



Smart City
Mannheim

A network diagram with 10 white circular nodes connected by white lines, set against a light blue circular background. The nodes are arranged in a roughly circular pattern with some internal connections.

Konzeption und Aufbau Stadtklimamessnetz Mannheim

Aufgabenstellung.....5

**Konzeption und Aufbau
Stadtklimamessnetz8**

**Öffentlichkeitsarbeit –
Aufkleber am
Sensorstandort16**

Herausgeber:

MKB Mannheimer Kommunalbeteiligungen GmbH
Landteilstraße 33
68163 Mannheim
Smart City Mannheim GmbH
info@smartmannheim.de

**Autor:**

Dr. Wolfgang Lähne
Freiberuflicher Klimatologe
Brucknerstraße 13
67354 Römerberg
laehne.oekoplana@t-online.de

Stand:

01/2024 (aktualisierte Fassung)



Inhaltsübersicht

Impressum	2
Vorwort.....	4
1 Aufgabenstellung.....	5
2 Konzeption und Aufbau Stadtklimamessnetz	8
3 Öffentlichkeitsarbeit – Aufkleber am Sensorstandort	16
Literaturverzeichnis	17



Vorwort

Anhand von Anforderungen und Zielen, basierend auf den gegebenen Rahmenbedingungen, erfolgt zunächst eine konzeptionelle Ausarbeitung der Herangehensweise zum Aufbau eines flächendeckenden Stadtklimamessnetzes in Mannheim. Bei allen Aspekten spielen neben den Anforderungen an die Messqualität und Messgenauigkeit auch die Repräsentanz der zu wählenden Klimamessstandorte eine große Rolle. Die Standortfindung orientiert sich hierbei an den Begebenheiten im Stadtgebiet Mannheim und einzelnen Fragestellungen sowie an wissenschaftlichen Grundlagen. Das Stadtklimamessnetz Mannheim soll belastbare Grundlagendaten liefern, um insbesondere auch zur Entscheidungsfindung (politischer Gremien) und Meinungsbildung (Bürgerinnen und Bürger) beizutragen. Ziel ist es, eine Datenbasis für kleinräumige, stadtklimatische Analysen und Darstellungen sowie Echtzeit-Simulationen des Stadtklimas zu ermöglichen. Ferner Grundlagendaten für wissenschaftliche Auswertungen und Fragestellungen zu erheben.

In der ersten Phase erfolgt die schrittweise Ergänzung und der modulare Aufbau eines hochverdichteten Klimamessnetzes Mannheim. Dies soll sich in enger Einbindung verschiedener Fachdisziplinen und Fachbereiche der Stadtverwaltung Mannheim (Stadtplanung und Geoinformation, Klimafolgenanpassung sowie der Bereiche Klimaschutz und Umweltschutz) sowie der Klimaschutzagentur Mannheim, dem Local Green Deal Team und weiterer relevanter Akteure im Stadtkonzern Mannheim, wie z.B. Feuerwehr Mannheim oder die Eigenbetriebe Stadtraumservice und Stadtentwässerung, vollziehen.

Das Konzept „*Konzeption und Aufbau Stadtklimamessnetz Mannheim*“ bezieht sich hauptsächlich auf die Erhebung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie Globalstrahlung. Die Erhebung bzw. Einbindung von Niederschlagsdaten wird in einer eigenen „*Konzeption und Aufbau Niederschlagsmessnetz Mannheim*“ beschrieben.

Parallel zum vorliegenden Dokument wurden die technischen Bewertungen meteorologischer Messtechnik und Vorgaben zur Erhebung relevanter und belastbarer Klimadaten in dem Dokument „*Bewertung meteorologischer Messsysteme*“ (12/2023) zusammengefasst.

Die Beschreibung der Klimastandorte bezüglich ihrer räumlichen wie auch technischen Aspekte erfolgt parallel mit dem Aufbaufortschritt des Klimamessnetzes in einem „*Metadatenkatalog Stadtklimamessnetze Mannheim*“.



1 Aufgabenstellung

Nach Realisierung des Piloten mit 50 Messstationen im Stadtteil Neckarstadt soll das gesamte Stadtgebiet Mannheim mit einem auf LoRaWAN basierten Klimamessnetz ausgestattet werden. Vorgaben des Auftraggebers sind

- flächendeckende Belegung,
- repräsentative Integration aller Stadtteile inklusive Berücksichtigung der Grünzüge / Grüngürtel und bebauungs-/nutzungsspezifischer Besonderheiten,
- Evaluierung der Klimaresilienzprojekte und -ziele,
- auf Basis der Isothermenkarte Fokussierung auf Gebiete mit Hitzestress (Tag & Abend/Nacht) bzw. potenziell angenehme öffentlicher Räume = 'Kühle Orte' (insb. Park-/Grünflächen, Stadtgrün, schattige Orte) bei Hitzestress,
- Gewinnung allgemein verwertbarer Grundlagendaten für stadtplanerische Fragestellungen – spezifisch für Mannheim, mit Ziel der Übertragbarkeit auf andere Städte,
- Open Data Prinzip.

Im Messnetz sollen primär die Parameter

- Lufttemperatur,
- Luftfeuchte,
- Windrichtung,
- Windgeschwindigkeit und
- Globalstrahlung

erfasst und in geringerer Dichte mittels Oberflächentempersensoren (Infrarots- und ggf. Kontaktsensoren) sowie Niederschlagsmessern (LAN, WLAN und Mobilfunk) ergänzt werden (definiert in der „Konzeption und Aufbau Niederschlagsmessnetz Mannheim“). Oberflächentemperaturdaten sind Voraussetzung für die Berechnung thermischer Indexwerte (PET, UTCI) bei Hitzestress.

Generell ist das Messnetz offen konzipiert. Offen bedeutet, dass bei Formulierung zusätzlicher Anforderungen oder Fragestellungen sowohl hinsichtlich der Messnetzdichte als auch der zu messenden Parameter (z.B. Luftschadstoffkomponenten bzw. atmosphärische Spurengase, mobile Messungen oder Boden, Gewässer, Vegetation) Ergänzungen vorgenommen werden können.

Die Auswahl der Messtechnik orientiert sich an dem Dokument „Bewertung meteorologischer Messsysteme“ (12/2023; 1. Fassung aus 01/2022) ausgesprochenen Empfehlungen. Für notwendig wird die Kompatibilität zum Pilotnetz erachtet, um eine

- Vergleichbarkeit der Messdaten und
- hohe Messwertgüte gewährleisten zu können.



Das LoRaWAN Klimamessnetz ist als Langzeitprojekt ohne zeitliche Begrenzung geplant, d.h. ein stetiger Stationsmessnetzbetrieb mit technischer und inhaltlicher (Datennutzung, -präsentation, Nutzeranwendungen) Weiterentwicklung im Anschluss an die Förderphase ist ausdrücklich anzustreben. Der spezifische Nutzen langer, d.h. quantitativ umfassenderer Datenreihen ergibt sich aus

- der besseren Wirkungsanalyse städtebaulicher Maßnahmen durch Vorher-Nachher-Messungen,
- der besseren Erfolgskontrolle von Maßnahmen im Rahmen des Mehr-Grün-in-der-Stadt-Ziels durch Vorher-Nachher-Messungen,
- der langfristigen Erfolgskontrolle des Mehr-Grün-in-der-Stadt-Ziels in Bezug zum prognostizierten weiter voranschreitenden Klimatrends,
- sowie der Erfüllung des allgemeinen Auftrages der stetigen und langfristigen Klima- und Umweltinformation der Kommune für seine Bürgerschaft.

Des Weiteren sollen im Rahmen des Starkregenmanagements Resilienzmaßnahmen getroffen bzw. überprüft und in Zusammenhang stehende Fragestellungen geklärt werden. Zu diesem Zweck sollen die Daten der Niederschlagsstationen des Eigenbetriebes Stadtentwässerung (EBS) der Stadt Mannheim sowie der Wetterstation Mannheim (Deutscher Wetterdienst), der LUBW-Station Mannheim-Nord und gegebenenfalls vorhandene weitere Niederschlagsstationen in das MKB/Smart City Mannheim Messnetz integriert und durch bis zu 20 weitere qualitativ hochwertige Niederschlagsmessstationen flächig verdichtet werden. Ziel des resultierenden Messnetzes ist es in Kombination mit Niederschlagsradaraten qualitativ und quantitativ deutlich bessere Datengrundlagen zu erlangen. Als Partner kann der DWD fungieren. Der Aufbau eines Niederschlagsmessernetzes sowie die Erhebung von Niederschlagsdaten bzw. die Einbindung vorhandener, frei verfügbarer Niederschlagsdaten, sind in einem eigenen Konzept zu formulieren.

Aus den Vorgaben wurde das nachfolgend skizzierte Messnetzkonzepte in den beiden Messnetzdichtestufen „ideal“ (Abb. 1, S. 14) und „real“ (Abb. 2 S. 15) erstellt. Bei der Variante „ideal“ wird davon ausgegangen, dass

- das Budget weitgehend unlimitiert ist,
- alle lokal-/mikroklimatisch relevanten Standortvariationen innerhalb der Stadtgrenzschicht (Bodenraum bis Dachschichtniveau) und im Dachschichtniveau messtechnisch erfasst werden,
- alle potenziellen Standorte zur Verfügung stehen und
- der Messnetzbetrieb (Abruf, Wartung, Instandhaltung) technisch und personell dauerhaft leistbar ist.



Die Messnetz dichtestufe „ideal“ (Abb. 1, S. 14) mit ca. 920 Standorten kommt Optimalvorstellungen nahe, ist jedoch nicht als konkrete Ausbau-Zielvorstellung zu verstehen. Sie dient vielmehr der Konzipierung der Messnetz dichtestufe „real“ (Abb. 2 S. 15), da sich ein qualitativ stimmiges Messnetz zielführender auf Basis eines Maximalkataloges erstellen lässt als im umgekehrten Weg. Des Weiteren kann die Variante „ideal“ als Standortfindungsvorstufe für ergänzende, im weiteren Projektverlauf bzw. seitens anderer Fachbereiche angetragene Fragestellungen, genutzt werden.

Neben den Vorgaben des Auftraggebers orientiert sich das Konzept auch an den spezifischen Fragestellungen des Fachbereichs 61 (Steuerung des Mikrostadtklimas, Folgen & Steuerung von Bebauungsverdichtungen) im Kontext stadtplanerischer Prozesse und Klimawandelanpassungsmaßnahmen. Weiterhin soll die bislang nur in statischer Form vorliegende Isothermenkarte der städtischen Wärmeinsel in dynamischer witterungsabhängiger Form generierbar sein, wobei eine echtzeitnahe Darstellung der Ist-Situation und eine prognostische Visualisierung angestrebt werden.

Weiterhin beruht das Konzept auf lokalklimatischen und meteorologischen Überlegungen mit Schwerpunkt im regionalen Strömungsgeschehen während autochthoner Strahlungswetterlagen (geringe Bewölkung, schwacher Wind). Sie sind mit sommerlichen Hitzebelastungssituationen assoziiert und zeichnen sich durch ein tagesperiodisch wechselndes Windgeschehen aus. Dabei stellen sich in den Nachtstunden Regionalströmungen mit nordöstlichen bis nordwestlichen Windrichtungen bzw. südöstlichen bis südwestlichen Windrichtungen ein, welche näherungsweise radial zum Stadtzentrum Mannheim gerichtet sind und durch die Wärmeinsel des Stadtkörpers modifiziert werden.

In der Summe ist das Messnetzkonzept als kombinierte Synthese der miteinander verwobenen Anforderungen und Gegebenheiten zu verstehen.



2 Konzeption und Aufbau Stadtklimamessnetz

1. Klassifizierung auf Basis des Konzeptes Local Climate Zones (LCZ) und der Planungshinweise (PHK) der Stadtklimaanalyse 2020

Das Messnetzkonzept basiert auf den Empfehlungen der von der WMO (Weltorganisation für Meteorologie - World Meteorological Organization) für die Errichtung stadtklimatischer Messnetze (OKE 2006) vorgeschlagenen und von OKE und STEWART (2012) weiterentwickelten Konzept der Stadtklimazonenklassifizierung (LCZ) sowie den Planungshinweiskarten (PHK) der Stadtklimaanalyse 2020 (MANNHEIM 2021). Ziel ist es alle relevanten Bebauungs- bzw. Nutzungsstrukturen repräsentativ und mitunter differenziert kleinteilig abzudecken. Nähere Informationen zum Umsetzungsverfahren können dem umfangreichen „Metadatenkatalog Stadtklimamessnetze Mannheim“ entnommen werden.

2. Hitzeinsel/n Innenstadt & Stadtteile

Auf Basis der statischen Isothermenkarten sind Lage und Intensität der Wärmeinseln in der Innenstadt und in den Vororten grundsätzlich bekannt. Das Messnetzkonzept trägt dem Rechnung: In jedem Stadtteil sollen die Bereiche mit den intensivsten Wärmeinseleffekten mit mindestens einer repräsentativen Station belegt werden. Zu unterscheiden sind differierende Wirkmechanismen bei Tag (insb. Sonnenexposition ↔ Verschattungen durch Baumassen / Bäume) und Nacht (insb. Wärmespeicherkapazität anthropogener Strukturen). Die angestrebte hohe Messnetzdichte kann dem resultierenden Anspruch auf Repräsentativität Rechnung tragen.

3. Lokale Hitzebelastung ↔ lokale Grünflächen: A - kleinräumig-engmaschige Messstandorte, übergreifende Vernetzung – Kinder und ältere Menschen

Um Wärmebelastungsbereiche und die potenziell ausgleichenden Wirkungen von Grünstrukturen in unterschiedlicher räumlicher Dimensionierung quantifizieren zu können bedarf es sowohl kleinräumig engmaschiger Messstandorte wie auch einer Vernetzung der nutzungsspezifischen Standorte bzw. stadtkörperübergreifenden Verknüpfungen. Der Ansatz wird mittels linienhafter Messnetzachsen bzw. konzentrisch angeordneter Messnetzkreise erfüllt. Abb. 2 (S. 15) illustriert dieses Prinzip. Zur Verdeutlichung sind den vorgeschlagenen Messstationsstandorten Bereiche mit prägnanter Wärmebelastung, Grüngürtel/Grünzüge bzw. exemplarisch bedeutsame innerörtliche Grünbereiche sowie die relevanten Ventilationsachsen gegenübergestellt.

Ob tatsächlich alle potenziell relevanten Strukturen mit Messstationen zu bespielen sind, ist gegebenenfalls weiter zu konkretisieren. Auf den ersten Blick zeigt sich ein scheinbares Verteilungsungleichgewicht. So sind die Stadtteile Neckarstadt / Waldhof / Gartenstadt /



Käfertal / Franklin / Vogelstang sowie Innenstadt / Oststadt / Schwetzingenstadt / Lindenhof / Almenhof / Neckarau besonders dicht belegt. Dies erklärt sich bei genauerer Betrachtung durch die hier relativ eng miteinander verzahnten typischen Bebauungssituationen (beispielsweise hoch verdichtet ↔ Grünfläche). Des Weiteren zeigen sich scheinbar häufige Wiederholungen bzw. Doppelbelegungen typischer Strukturen. Tatsächlich handelt es sich um ähnliche, jedoch nicht identische Nutzungssituationen. So weisen die in den Stadtteilen Lindenhof/Almenhof identifizierten Bebauungs- und Grünflächen Hanns-Glückstein-Platz, die Parkfläche gegenüber der Diesterwegschule zwischen Landteilstraße und Emil-Heckel-Straße, der Pfalzplatz, die ausgedehnte Grünfläche zwischen Diakoniekrankenhaus und Mollgymnasium, der Achtundvierziger Platz oder der August-Bebel-Park jeweils individuell variierende Strukturgefüge mit lokal unterschiedlichen Wirkungseffekten auf, welche wiederum vom weiteren Umfeld (bauliche Situation und Strömungsgefüge) moduliert werden. Um verlässlichere kleinklimatische Kennwerte ermitteln zu können ist eine differenzierte Messnetzbelegung notwendig.

Essentiell ist in diesem Zusammenhang, dass tangenziale Achsen gelegt werden, d.h. Stationsstandorte zentriert auf den identifizierten Grünflächen, randlich im Übergangsbereich zu den umliegenden Bebauungen sowie in den umliegenden Bebauungen realisiert werden können. Da das interaktive Wirkungsgefüge nicht ausschließlich horizontal bodennah funktioniert, sondern auch das vertikale Geschehen einwirkt, sind im Umfeld Messstandorte über dem Dachflächenniveau zu integrieren. Zu beachten ist, dass die Installationshöhe das Dachflächenniveau der Umgebung überragt und im Nahbereich hinreichende Abstände (insb. vertikal ≥ 3 m) zu Dachkanten bzw. Dachaufbauten eingehalten werden sollen, um potenzielle Effekte durch Kanalisierungen (Ab- und Umlenkung, Düseneffekte) oder Strömungsabbremungen (Rauhigkeitseffekte) zu minimieren. Beide Aspekte haben gegenüber dem Faktor Standortnähe zu korrespondierenden Bodenstationen Priorität. Weiterhin ist wichtig, dass möglichst alle Standorte sowohl mit Sensorik für Lufttemperatur und Luftfeuchte als auch Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie ergänzend an Grünflächen auch für Bodenoberflächentemperatur (ggf. Infrarotsensorik) ausgestattet werden.

Neben den Nutzungsstrukturen und der Grünflächenwirkung hat das kleinräumig engmaschige Messnetz auch zum Ziel, die Außer-Haus-Aufenthaltssituation der in besonderem Maß von Hitzebelastungen (i.d.R. über den humanbioklimatischen PET-Wert definiert; nähere Beschreibung im nachfolgenden Punkt) betroffenen Bevölkerungsgruppen – Kinder und ältere Menschen – (vulnerable Gruppen) zu erfassen. Das Messnetzachsenkonzept soll daher auch die typischen Aufenthaltsorte – Schulen, Kindergärten, Spielplätze, Seniorenheime – mit den benachbarten Situationen verknüpfen. Die BBS Bau- und Betriebs-service GmbH hat bezüglich der Schulen an einem großen Teil der Standorte eigene Klimamesssensoren installiert. Erste Vergleichsmessungen zeigen jedoch, dass Installationen und die genutzte Messtechnik nur eingeschränkt den Qualitätsanforderungen des vorgesehenen



Klimamessnetzes Mannheim entsprechen. So werden Messprinzip bedingt bei Sonneneinstrahlung zu hohe Temperaturwerte messen. Zu berücksichtigen gilt allerdings, dass das BBS-Messnetz aus anderer Intention errichtet wurde. Gegebenenfalls kann die Wertigkeit der Messdaten durch witterungsspezifische Korrekturen mittels KI-Einsatz erhöht werden.

4. Lokale Hitzebelastung ↔ lokale Grünflächen / Dachbegrünung: B – Oberflächentemperatur & PET/UTCI-Wert

Grünstrukturen zeichnen sich während hitzebelastender Wetterlagen, neben ihrer Abkühlungsleistung in den Abend- und Nachtstunden, am Tag durch ihre positive thermisch-physiologische Wirkung aus. So erwärmen sich die Oberflächen von Grünstrukturen bei intensiver Sonneneinstrahlung weniger signifikant als versiegelte Flächen. Die Temperaturdifferenzen können bis über 30 °C erreichen. Bei gleicher Lufttemperatur führt dies zu einer sehr unterschiedlichen physiologischen Wirkung versiegelter und begrünter Flächen, d.h. deren Infrarotabstrahlung kann die Hitzebelastungswirkung (bzw. Wärmebelastung bei Schwüle) noch erheblich steigern. Humanbioklimatische Maßzahlen wie der PET-Index (Physiologisch Äquivalente Temperatur) oder der UTCI (Universal Thermal Climate Index) tragen dem Rechnung. Beide setzen das Prinzip einer Wohlfühltemperatur und deren Abweichung zu den augenblicklichen Umgebungsbedingungen und der Thermoregulation des Menschen um und sollten im Hinblick auf die Informations- und Empfehlungsmanagementziele des Projektes kontinuierlich präsentiert werden.

Für die Berechnung beider Indexwerte ist als meteorologischer Eingangsfaktor neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Sonneneinstrahlung bzw. dem Einstrahlungswinkel auch die Oberflächentemperatur notwendig. Zu diesem Zweck ist ein Teil der Standorte mit Systemen zu deren Erfassung auszustatten. Sowohl befestigte Flächen mit Besonnung und Beschattung, als auch Grünflächen und begrünte Dachflächen, sind zu berücksichtigen. Da der überwiegende Teil dieser Standorte öffentlich zugänglich ist, leitungsgebundene Sensoren zerstörungsanfällig sind bzw. sich über befestigten Flächen i.d.R. nur mit größerem Aufwand montieren lassen, sind Infrarotsensorsysteme erheblich praktikabler und lassen sich bei Installationshöhen von ca. 3 m über Boden punktgenau im nahen Umfeld ausrichten.

Neben der Bewertung der thermischen Bedingungen am Tag dient die Erfassung der Oberflächentemperatur auch der Abkühlungsleistungsbestimmung unterschiedlich dimensionierter innerstädtischer Grünstrukturen während wärmebelastender Wetterlagen in den Abend- und Nachtstunden.



5. Die Dritte Dimension: Erfassung der Vertikalen über der Dachgrenzschicht sowie an Hochpunkten

In Zusammenhang mit dem unter dem Teilpunkt „3. Lokale Hitzebelastung ↔ lokale Grünflächen: A - kleinräumig-engmaschige Messstandorte, übergreifende Vernetzung – Kinder und ältere Menschen“ definierten Messnetzansatz ist auf die Relevanz der dritten Dimension hinzuweisen: Die Kenntnis des Wind- und Temperaturfeldes über der Stadtgrenzschicht (Dachflächenniveau) ist im Hinblick auf die Interpretation der Daten des bodennahen Messnetzes und der Ableitung von Kennzahlen mitentscheidend. Die Stadtklimadachstation in E4 trägt dem Rechnung. Ca. 5 bis 10 verteilte Dachstandorte (~ 15 bis 25 m über Straßenniveau) sind anzustreben.

Bei der Standortwahl ist – wie vorangehend angerissen – besondere Sorgfalt auf potenziell störende Einflussfaktoren zu legen. Im Gegensatz zu den Messungen im Straßenniveau müssen kanalisierende und ablenkende Effekte des lokalen Bebauungsreliefs vermieden werden und hinreichende Abstände zu Gebäudeoberkanten (≥ 3 m) eingehalten werden.

Als Standorte kommen z.B. die drei Feuerwachen und die Hochbunker (Marchivum) in Frage. Zusätzlich sollten noch Messstationen an drei bis fünf Hochpunkten (mindestens 40 bis 50 m über Straßenniveau) errichtet werden. Geeignet wären die Deponie auf der Friesenheimer Insel und insbesondere das Hochhaus der Hochschule Mannheim (Kombination mit Dachstandort Feuerwache Mitte) sowie der MVV am Luisenring.

6. Stadtteile ↔ Grünzüge/Grüngürtel: radiale Messnetzachsen und tangentielle konzentrische Messnetzkreise

Neben dem kleinräumigen Wirkungsgeflecht, Grünflächen ↔ benachbarte Bebauungen, liegt ein weiterer übergeordneter Schwerpunkt auf der Erfassung der Ventilationswirkung der Grünzüge für das Stadtzentrum sowie der Stadtteile. Das Konzept sieht hier eine Kombination aus Messnetzketten, welche die Grünzüge konzentrisch in unterschiedlichem Abstand zum Stadtkern tangieren und Messnetzachsen, welche radial den Bebauungsstrukturen und Grünzügen folgen, vor. Da sich die Sollwirkungen der Grünzüge nicht homogen ausbilden, sondern je nach Strömungs- bzw. Witterungsgeschehen variieren, sind tangentielle Schnitte in spezifischen Abständen notwendig.

An den Messstandorten im umliegenden Freiland soll die Messgeberhöhe im Hinblick auf die Vergleichbarkeit mit den Standorten der DWD-Wetterstation Mannheim (Freiland zwischen Vogelstang und Wallstadt), der Flugplatzwetterstation am City Airport (Integration anzustreben), der geplanten Stadtklimastation BUGA23, der Klimastation des GKM sowie der LUBW-Station Mannheim-Nord beachtet werden. Lufttemperatur und Luftfeuchte werden hier generell in 2 m über Grund sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund erfasst.



7. Innenraumverdichtungen / Sonderfall Franklin: Versiegelungsdruck und grüner Vorzeigestadtteil

Mit Blick auf die allgemein fortschreitende Zersiedelung / Versiegelung und der Notwendigkeit dem Wohnraummangel entgegen zu treten, besteht ein Drang nach baulicher Verdichtung in bereits bestehender Bebauung. Kleinklimatisch wirksame innerörtliche Grünstrukturen geraten hierbei unter Druck. Ziel des Messnetzkonzeptes ist es anhand typischer Planstandorte im Vorher-/Nachhervergleich transparente Grundlagendaten für die Folgenbewertung analoger Maßnahmen zu erhalten. Ein Fallbeispiel wäre der Pfalzplatz im Stadtteil Lindenhof. Weitere Planorte sind gegebenenfalls mit dem FB 61 zu konkretisieren.

Ein Sonderfall bildet der im Entstehen begriffene Konversionsstadtteil Franklin. Hier wird u.a. Wert auf flächige Grünzonen gelegt. Das Messnetzkonzept mit tangentialen Messnetzachsen soll der Erfolgskontrolle/-dokumentation dienen.

8. Grünstrukturen / Sonderfall Solarparks: Positive oder negative kleinklimatisches Wirkungseffekte

Im Zuge der Erfüllung der Klimaschutzziele werden Photovoltaikanlagen als Solarparks über Freiflächen installiert. Sie können sich über mehrere ha erstrecken. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang auch eine potenziell negative mikroklimatische Wirkung. Neben der Abschattung vegetationsbestandener (landwirtschaftlich genutzter) Oberflächen steht hier die potenzielle übermäßige Aufheizung der sehr dunklen Oberflächen und der darüberstreichenden Luftmassen im Fokus. Andererseits ist auch die effektiv hohe nächtliche Ausstrahlung der nahezu schwarzen Photozellen (Schwarzkörpereffekt) und die im Gegensatz zu Baukörpern und Fahrbahndecken geringe Masse (Wärmekapazität) zu beachten, welche im Vergleich eine potenziell noch stärkere Abkühlungsrate als Vegetationsflächen aufweisen könnten.

Die mögliche Wirkung von Solarparks im Umfeld von Siedlungsstrukturen lässt sich anhand von Vorher- / Nachher-Vergleichen mittels engmaschiger Messnetze quantifizieren. In Mannheim ist ein solcher Solarpark im nördlichen Randbereich des Flugfeldes City Airport angedacht. Hier sollte noch vor Realisierung der Anlage ein Stationsprofil im Planungsareal unter Einbeziehung der umliegenden Nutzungsstrukturen umgesetzt werden, wobei die Erfassung der Lufttemperatur und Luftfeuchte ergänzend in ca. 1 m über Grund und zusammen mit Bodenoberflächentemperaturmessungen erfolgen sollte.

9. Mobile Profilmessungen mit Straßenbahnen ↔ Kleinsträumige Grünstrukturen im Mobilitätsumfeld / Sonderfall Grünes Gleis: Messbare Wirkung?

Straßenbahnen eignen sich besonders gut um nutzungsspezifische Temperaturprofile in Ergänzung zu den stationären Messungen zu erfassen. Die Vorteile liegen im regelmäßigen



Taktzyklus und der stets identischen Streckenführung. Mit Hilfe mobiler Messungen lassen sich stationäre Messdaten in besserer Auflösung flächig transformieren. Um eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, sollten nach Möglichkeit die Straßenbahnen mit der gleichen Temperatur-/Feuchtemessensorik inklusive Strahlungsschutzhütte wie die stationären Stationen ausgerüstet werden. Die Messsysteme sollen über Dach frontseitig installiert werden. Zusätzlich sollen die Straßenbahn mit Infrarotsensoren zur Erfassung der Oberflächentemperaturen des Gleisbettes sowie der Nutzungsstrukturen rechts und links neben der Fahrtrasse ausgerüstet werden. Die mobilen Messungen sollen darüber hinaus der Wirkungsevaluierung des Grünen Gleises dienen. Die Begrünung von Straßenbahngleisen (Grünes Gleis) hat verschiedene Klimaaspekte und kann in hochversiegelten Stadtinnenräumen zu thermischen Gunsteffekten beitragen, wobei die Positivwirkung aus der geringeren Aufheizung begrünter Gleise und der im Vergleich zu Beton / Asphalt geringeren Wärmespeicherkapazität sowie der stärkeren Abkühlung in der Nacht resultiert.

Auch wenn Grüngleise aufgrund ihrer geringen Breite singular betrachtet auf den ersten Blick eine eher marginale klimatische Wirkung beizumessen wäre, ist die Summenwirkung aus Kombination mit anderen Grün-Maßnahmen (Dach-/Fassadenbegrünung, Mastbegrünungen, Entsiegelungen, Baumpflanzungen, ...) insbesondere in hochverdichteten Räumen zu bewerten. So nimmt eine 2 km lange 2-gleisige Trasse eine Fläche von ca. 1 ha ein. Die Wirkungserfassung von Grüngleisen stellt deshalb u.a. im Hinblick auf die Evaluierung von „Mehr Grün in der Stadt“ eine berechtigte Maßnahme dar. Verwertbare Daten sind mittels mobiler Messungen entlang der Gleiskörper und parallel betriebener stationärer Messungen anzustreben.

Die Art und Weise zur Evaluierung und Bewertung der Wirkung von Grüngleisen sowie die hierfür erforderlichen technischen Komponenten und Anforderungen an die Datengenauigkeit und Datenqualität ist in einem eigenen Konzept zu formulieren. Die mobile Datenerhebung kann bei Stillstand (z.B. an Haltestellen) oder bei niedriger Geschwindigkeit vergleichbare Daten wie stationäre Klimamessstandort liefern. Sinngemäß kann die mobile Datenerhebung auch auf Fahrzeuge, Busse, Schiffe und ggf. Fahrräder übertragen werden.

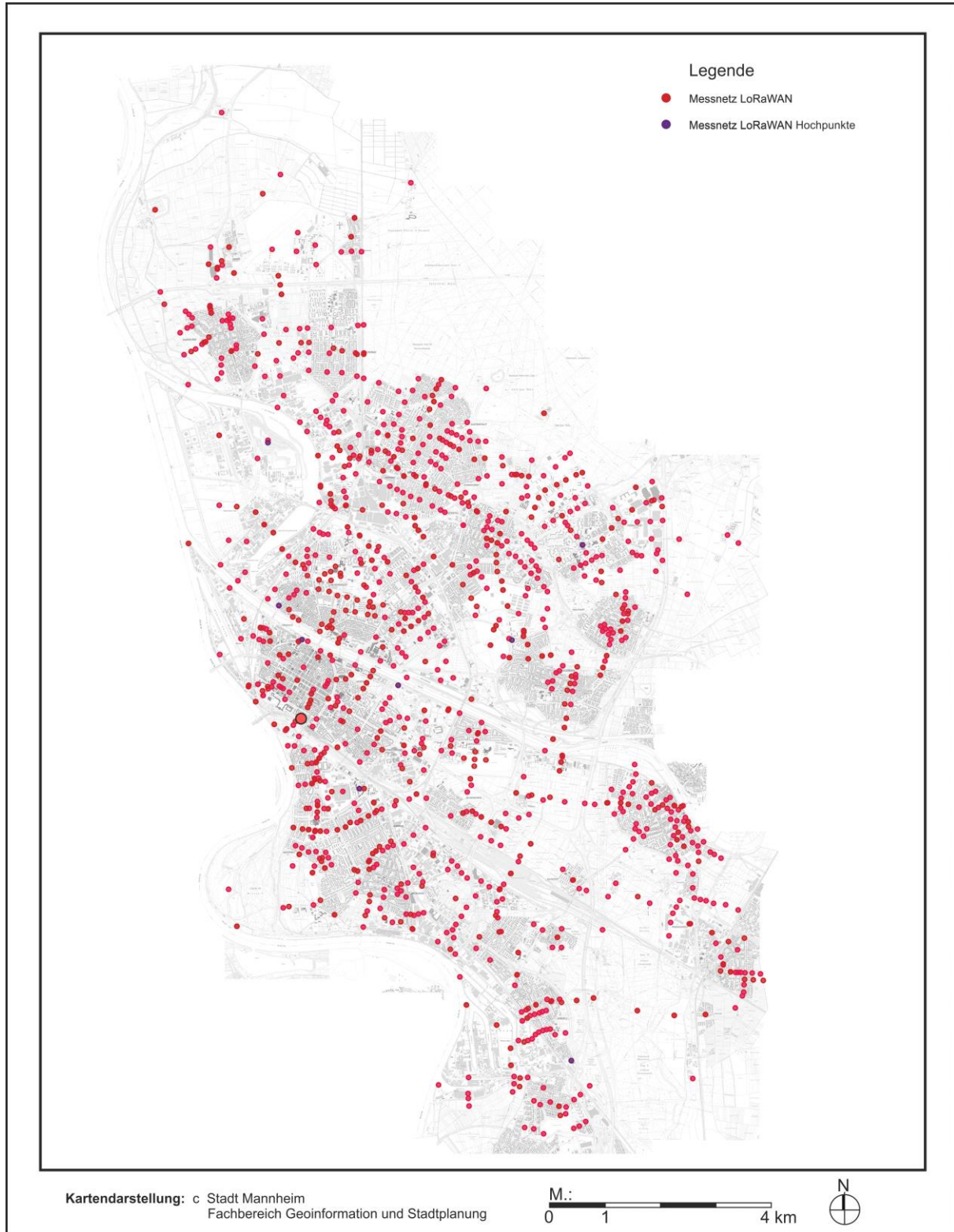


Abb. 1: Variante „ideal“ des Messnetzkonzeptes

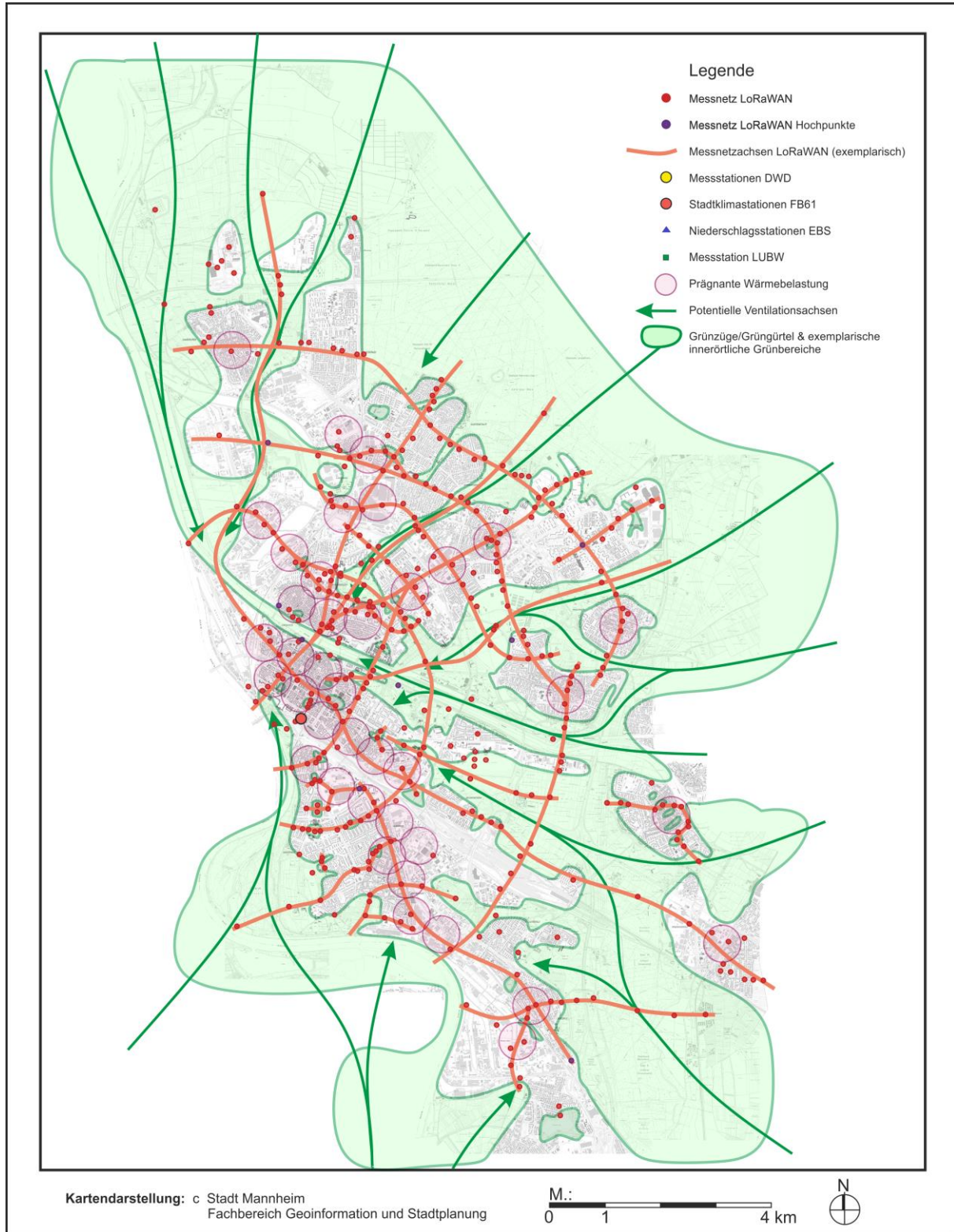


Abb. 2: Variante „real“ des Messnetzkonzeptes



3 Öffentlichkeitsarbeit – Aufkleber am Sensorstandort

Der Aufbau des Klimamessnetzes Mannheim ist parallel durch eine abgestimmte Öffentlichkeitsarbeit zu begleiten und die Bürgerinnen und Bürger über den Hintergrund, Sinn und Zweck des Klimamessnetzes Mannheim zu informieren. Die Installation der Klimasensoren erfolgt im öffentlichen Straßenraum überwiegend an Masten der Straßenbeleuchtung, Fahrdrahtabspannmasten der rnv oder alternativ an Rohrpfosten (vergleichbar zur Aufstellung von Verkehrsschildern).

Durch Aufkleber an den Masten (Abb. 3) soll nicht nur die Möglichkeit sich über die Funktionalität der Sensoren und das Klimamessnetz Mannheim zu informieren, sondern auch die Transparenz und das Verständnis für die eingesetzten Technologien gefördert werden. Durch eine klare Kennzeichnung der Sensorstandorte könne sich die Bürgerinnen und Bürger darüber informieren, welche Art von Daten erfasst und wie diese verwendet werden. Ferner sollen Aufkleber an Sensorstandorten, die Informationen über die Sensorenart und deren Zweck liefern, dazu beitragen, das Vertrauen in die Sensorik aufzubauen, indem sie die Offenlegung und Nachvollziehbarkeit der Technologie gewährleisten.

Als eine erste Maßnahme führt ein QR-Code auf dem Aufkleber (Abb. 3) zur Website der Smart City Mannheim GmbH und kann auch als Bildungswerkzeug angesehen werden. So bietet die Website die Möglichkeit, das Bewusstsein für die Bedeutung von Sensortechnologien in unserem täglichen Leben zu schärfen und ggf. auch das Interesse an Wissenschaft und Technik zu wecken.





Literaturverzeichnis

GEO-NET Umweltconsulting GmbH & ÖKOPLANA: *Stadtklimaanalyse 2020*. Mannheim: Stadt Mannheim, 2021.

MKB Mannheimer Kommunalbeteiligungen GmbH: „Bewertung meteorologischer Messsysteme.“ Mannheim, 2023.

MKB Mannheimer Kommunalbeteiligungen GmbH: „Metadatenkatalog Stadtklimamessnetze Mannheim.“ Mannheim, 2024.

Oke, Tim R.: *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*. WMO/TD-No. 1250, Genf: World Meteorological Organization (WMO), 2006.

Oke, Tim R, und I D Stewart: „Local Climate Zones for Urban Temperature Studies.“ *Bull Am Meteorol Soc* 93(12) (2012): 1879-1900.