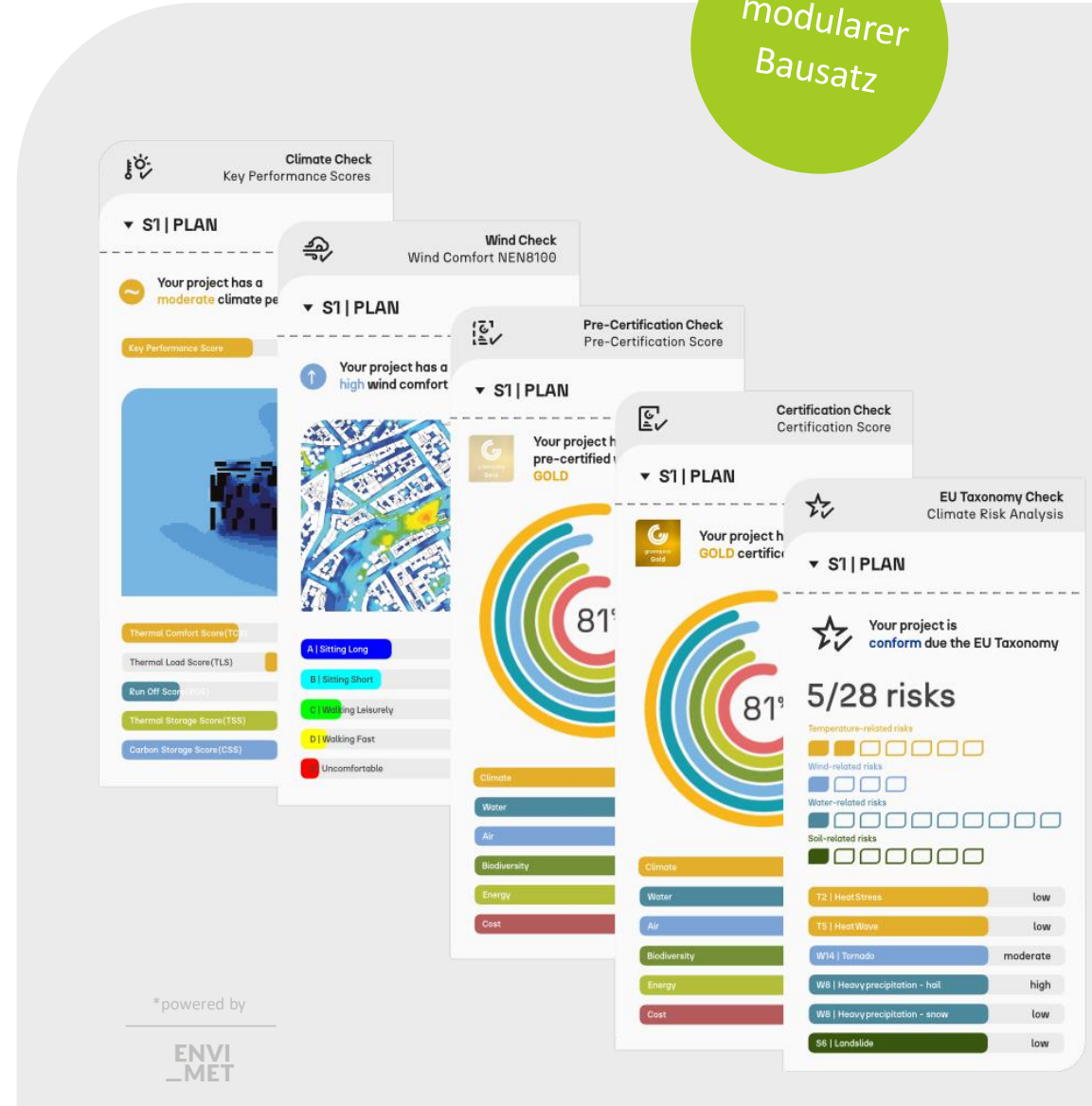


Digitaler Zwilling als single source of truth (SSOT) für Expertensimulationen & Szenarienbewertung



Wissenschaftliche KPIs & effektive Maßnahmen für Kosten/Nutzen Optimierung & eine erfolgreiche Klimawandelanpassung

modularer Bausatz



*powered by
ENVI
_MET

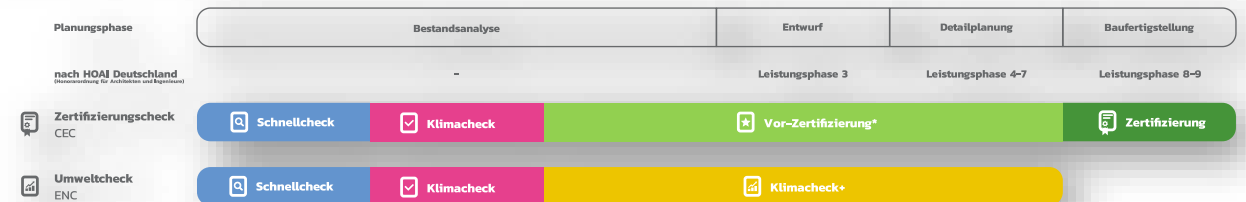
Tools für jede Planungsphase

Im Neubau




*bis zur Baufertigstellung gilt die Vorzertifizierung – nach Baufertigstellung wird diese überprüft & offiziell zertifiziert

Im Bestand




*bei Bautätigkeit gilt die Vorzertifizierung bis zur Baufertigstellung – bei keiner Bautätigkeit kann die Zertifizierung sofort angewendet

Die Tools im Überblick




Schnellcheck
pro Projekt



Klimacheck
pro Projekt



Klimacheck+
pro Projekt






Vor-Zertifizierung
pro Projekt



Zertifizierung
pro Projekt

Mit zunehmender
Detailtiefe in der
Planung
detailliertere
Ergebnisse

-  **exklusiv**
-  **optional**
-  **inklusive**

	Schnellcheck	Klimacheck	Klimacheck+	Vor-Zertifizierung	Zertifizierung		
Inhalt	Klimacheck	✓	✗	✓	✓		
	Windcheck	✗	~	~	~		
	Themenfelder	5	5	5	6	6	
	Machine Learning Engine	✓	✗	✗	✗	✗	
	Expertensimulation	✗	✓	✓	✓	✓	
	Level of Detail (LOD) Digitaler Zwilling	0	1	2	2	2	
	Quantitative Indikatoren	5	12	12	28	28	
	Kosten Indikatoren	✗	✗	✗	✓	✓	
	Qualitative Bonusindikatoren	✗	✗	✗	✓	✓	
	Individuelle Heatmaps	✗	✗	✓	✓	✓	
Output	Optimierung inkl. Workshop	✗	~	✓	✓		
	Referenzszenarien	✓	~	~	✓	✓	
	Status Quo Szenario	✗	~	~	~	~	
	Klimaszenarien Zukunft	~	~	~	~	~	
	Einfach verständlicher Bericht	✓	✗	✓	✓	✓	
	Kommunikation	Offizielle (Vor-) Zertifizierung	✗	✗	✗	✓	✓
		Certification Award Package	✗	✗	✗	✓	✓
		Impact Infografik	✗	✗	✗	~	✓
		Heatmap Visualisierung	✗	✗	✗	~	~

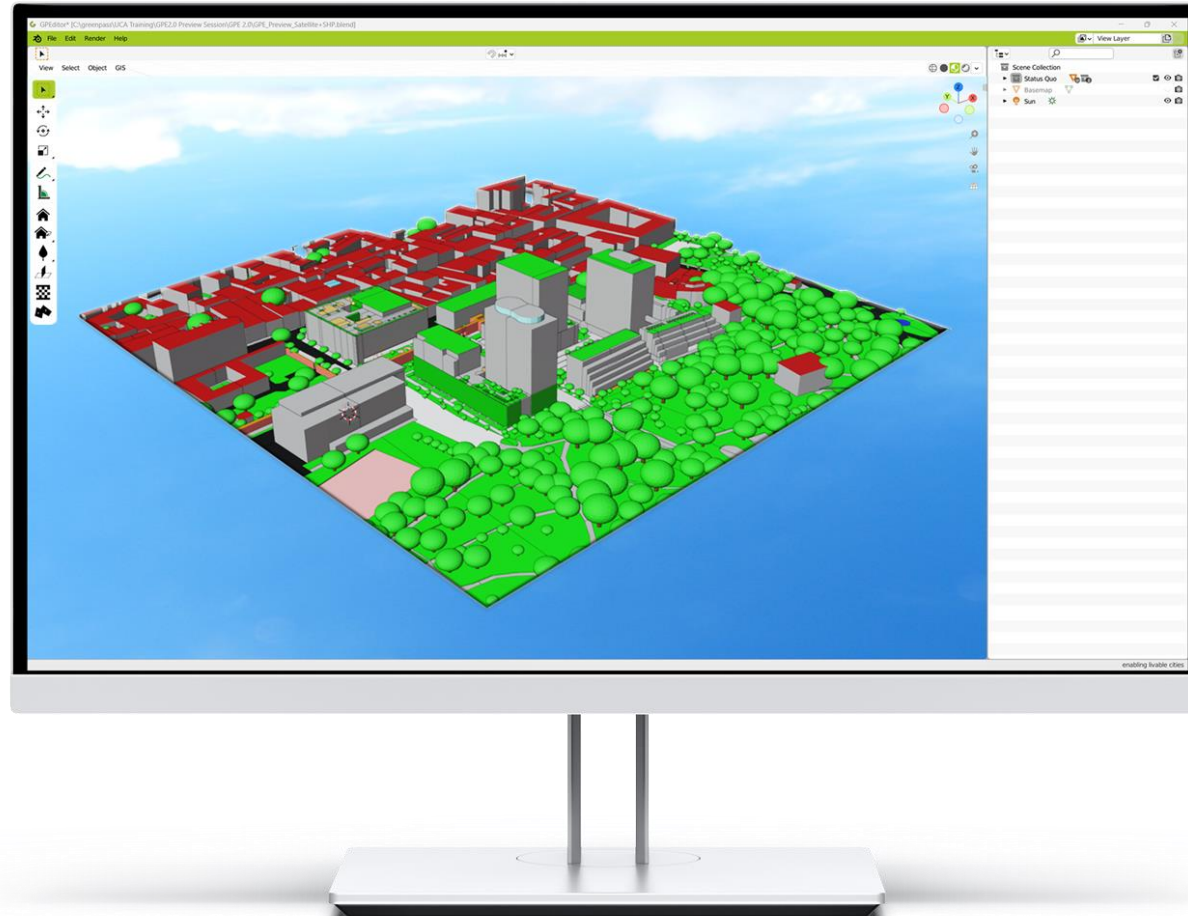
GREENPASS[®] EDITOR



Direkter Import
von CAD oder GIS Daten



GIS basiertes
Modellierungssystem



**Schnelles &
einfaches Bearbeiten**
von Projekten



**Umfangreiche
Datenbank**
100+ Materialien

WORKFLOW

SaaS (Software as a Service)





GREENPASS[®]
Green Impact Guide

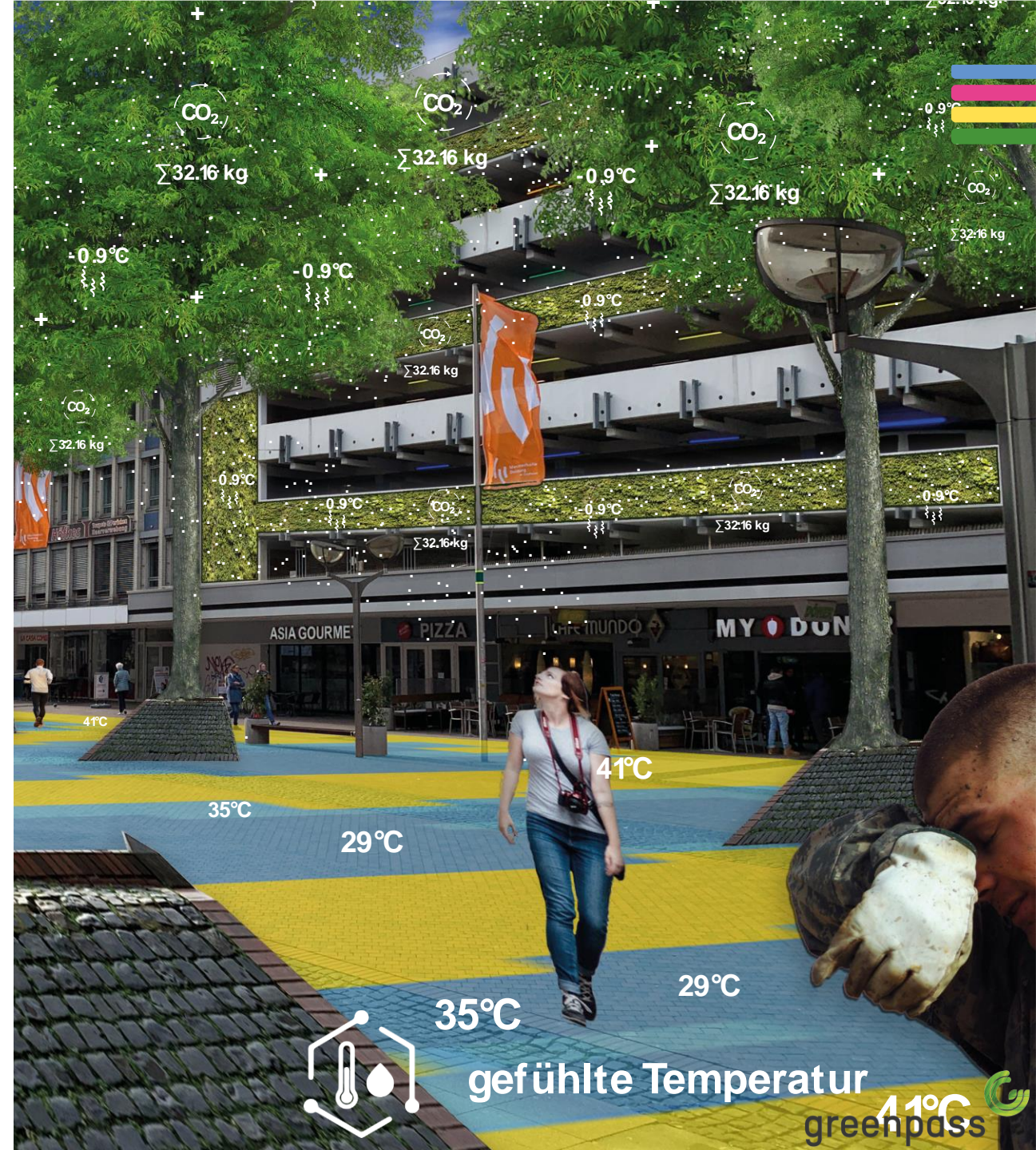


DUISBURG



Zielsetzungen

- Gezielte Förderung von Klimawandelanpassungsmaßnahmen
- Information und Motivation der Bürger*innen zur Klimawandelanpassung beizutragen



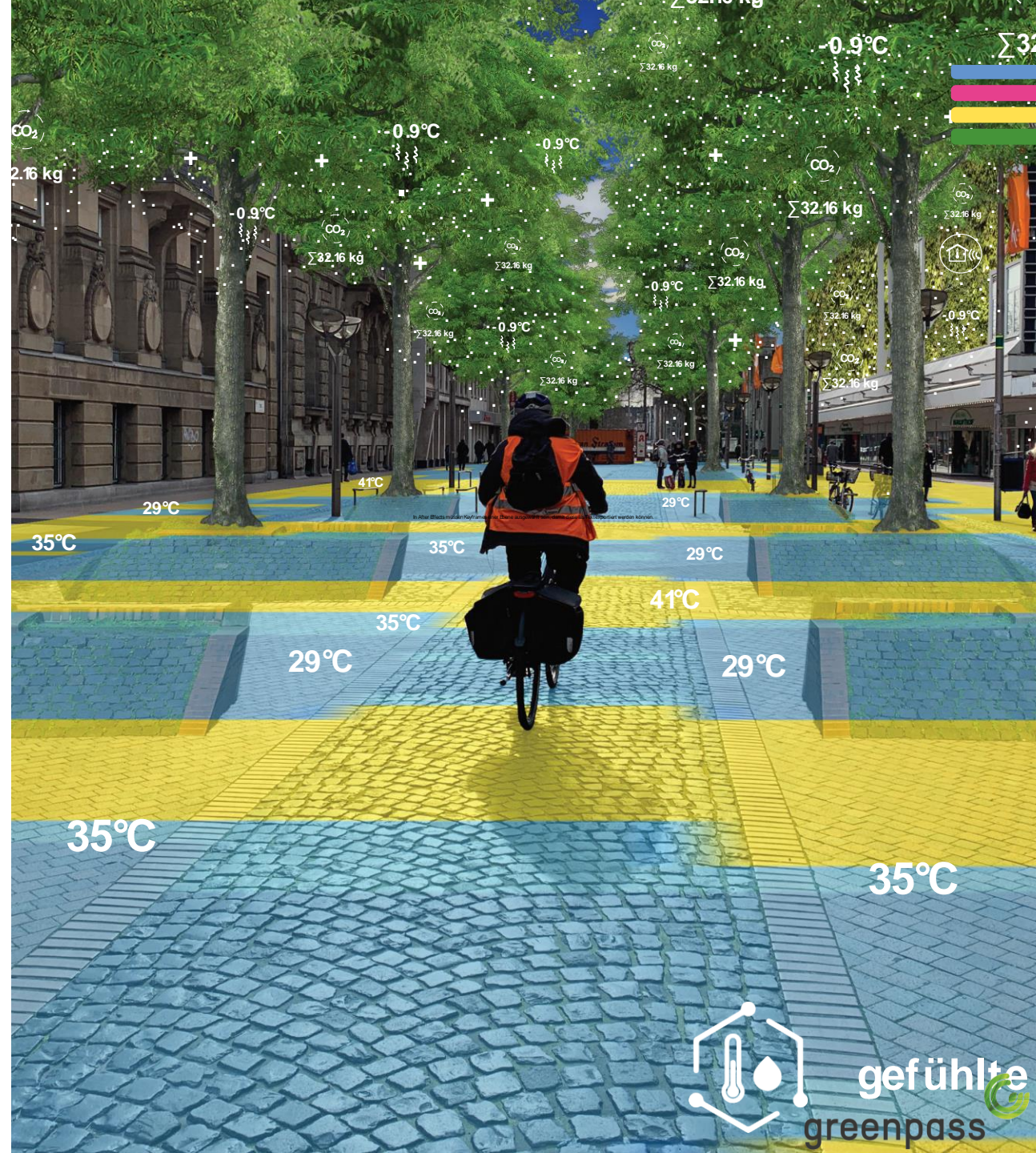
35°C

gefühlte Temperatur

41°C
greenpass

Fragestellungen

1. Wie wirken sich unter-schiedliche Begrünungsmaßnahmen auf die Klimaresilienz insgesamt aus?
2. Welche Begrünungsmaßnahme wirkt auf welchen Aspekt der Klimaresilienz am stärksten?
3. Welche Maßnahme ist flächeneffizient?
4. Welche Maßnahme ist wirtschaftlich effizient?



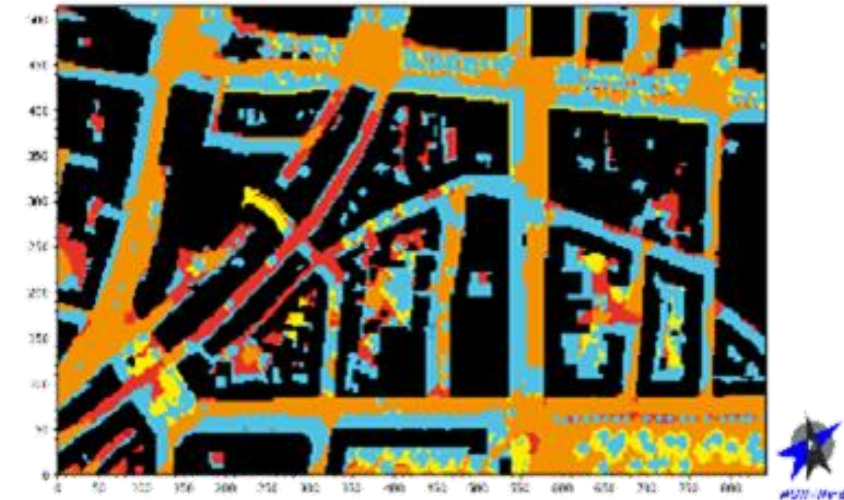
Projektgebiet

Untersuchungen welche Begrünungsvarianten am besten gegen Überhitzungen wirken

Analyse der Wirksamkeit und Analyse der Wirtschaftlichkeit

Zusatzaufgabe: Unterstützung in der Kommunikation mit Bürgern und „Stadtkonzern“

Klassifikation	Orientierung	Wert	Einheit
Projektgebietsfläche		120316	m2
Projektgebietsoberfläche		264565	m2
Gebäudevolumen		845926	m3
Gebäudeoberfläche		202753	m2
Gebäudefläche		58504	m2
Dachfläche		60336	m2
Wandfläche	West	38898	m2
	Ost	38898	m2
	Süden	33202	m2
	Norden	33244	m2



Methodik

Methodischer Ansatz

1. Definition des Projektgebiets Ortsbegehung durch Expert*innen
2. Potenzialermittlung
3. GREENPASS Klima Check
4. Referenz- und Faktorenanalyse anhand von unterschiedlichen Begrünungsszenarien
5. Analyse der Flächenwirksamkeit
6. Analyse der Wirtschaftlichkeit



Begehung und Potenzialermittlung

Umweltamt Stadt Duisburg, Dellviertel: Ausschnitte der Potenzialdarstellungen

Standorte für zusätzliche Bäume. Südlicher Abschnitt Sonnenwall



Ausschnitte der Potenzialerhebungen und Darstellungen der möglichen Dach- und Fassadenbegrünungen und deren Varianten

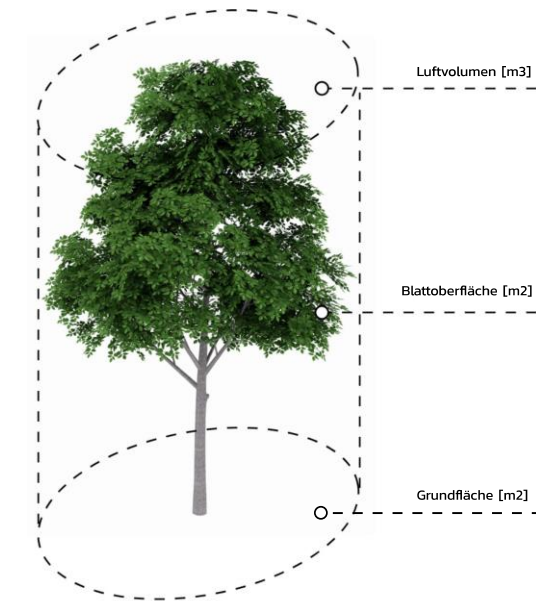


Szenarien

Wirkungsleistung nach Blattfläche



	Begrünungsszenario	Beschreibung	Blattflächenindex	Blattfläche [m2]	Fläche [m2]	Stück
Bäume	Baum LAI 100%	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	9990	79	24
	Baum LAI 50%	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	4995	79	12
Dachbe- grünung	DBG ext LAI 100%	rund 10 cm Aufbaustärke	0,5	10195	20390	
	DBG ext LAI 50%	rund 10 cm Aufbaustärke	0,5	5098	10195	
	DBG semi-int LAI 50%	rund 20 cm Aufbaustärke	1	10195	10195	
	DBG int LAI 50%	rund 30 cm Aufbaustärke	3	10194	3398	
Fassaden- begrünung	FBG LAI 100%	wüchsiger Schlinger	3,1	10196	3289	
	FBG LAI 50%	wüchsiger Schlinger	3,1	5096	1644	
	Living Wall LAI 100%	modular wandgebunden	3,1	10196	3289	
	Living Wall LAI 50%	modular wandgebunden	3,1	5096	1644	



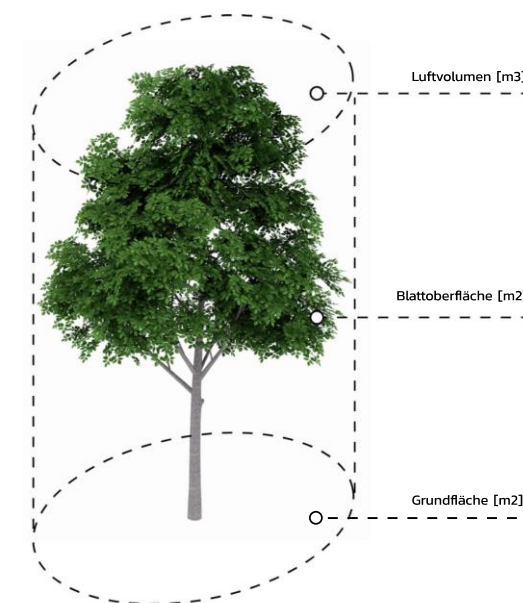
$$\text{Leaf Area Index [LAI]} = \text{Blattflächenindex} = \frac{\text{Blattfläche}}{\text{Grundfläche}}$$

$$\text{Leaf Area Density [LAD]} = \text{Blattflächendichte} = \frac{\text{Blattfläche}}{\text{Luftvolumen}}$$

Wirkungsleistung nach Orientierung



	Begrünungsszenario	Beschreibung	Blattflächenindex	Blattfläche [m2]	Fläche [m2]	Stück
Bäume	Baum Norden	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	9990	79	24
	Baum Süden	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	9990	79	24
	Baum Westen	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	9990	79	24
	Baum Osten	10 Meter Kronendurchmesser	5,3	9990	79	24
	Dachbe- grünung	DBG ext LAI 100%	rund 10 cm Aufbaustärke	0,5	10195	20390
	DBG ext LAI 50%	rund 10 cm Aufbaustärke	0,5	5098	10195	
Fassaden- begrünung	FBG Norden	wüchsiger Schlinger	3,1	10196	3289	
	FBG Süden	wüchsiger Schlinger	3,1	10196	3289	
	FBG Westen	wüchsiger Schlinger	3,1	10196	3289	
	FBG Osten	wüchsiger Schlinger	3,1	10196	3289	



$$\text{Leaf Area Index [LAI]} = \text{Blattflächenindex} = \frac{\text{Blattfläche}}{\text{Grundfläche}}$$

$$\text{Leaf Area Density [LAD]} = \text{Blattflächendichte} = \frac{\text{Blattfläche}}{\text{Luftvolumen}}$$

Referenzszenarien

Ausgehend vom Status Quo (SQ) wurden erstellt:

- Worts Case Szenario
- Moderate Case Szenario
- Best Case Szenario

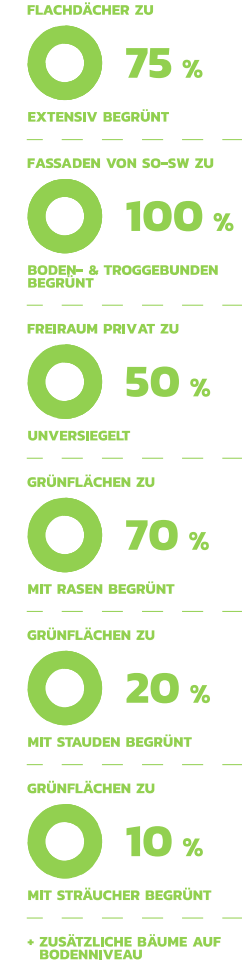
Und auf Basis der Klimaanalyse

- Optimiertes Szenario

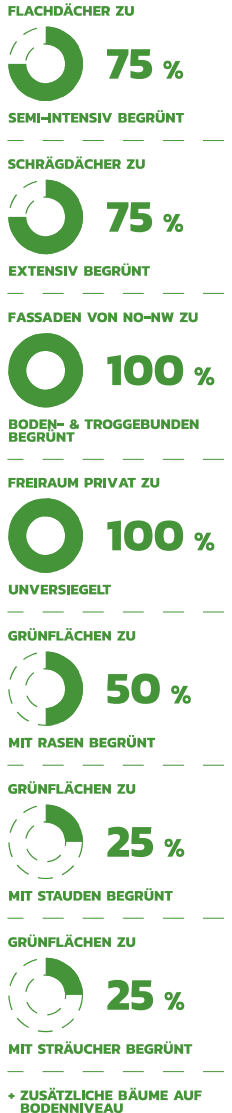
WORST



MODERATE



BEST



Digitaler Zwilling

Simulationsmodell Status Quo Szenario (SQ)



Südansicht



Grundriss

Simulationsmodell Worst Case Szenario (WC)



Südansicht



Grundriss

Simulationsmodell moderates Szenario (MC)



Südansicht



Grundriss

Simulationsmodell Best Case Szenario (BC)



Südansicht



Grundriss

Simulationsmodell optimiertes Szenario (OPT)

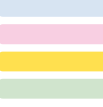


Südansicht



Grundriss

Klima Check



5 Themenfelder



Climate



Water



Air



Biodiversity



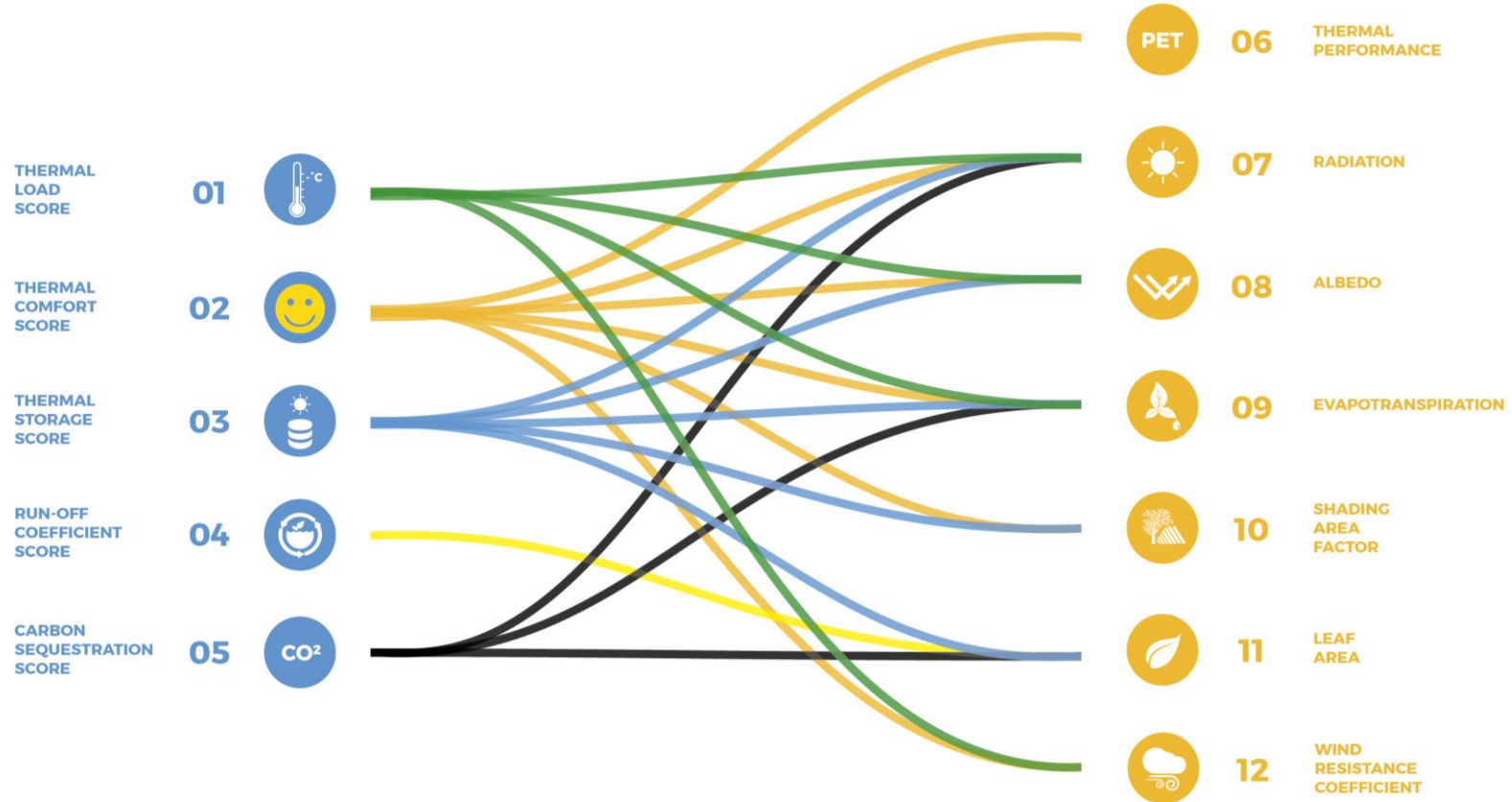
Energy



12 Klimaindikatoren

SCORES

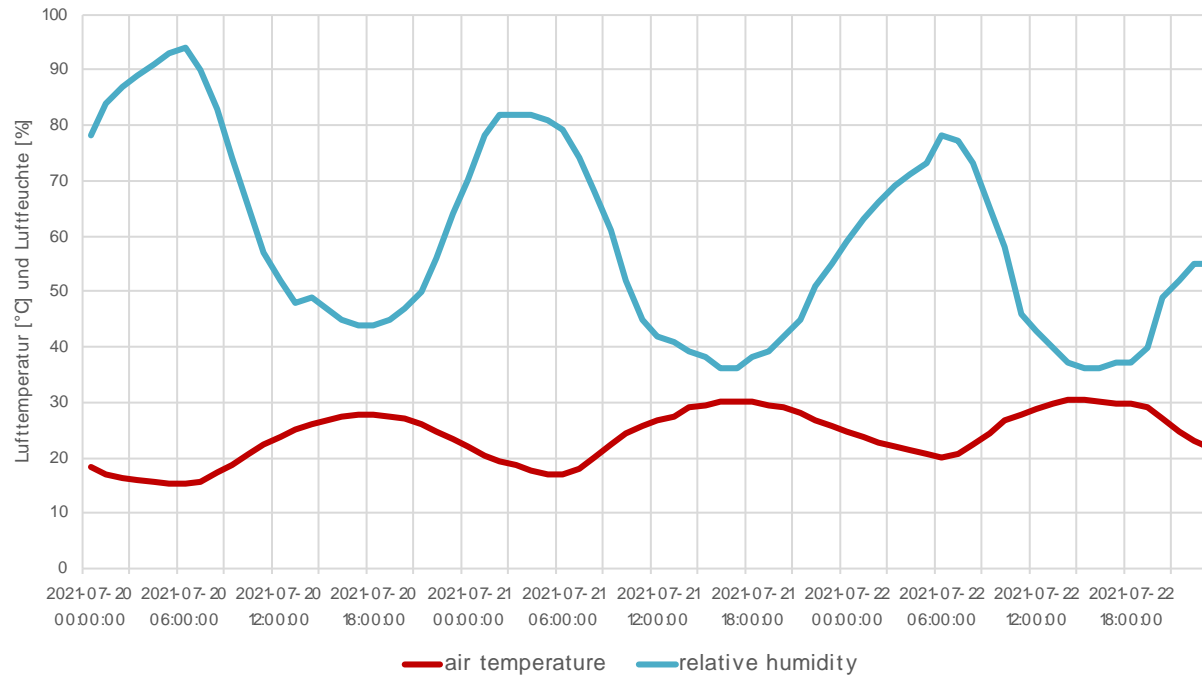
INDICES



Idealisierter Sommertag

Treiberdaten für Simulation

Idealisierte Wetterdaten für Simulationen

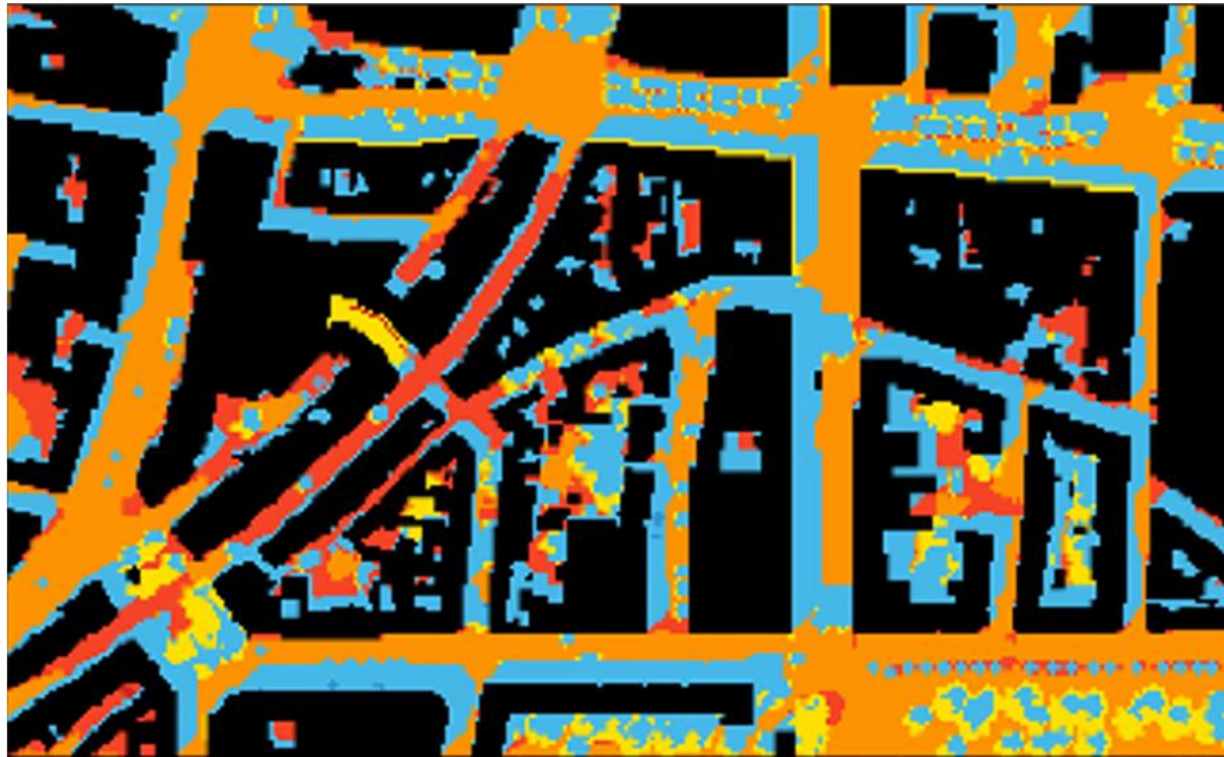


Anwendungsbereich	<input checked="" type="radio"/>	Objekt
	<input checked="" type="radio"/>	Stadt
Expertensystem	<input checked="" type="radio"/>	Mikroklima powered by ENVI MET
	<input type="radio"/>	Wind powered by CFD
Auflösung	<input checked="" type="radio"/>	2x2 m Zellengröße
	<input type="radio"/>	4x4 m Zellengröße
Wetterdaten	<input checked="" type="radio"/>	2011-2021 Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit
	<input checked="" type="radio"/>	2011-2021 Windrichtung
Sonnenstand	<input checked="" type="radio"/>	21. Juli 2021 idealisierte Hitzetage
Windrichtung	<input checked="" type="radio"/>	WSW-Wind sommerliche Hauptwindrichtung
Windgeschwindigkeit	<input checked="" type="radio"/>	2.9 m/s sommerliche Windgeschwindigkeit
Lufttemperatur	<input checked="" type="radio"/>	min 16.97 °C Lufttemperatur Tagesminimum max 30.07 °C Lufttemperatur Tagesmaximum
Luftfeuchtigkeit	<input checked="" type="radio"/>	min 36.00 % Luftfeuchtigkeit Tagesminimum max 79.00 % Luftfeuchtigkeit Tagesmaximum

Resultate

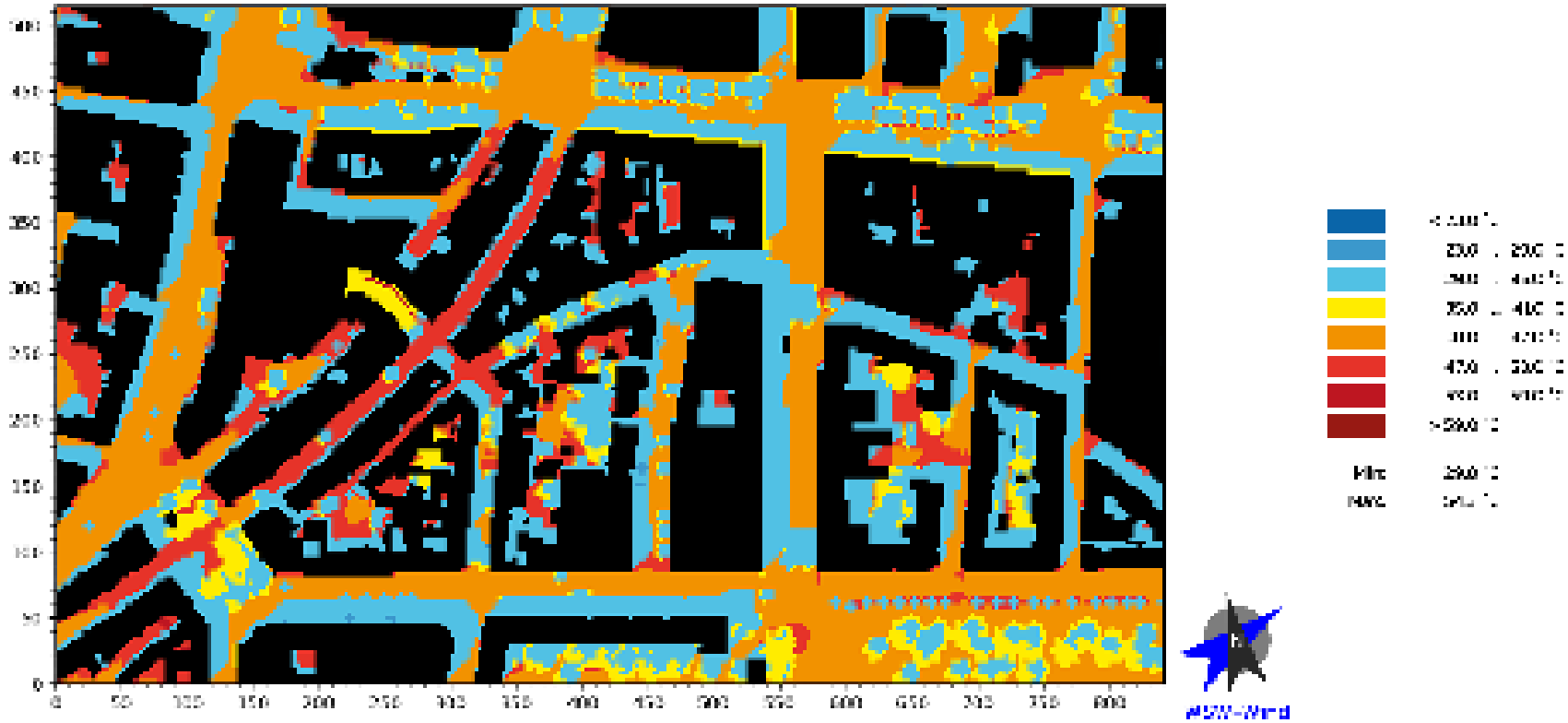
Gefühlte Temperatur

Gefühlte Temperatur Status Quo (SQ) Szenario

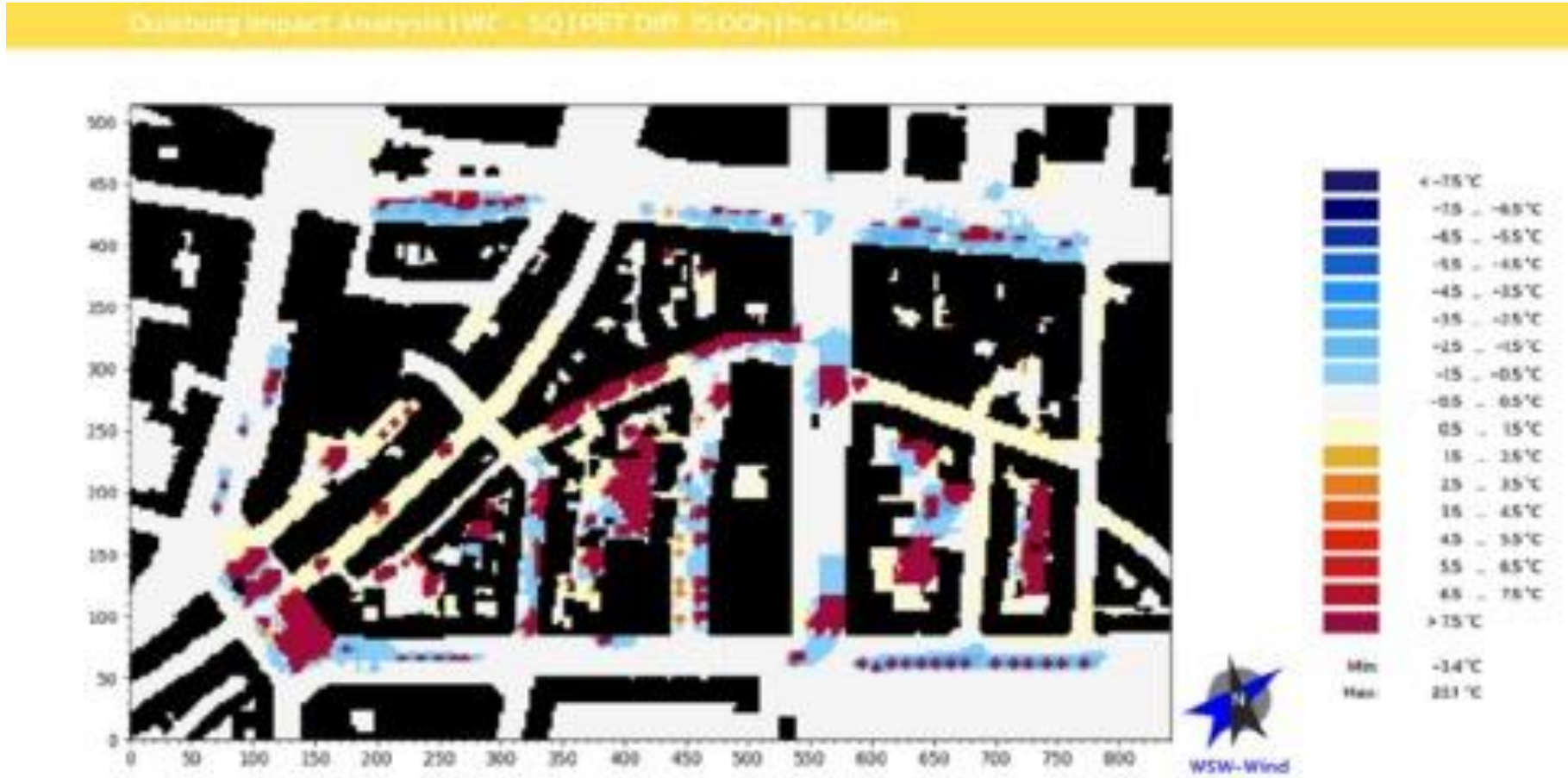


Gefühlte Temperatur Status Quo (SQ) Szenario

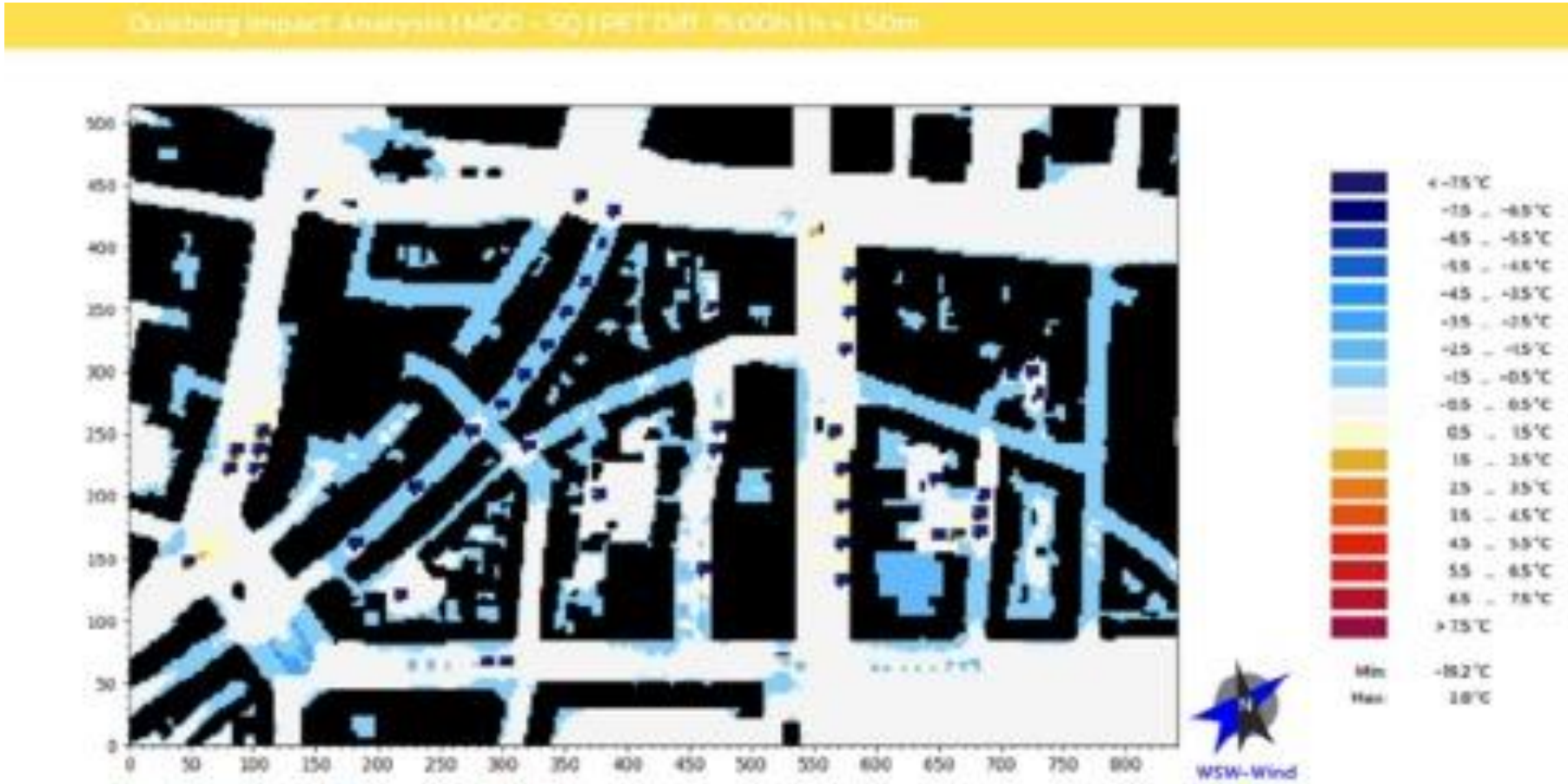
Duisburg Impact Analysis | SQ | PET 15.00h | h = 1.50m



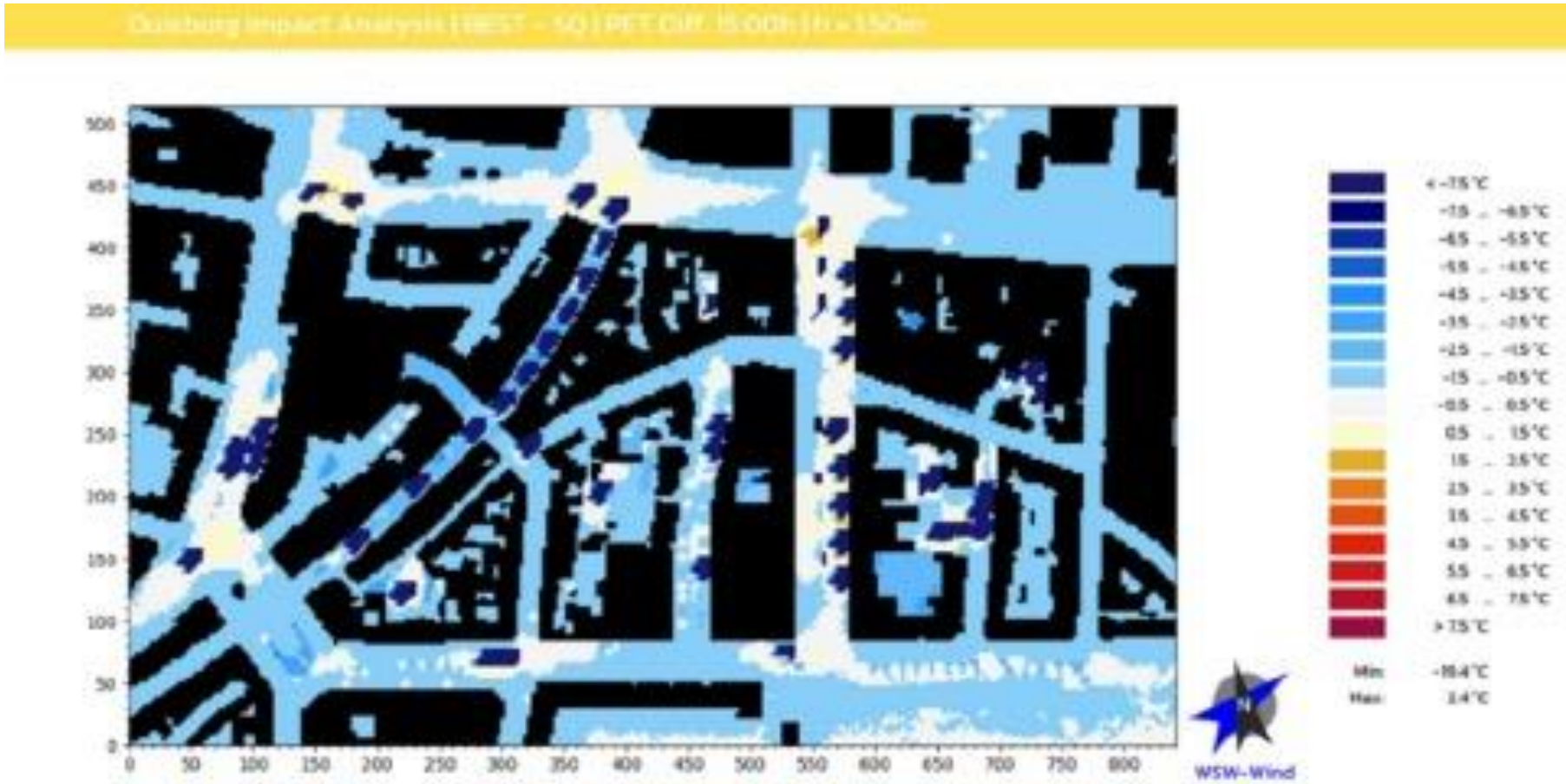
Differenz Gefühlte Temperatur SQ zu WC Szenario



Differenz Gefühlte Temperatur SQ zu MC Szenario

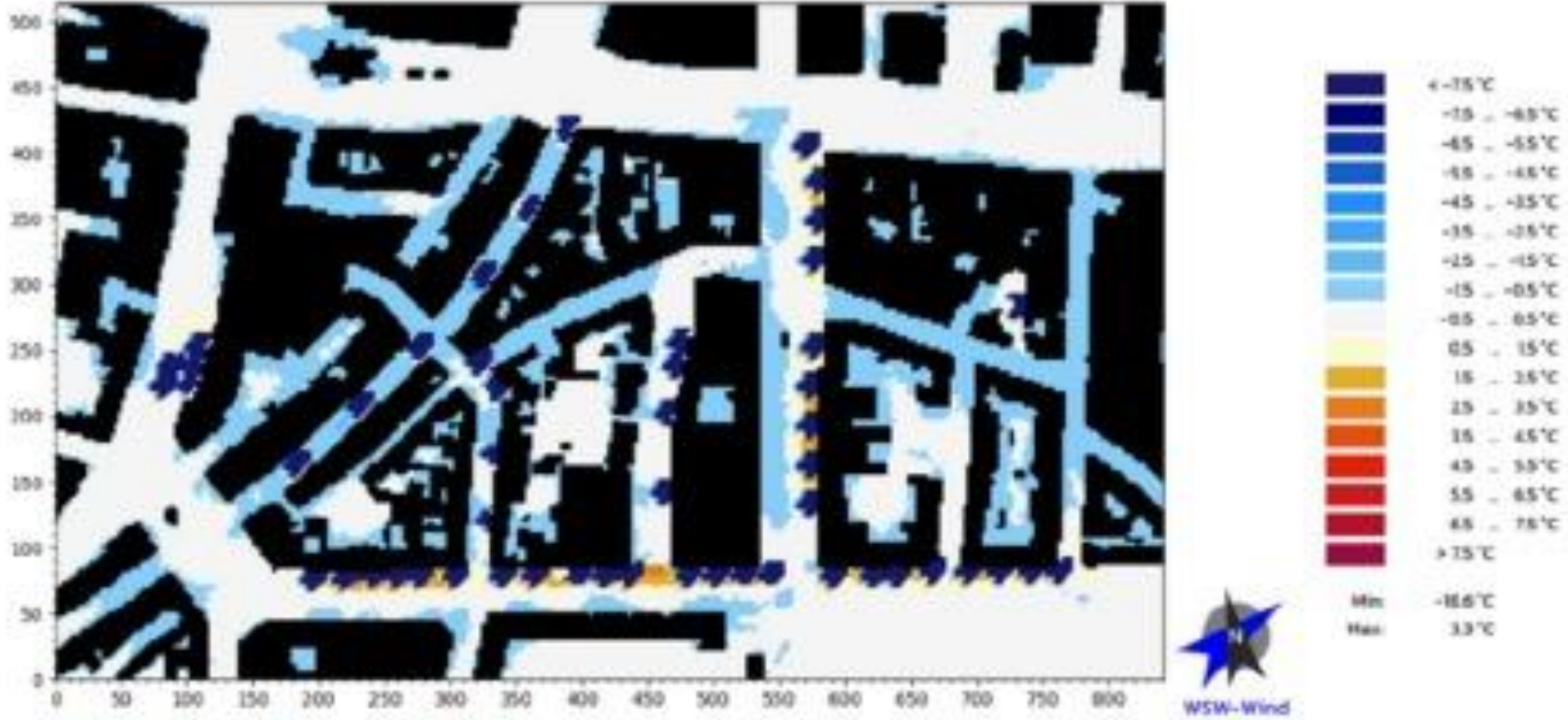


Differenz Lufttemperatur SQ zu BC Szenario



Differenz Gefühlte Temperatur SQ zu OPT Szenario

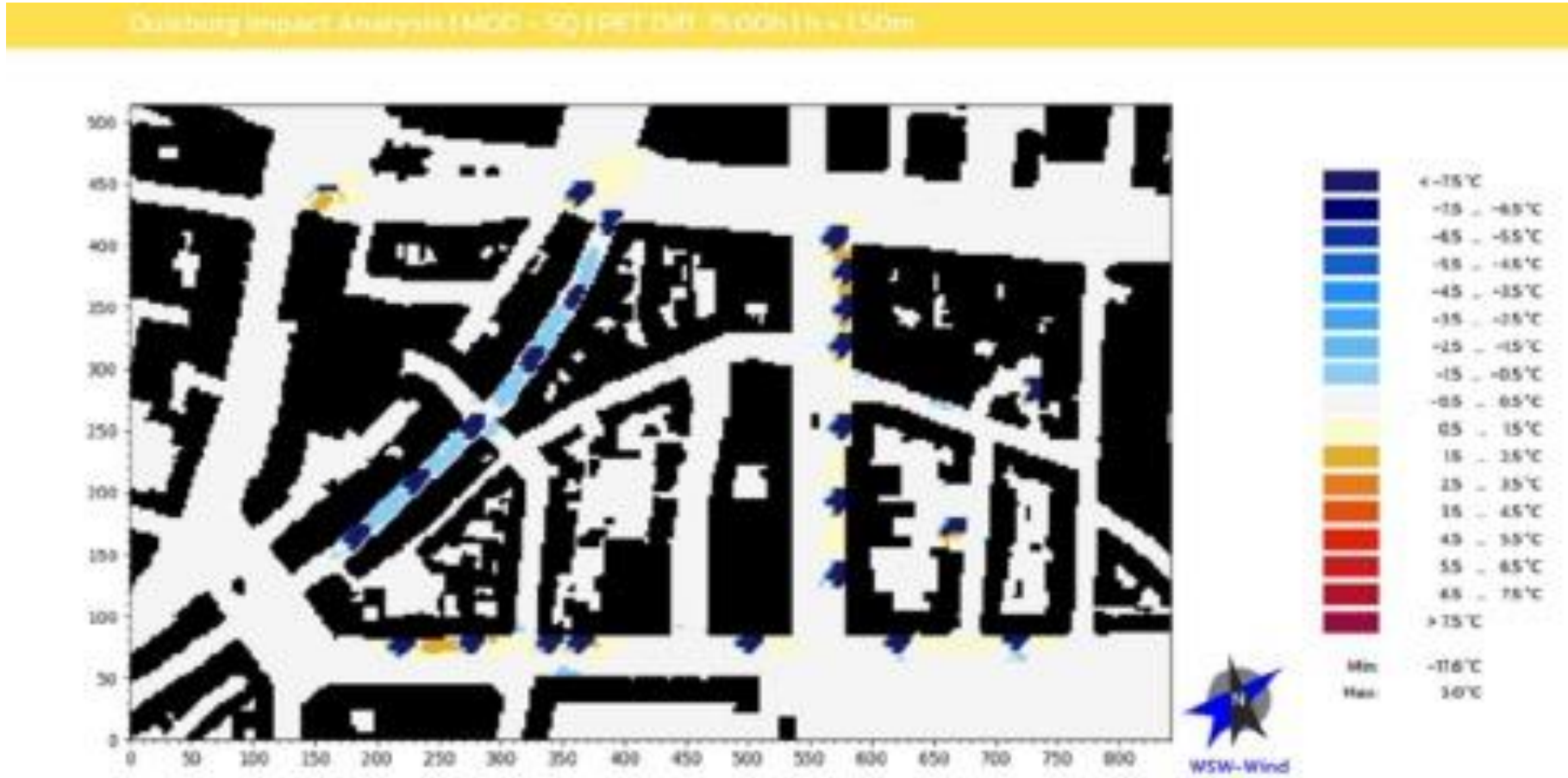
Quesburg Impact Analysis | OPT1 - SQ | PET DIFF: 15.00h | Hw: 15.0h



Differenz Gefühlte Temperatur SQ zu extensive DBG LAI 100%



Differenz Gefühlte Temperatur SQ vs SQ + Baum LAI 100%

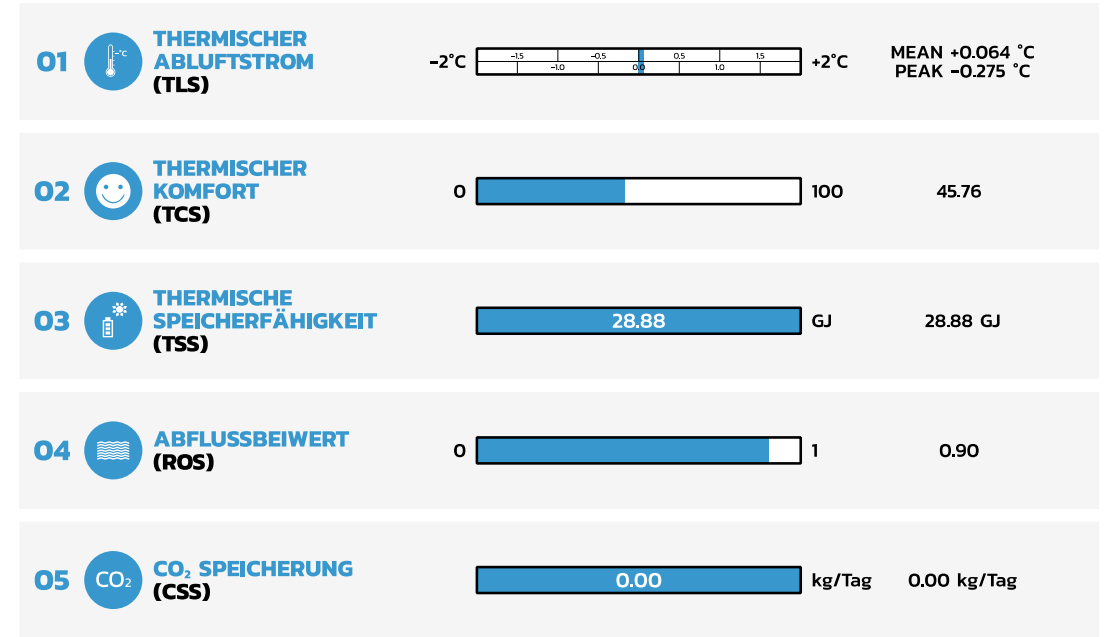
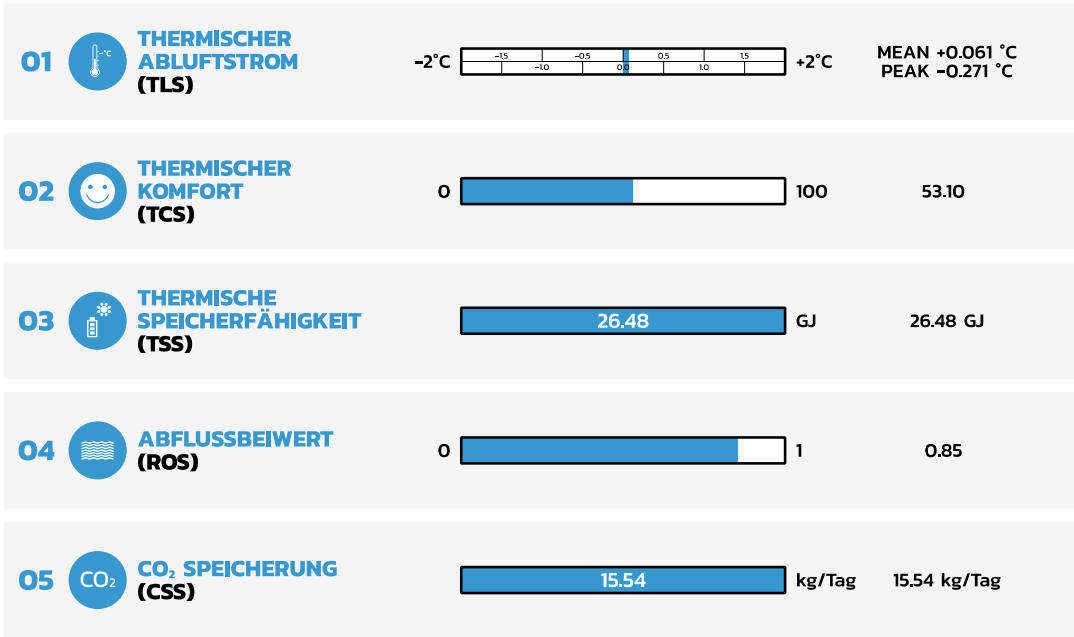


Differenz Gefühlte Temperatur SQ zu FBG LAI 100%

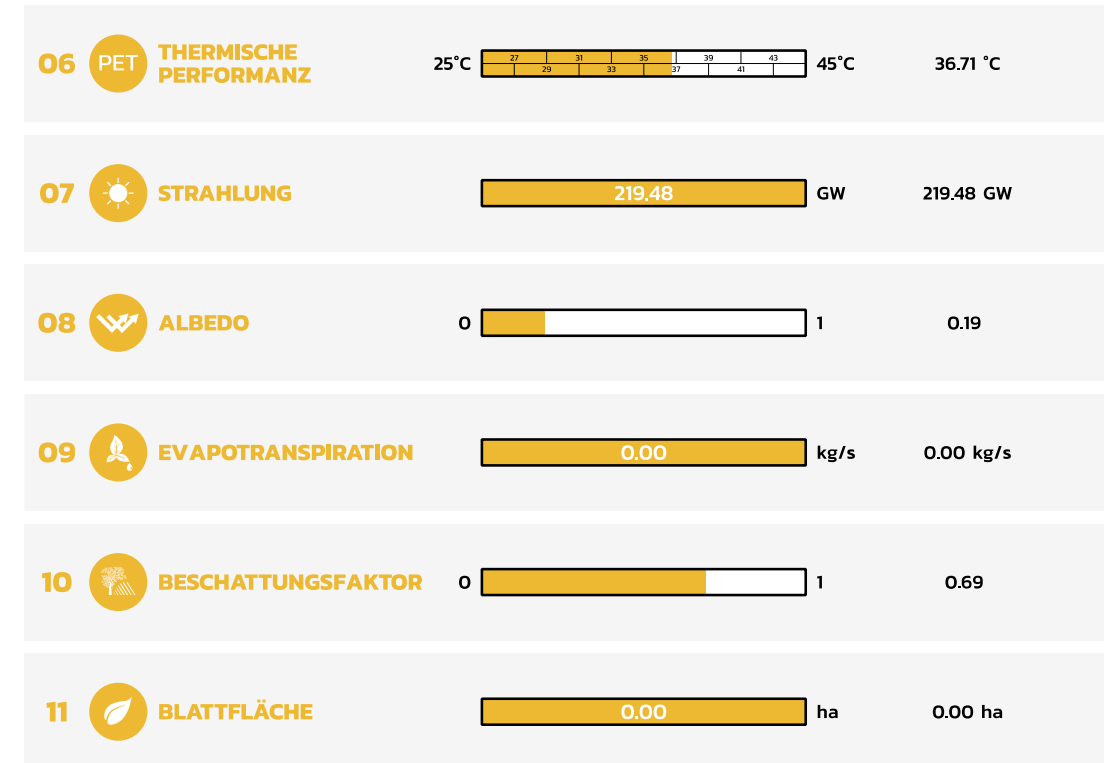
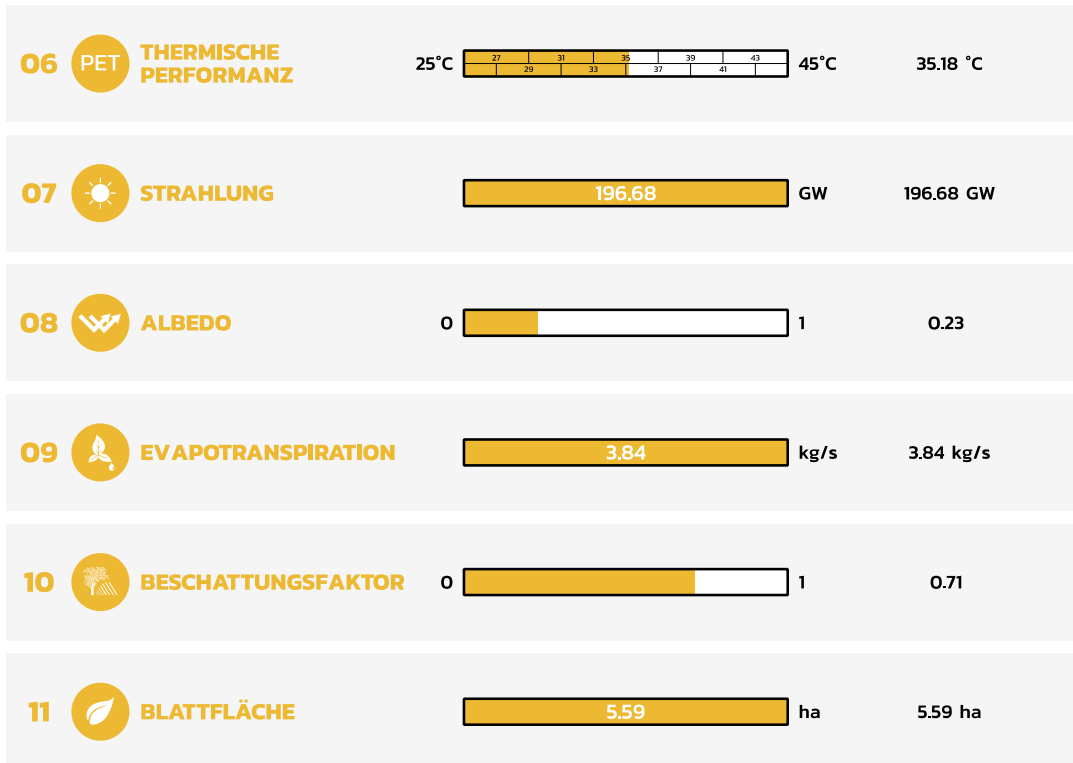


Klimaindikatoren

Klimaindikatoren im Vergleich SQ zu WC Szenario



Klimaindikatoren im Vergleich SQ zu WC Szenario



Reihung

Absolut nach Erfüllungsgrad der
Verbesserung im Vergleich zu Status Quo

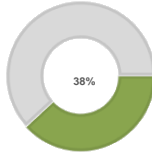
Reihung je Begrünungsmaßnahme



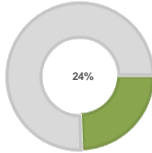
DBG EXT LAI 100



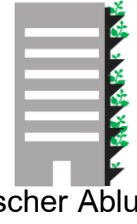
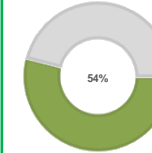
DBG SEMI-INT LAI 50



DBG INT LAI 50

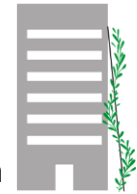
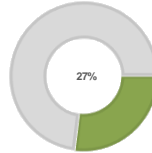


DBG EXT LAI 50

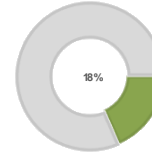


Thermischer Abluftstrom

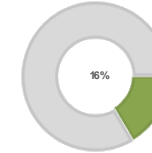
LW LAI 100



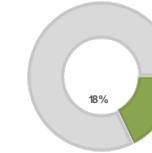
FBG LAI 100



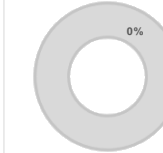
FBG LAI 50



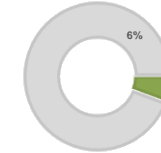
LW LAI 50



BAUM LAI 100

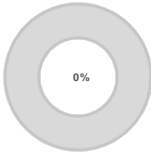


BAUM LAI 50

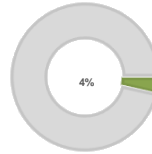


Thermischer Komfort

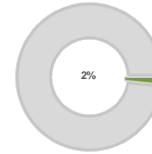
SQ



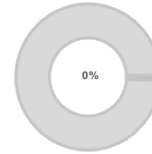
DBG EXT LAI 100



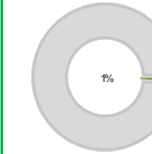
DBG SEMI-INT LAI 50



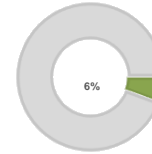
DBG INT LAI 50



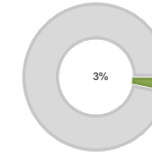
DBG EXT LAI 50



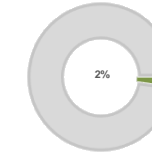
LW LAI 100



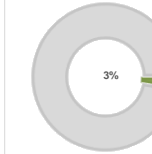
FBG LAI 100



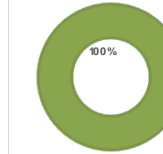
FBG LAI 50



LW LAI 50



BAUM LAI 100

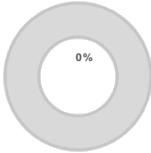


BAUM LAI 50

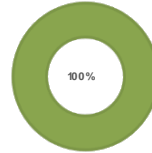


Thermische Speicherung

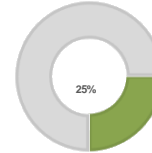
SQ



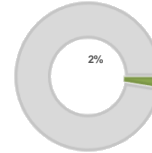
DBG EXT LAI 100



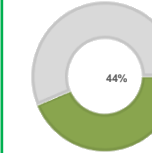
DBG SEMI-INT LAI 50



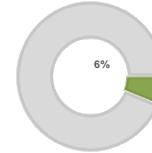
DBG INT LAI 50



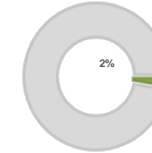
DBG EXT LAI 50



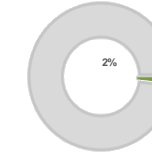
LW LAI 100



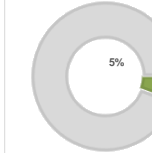
FBG LAI 100



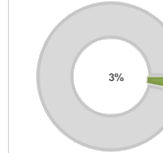
FBG LAI 50



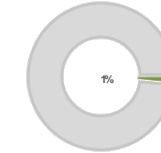
LW LAI 50



BAUM LAI 100



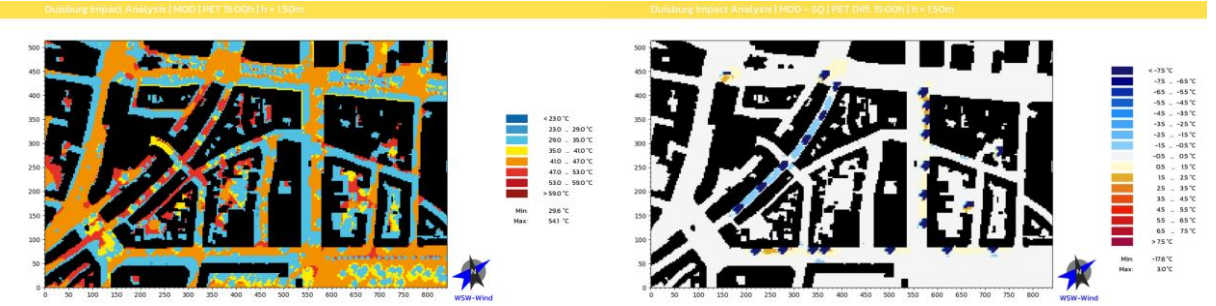
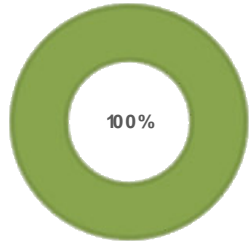
BAUM LAI 50



Thermischer Komfort Ergebnisdarstellung

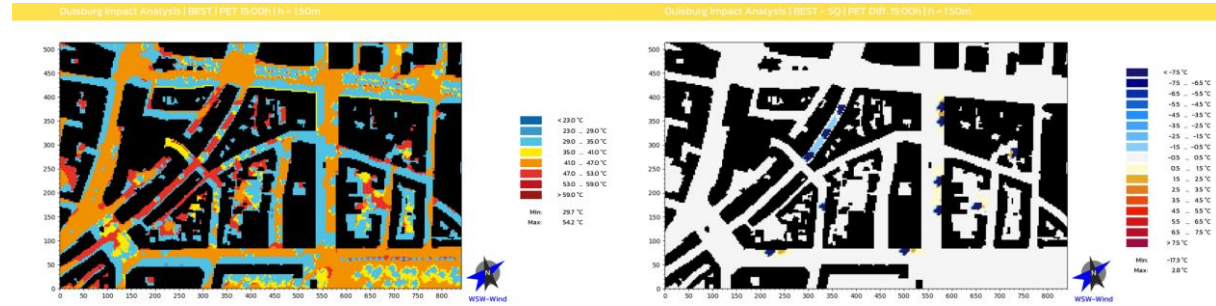
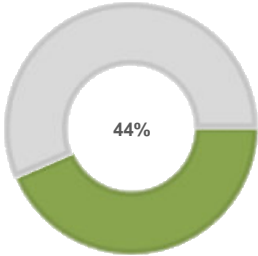
BAUM LAI 100

1



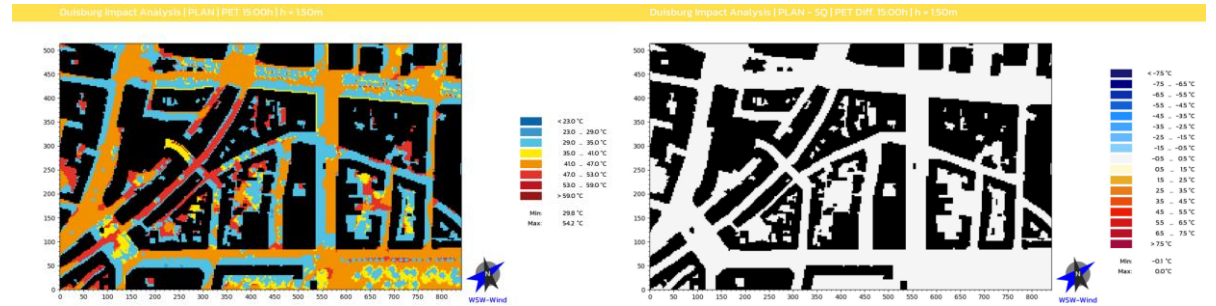
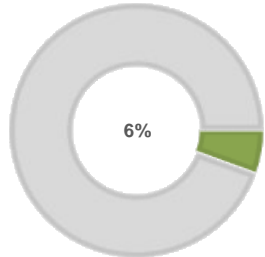
BAUM LAI 50

2



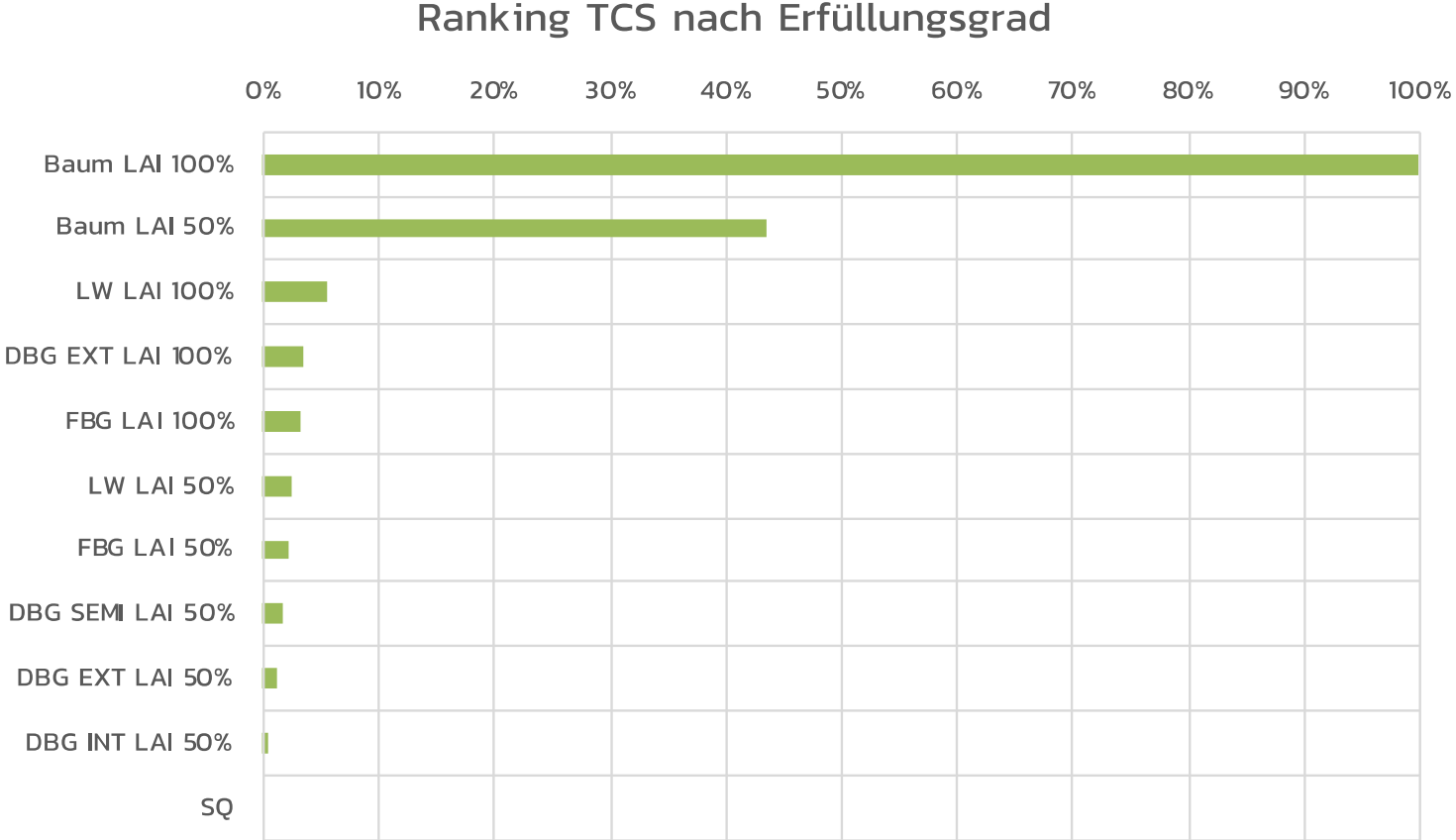
LW LAI 100

3



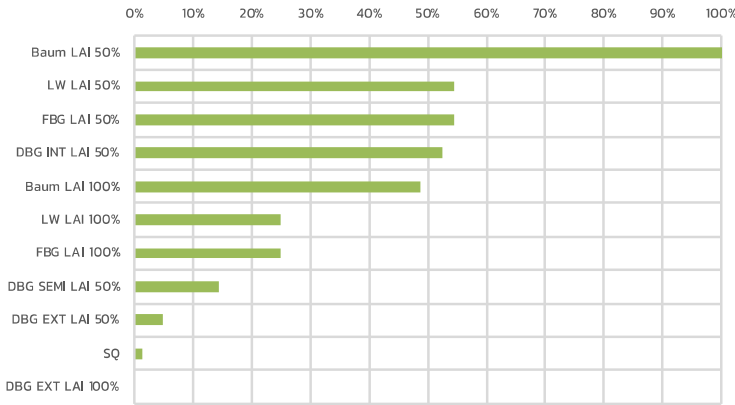
Reihung im Überblick

Reihung Thermischer Komfort absolut je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



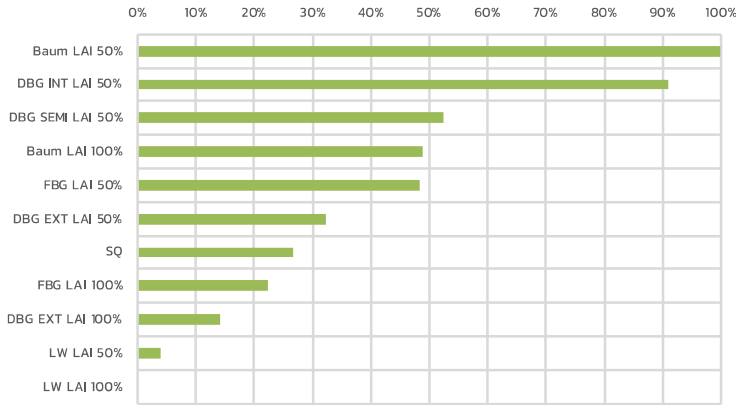
Reihung Thermischer Komfort gewichtet je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad

Ranking TCS nach Erfüllungsgrad



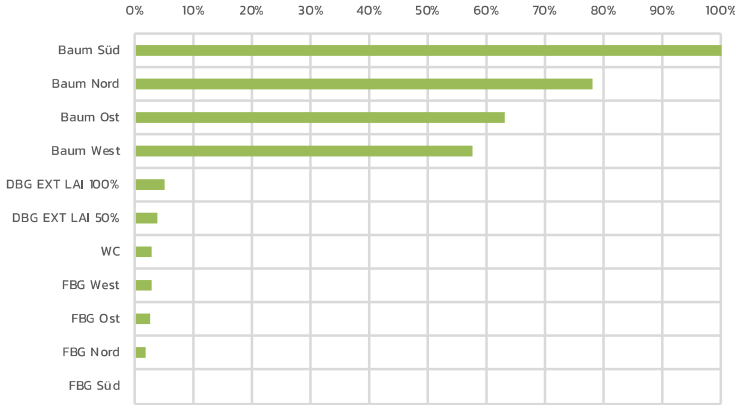
Reihung nach Fläche

Ranking TCS nach Erfüllungsgrad



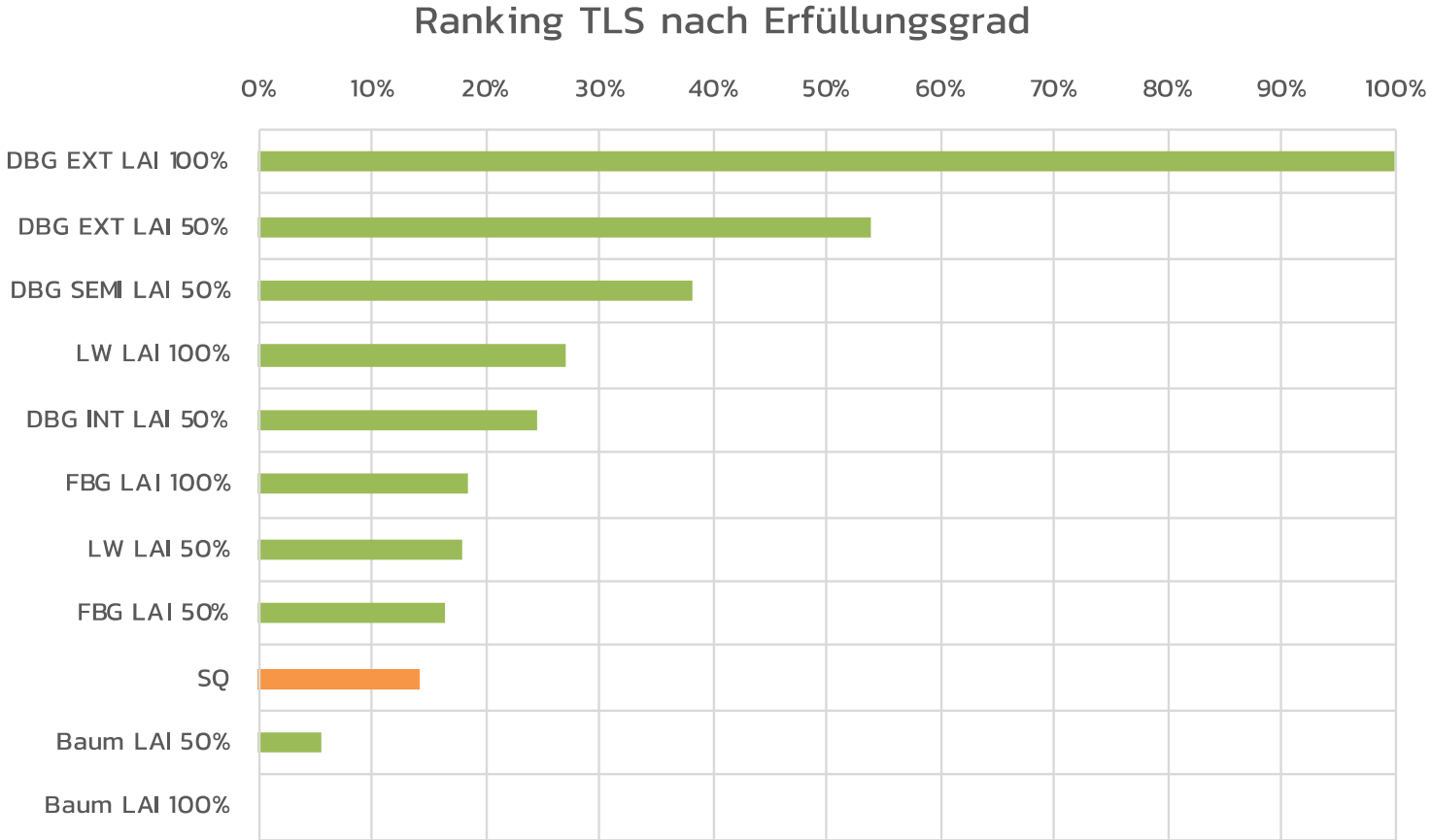
Reihung nach Investment

Ranking TCS nach Erfüllungsgrad

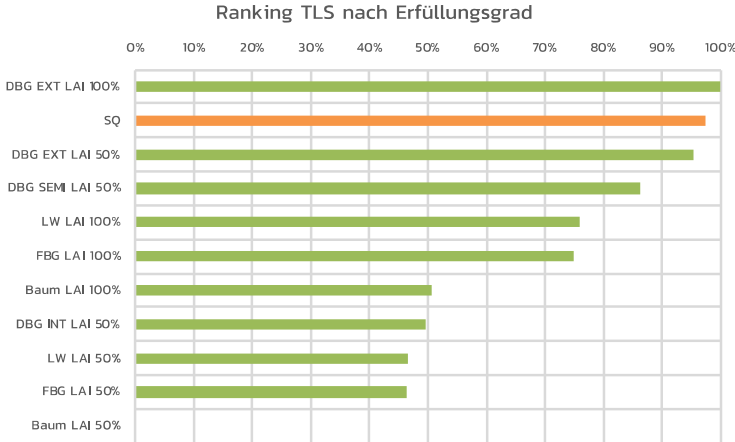


Reihung nach Orientierung

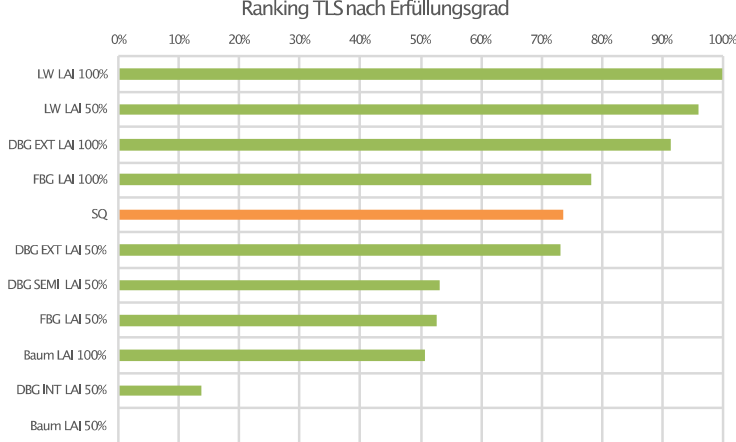
Reihung Thermischer Abluftstrom absolut je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



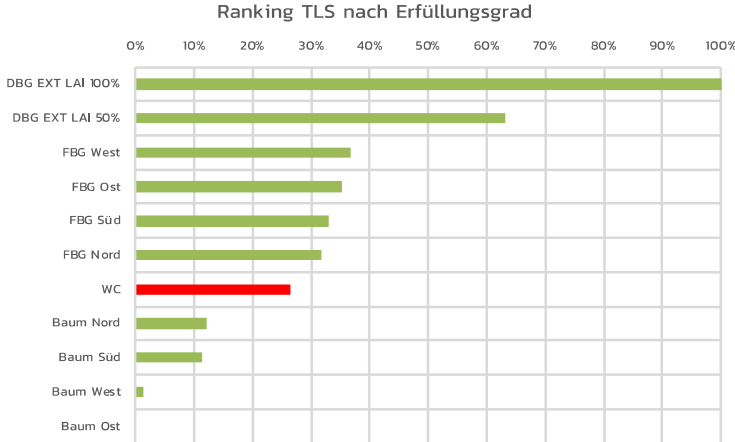
Reihung Thermischer Abluftstrom gewichtet je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



Reihung nach Fläche



Reihung nach Investment

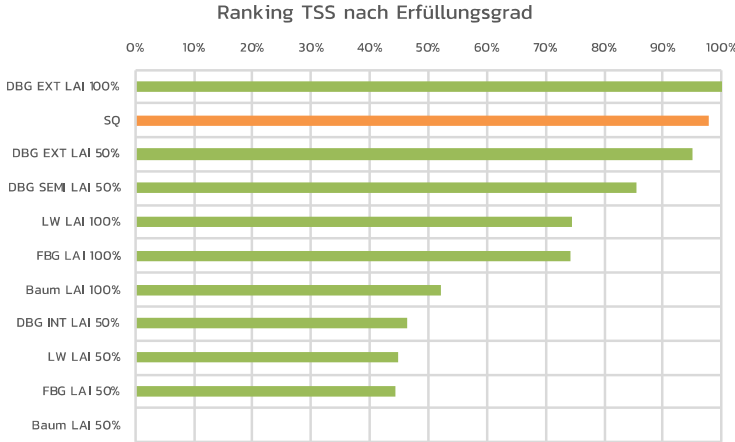


Reihung nach Orientierung

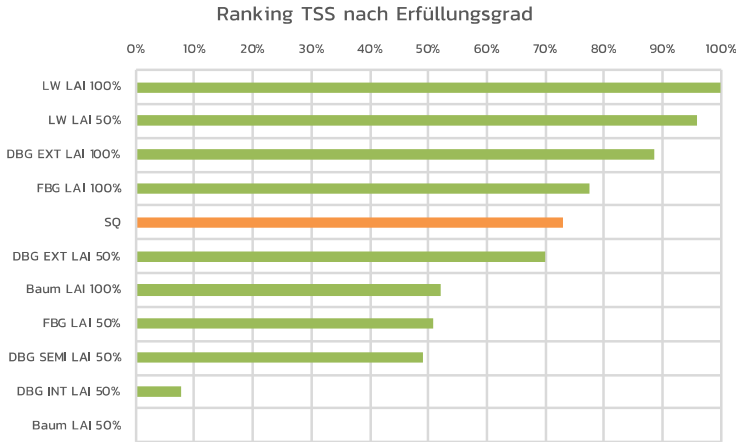
Reihung Thermische Speicherung absolut je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



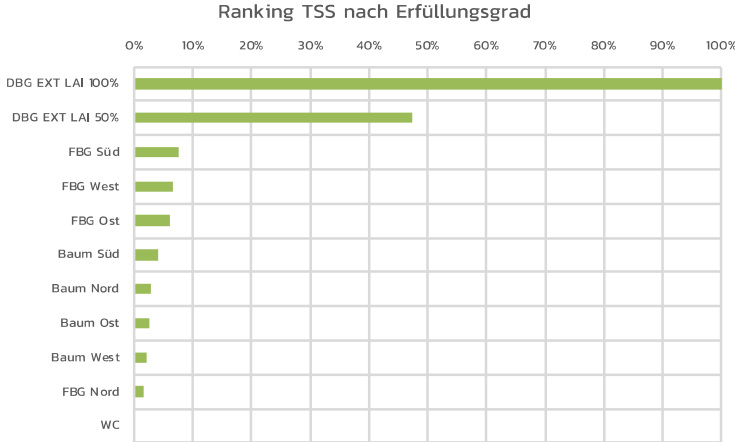
Reihung Thermische Speicherung gewichtet je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



Reihung nach Fläche

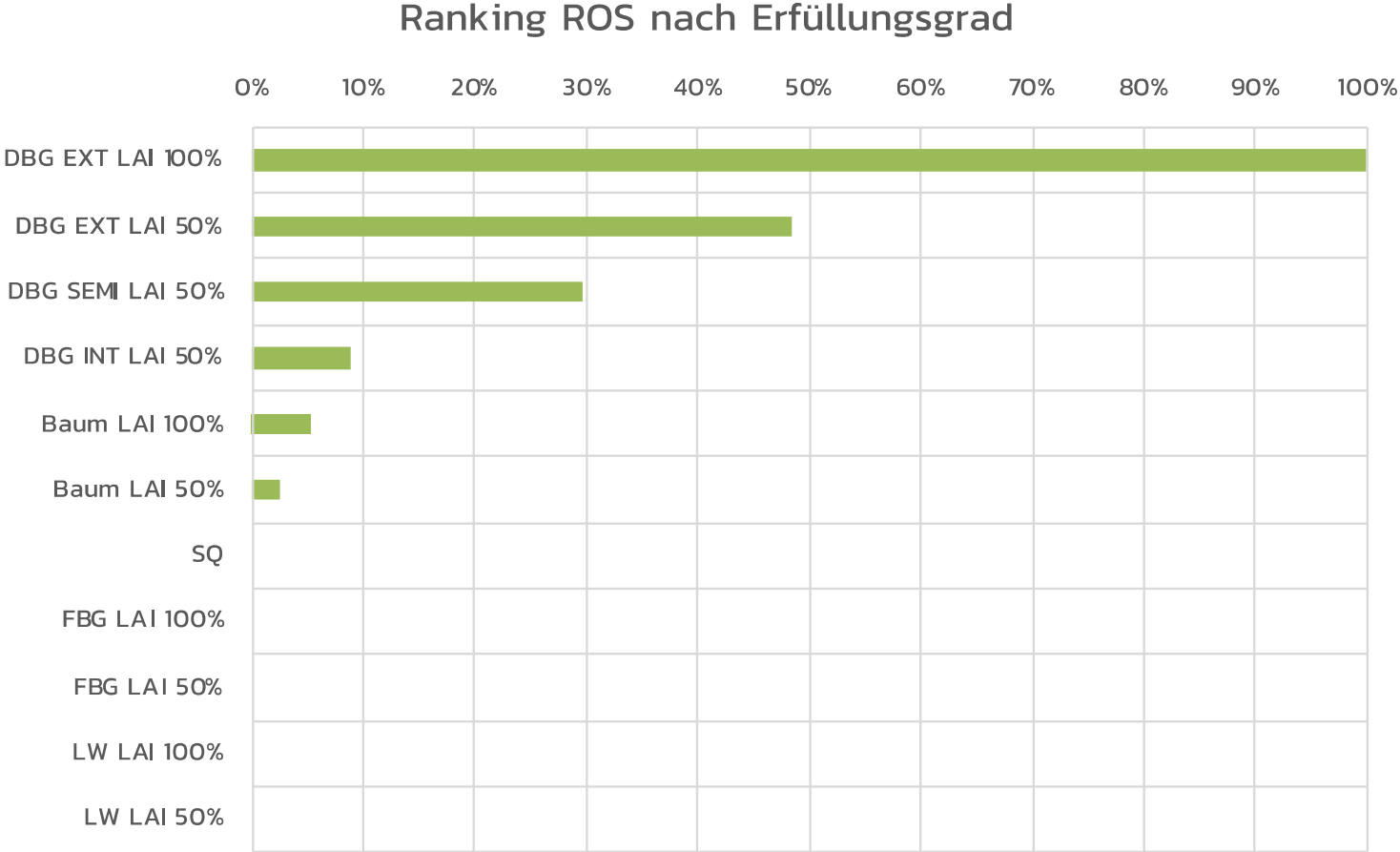


Reihung nach Investment

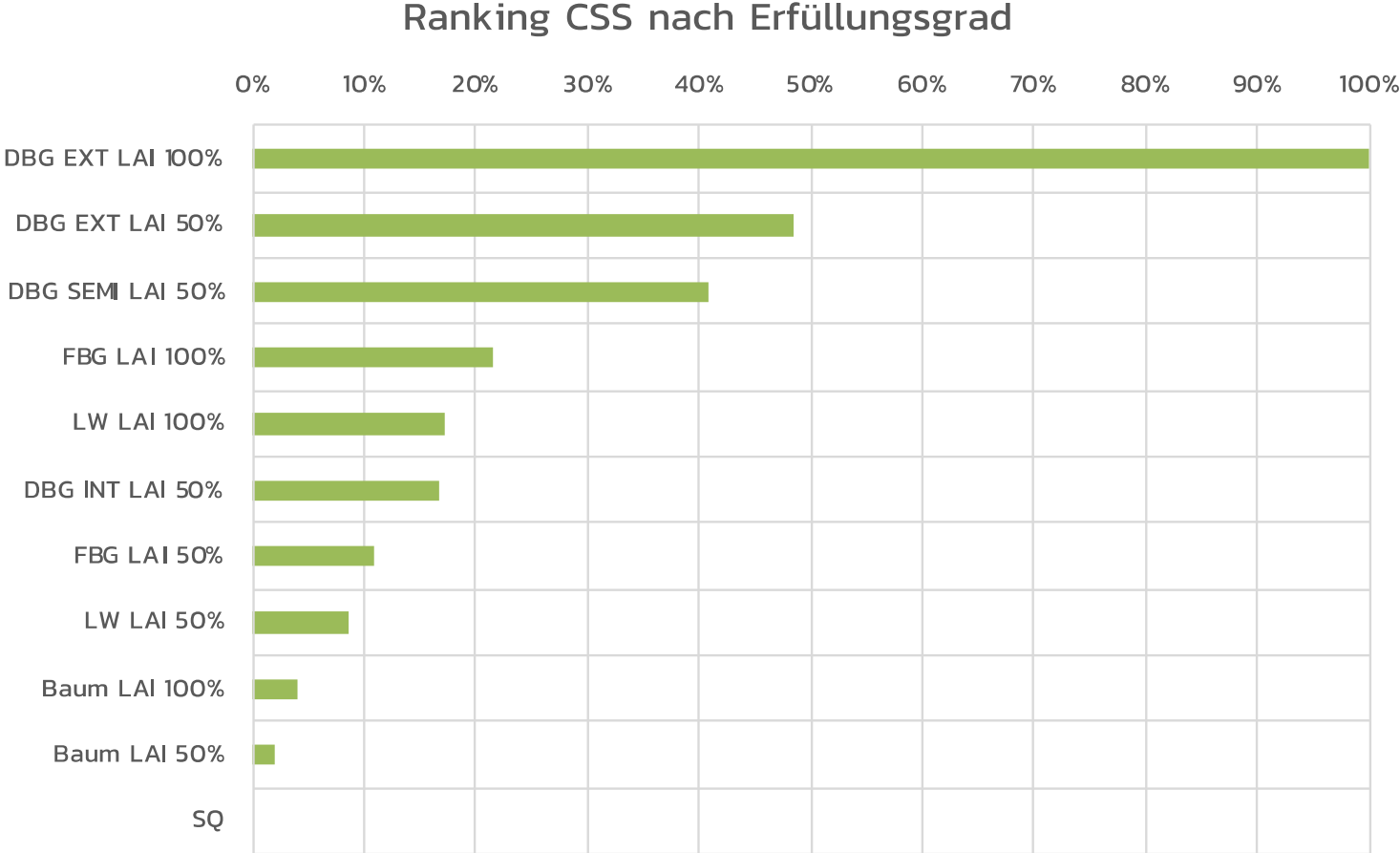


Reihung nach Orientierung

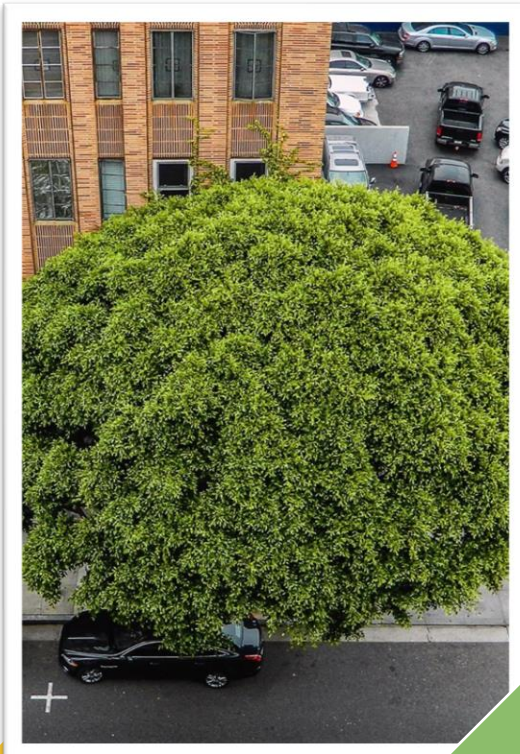
Reihung Abflussbeiwert absolut je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



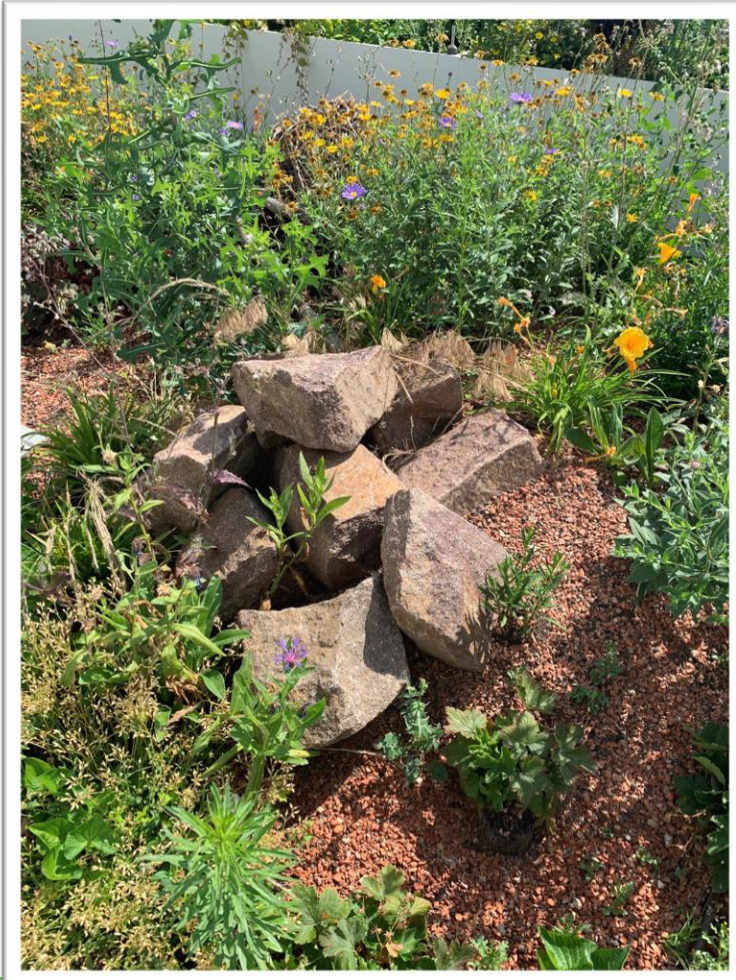
Reihung CO₂ Speicherung absolut je Begrünungsmaßnahme nach Erfüllungsgrad



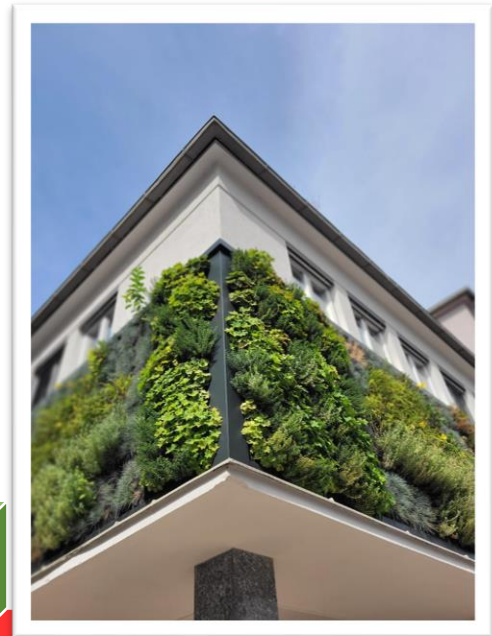
And the Winner is ...



2



1



3



GREENPASS®

