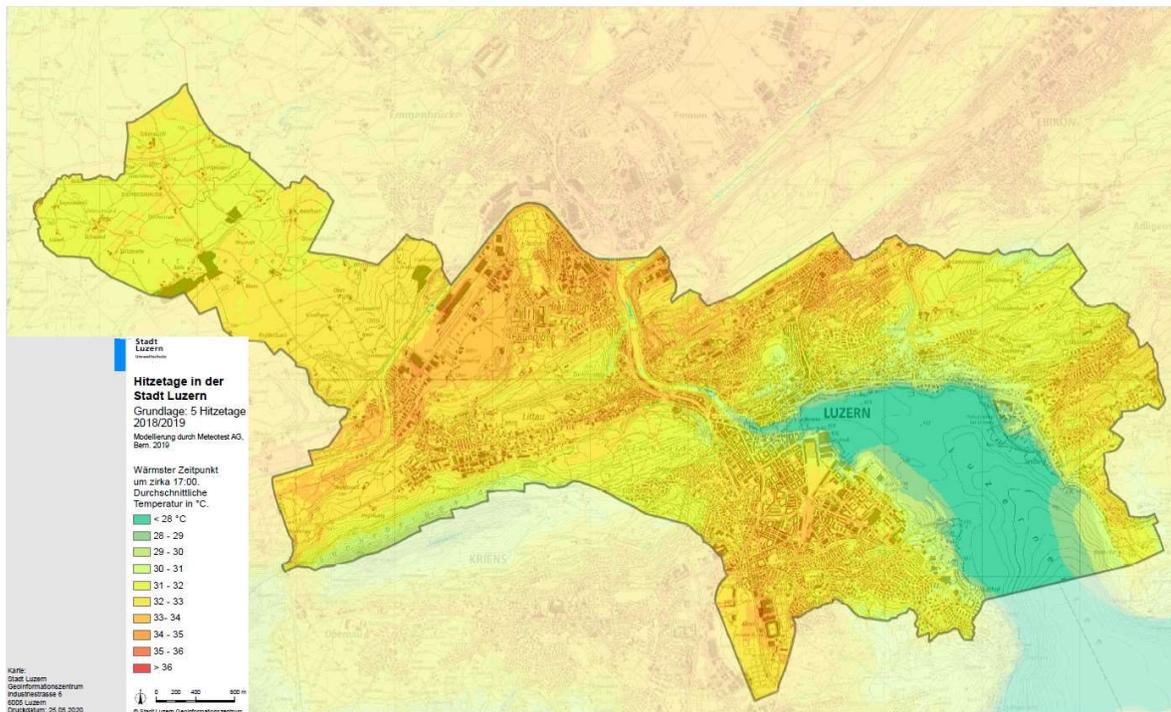


Zusammenführung der Bau- und Zonenordnungen von Littau und Luzern

Stadtklimaanalyse: Hitzebelastung reduzieren

Beilage zum B+A



Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
2	Stadtklimaanalyse: Handlungsbedarf	4
2.1	Dateneingabe	4
2.2	Datenausgabe	5
2.2.1	Karte 1: Lufttemperatur am wärmsten Tageszeitpunkt	5
2.2.2	Karte 2: Physiologische Äquivalenztemperatur PET am wärmsten Tageszeitpunkt	7
2.2.3	Karte 3: Lufttemperatur am kühlfsten Tageszeitpunkt	9
2.2.4	Karte 4: Windstärke der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt	11
2.2.5	Karte 5: Windrichtung der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt	13
2.2.6	Karte 6: Kaltluftabflüsse am kühlfsten Tageszeitpunkt	15
2.3	Datenkombination	17
2.3.1	Hinweiskarte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung»	17
3	Änderungen Bau- und Zonenordnung	22
3.1	Vorgaben zur Minderung der Hitzebelastung	22
3.2	Vorgaben zur Durchlüftung	23

1 Ausgangslage

Das Klima hat sich in den letzten Jahrzehnten global spür- und messbar verändert. Die Temperaturerhöhung seit Beginn der Industrialisierung beträgt für die Schweiz durchschnittlich bereits 2°C. Auch in der Stadt Luzern ist der Klimawandel feststellbar. Die Stadt Luzern setzt primär auf Massnahmen zur Verringerung des Ausstosses von Treibhausgasen und damit zur Begrenzung des Klimawandels (Klimaschutz). Aufgrund der bereits erfolgten und der erwarteten klimatischen Veränderungen werden, ergänzend zum Klimaschutz, aber auch Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel notwendig. Der [B+A 10/2020 vom 1. April 2020: «Klimaanpassungsstrategie der Stadt Luzern»](#) enthält 21 Massnahmen mit dem Ziel, die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken zu minimieren.

Die grössten klimabedingten Risiken für die Stadt Luzern sind eine zunehmende Hitzebelastung, längere trockene Phasen, die Veränderung von Niederschlagsmustern und die Veränderung von Lebensräumen für Pflanzen und Tiere. Um die Herausforderungen bezüglich der zunehmenden Hitzebelastung genauer definieren zu können, wurde auf der Basis von 5 Hitzetagen aus den Jahren 2018 und 2019, eine Stadtklimaanalyse erstellt. Die Stadtklimaanalyse bildet die Grundlage für Vorgaben zur Minderung der Hitzebelastung, welche in der Planung abhängig vom Standort und der Grösse der geplanten Bebauung zu berücksichtigen sind. Ziel ist es, dem städtischen Wärmeinseleffekt entgegenzuwirken, um die Lebensqualität der Stadtbevölkerung insbesondere in den heisser werdenden Sommermonaten in Innen- und Aussenräumen zu erhalten. Es werden zwei neue Artikel ins Bau- und Zonenreglement (BZR) aufgenommen. Das vorliegende Dokument beschreibt den aus der Stadtklimaanalyse abgeleiteten Handlungsbedarf (Kapitel 2) sowie die Änderungen der Bau- und Zonenordnung (Kapitel 3).

2 Stadtklimaanalyse: Handlungsbedarf

Städte sind aufgrund ihrer dichten Bebauung, starker Versiegelung, schlechter Durchlüftung und zusätzlicher Wärmequellen wie Verkehr, Klimaanlage oder industriellen Prozessen immer einige Grad wärmer als das umliegende unbebaute Umland. Dieses Phänomen ist unter dem Begriff «Hitzeinseleffekt» oder «städtischer Wärmeinseleffekt» bekannt.

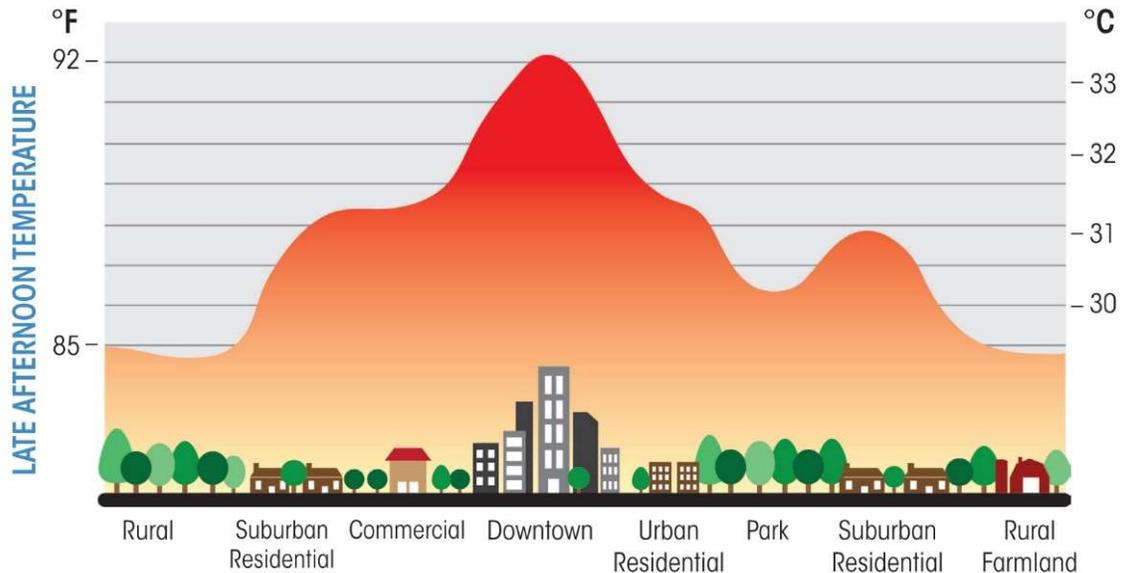


Abbildung 1: Die Stadt als Wärmeinsel. In der Stadt ist die Temperatur vor allem am Abend und in der Nacht deutlich höher als im Umland. Quelle: <http://www.meteozurich.ch/?cat=8&paged=5>

Im Hinblick auf die Massnahmenplanung gegen die zunehmende Hitzebelastung wurde für die Stadt Luzern 2019 erstmals eine Stadtklimaanalyse durchgeführt.

Die Resultate der Stadtklimaanalyse dienen folgenden Zwecken:

- Darstellung der Verteilung der Lufttemperatur
- Darstellung von Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen
- Zonen mit einer erhöhten Hitzebelastung definieren
- Zonen definieren, die für die Versorgung des Stadtkörpers mit kühlerer Luft wichtig sind (vgl. Hinweis-karte: «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung» in Kapitel 2.3.1)

Die Parameter der Stadtklimaanalyse wurden aus Wettermodell- und Messdaten mit dem Modell PALM 4U berechnet. Die Basis für die Stadtklimaanalyse waren fünf historische Hitzetage. Die Dateneingabe ist im Kapitel 2.1. beschrieben, die Datenausgabe im Kapitel 2.2. Kapitel 2.3 erläutert die Hinweis-karte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung», welche aus der Kombination der Resultate entstanden sind.

2.1 Dateneingabe

- Daten Wettermodell COSMO-DE: fünf wolkenfreie, hochdruckbestimmte Tage aus den Jahren 2018 und 2019 mit Lufttemperaturen über 30°C
- Lufttemperaturdaten MeteoSchweiz: Mittelwerte der letzten 20 Jahre
- Digitales Höhenmodell Swisstopo
- Bodenbedeckung Swisstopo: z.B. bebaut, Gewässer, Vegetation etc.
- 3D-Gebäudedatensatz Swisstopo

2.2 Datenausgabe

- Wärmeverteilung Lufttemperatur am wärmsten Tageszeitpunkt um zirka 17:00 Uhr (Karte 1, Kapitel 2.2.1)
- Wärmeverteilung Physiologische Äquivalenztemperatur PET am wärmsten Tageszeitpunkt um zirka 17:00 Uhr (Karte 2, Kapitel 2.2.2)
- Wärmeverteilung Lufttemperatur am kühlfsten Tageszeitpunkt um zirka 04:00 Uhr (Karte 3, Kapitel 2.2.3)
- Windstärke der Luftbewegungen (m/s) am kühlfsten Tageszeitpunkt um zirka 04:00 Uhr (Karte 4, Kapitel 2.2.4)
- Windrichtung der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt um zirka 04:00 Uhr (Karte 5, Kapitel 2.2.5)
- Kaltluftabflüsse (m/s) am kühlfsten Tageszeitpunkt um zirka 04:00 Uhr (Karte 6, Kapitel 2.2.6)

Die Datenausgabe besteht aus Rasterdatensätzen. Die Gitterweite der Rasterdaten beträgt 10 m. Für alle Karten wurden die Datensätze der fünf modellierten Tage gemittelt. Dargestellt sind die Parameter auf einer Höhe von 2 m über Grund. Als Grundfläche ist dabei die Oberfläche der Gebäude, beziehungsweise des 3D-Gebäudedatensatzes von Swisstopo zu verstehen.

Die Datensätze wurden in Zusammenarbeit mit dem städtischen Geoinformationszentrum GIS zusätzlichen Auswertungen unterzogen.

Die Karten zur Lufttemperatur am wärmsten und kühlfsten Tageszeitpunkt (Karte 1 und 3) stehen auf der [Webseite der Stadt Luzern](#) zur Verfügung. Interne Fachpersonen haben Zugriff auf alle Karten. Auf Anfrage und zu festgelegten Zwecken werden die Datensätze auch Externen zur Verfügung gestellt.

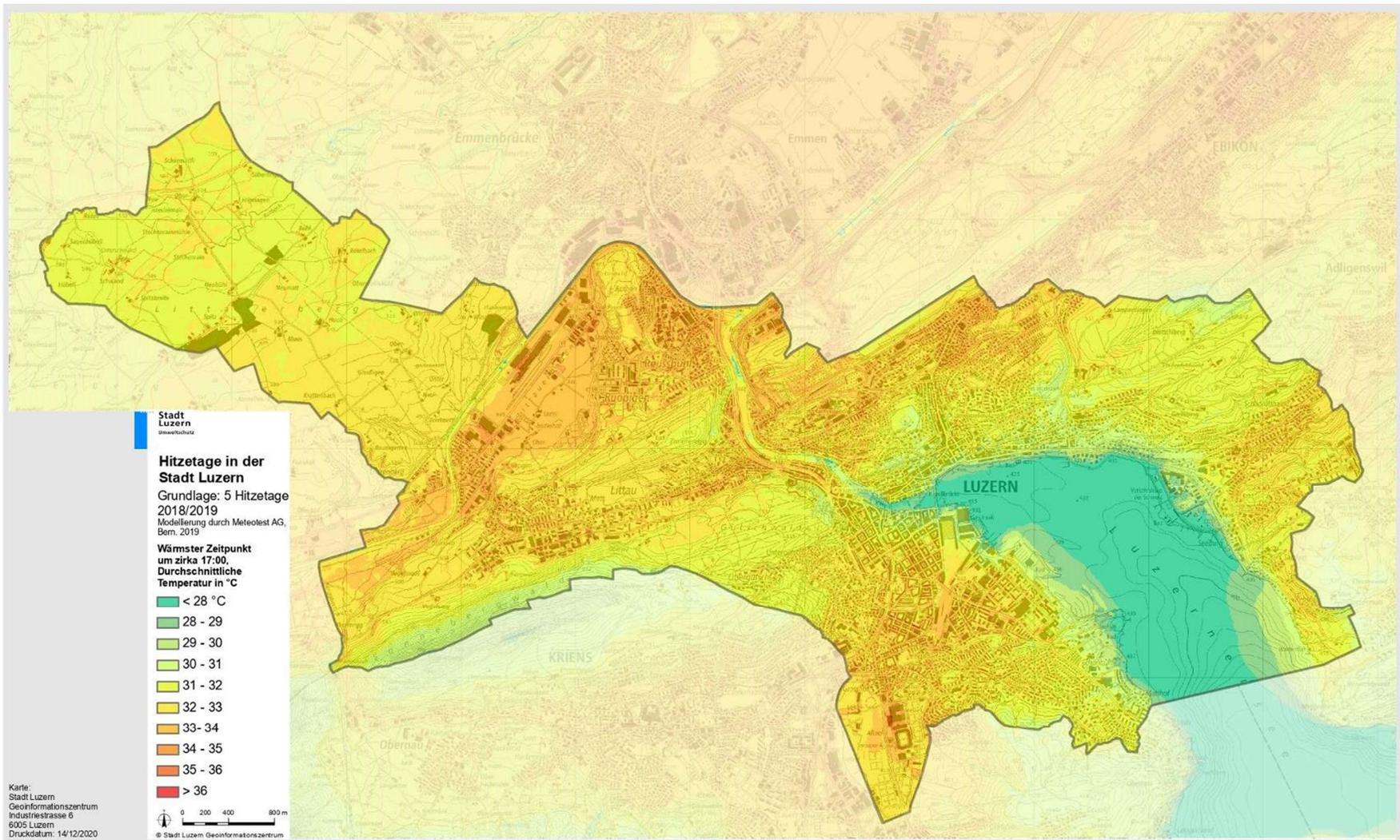
2.2.1 Karte 1: Lufttemperatur am wärmsten Tageszeitpunkt

Die Karte 1 zeigt die Lufttemperatur am wärmsten Zeitpunkt des Tages um zirka 17:00 Uhr in °C gemittelt über die fünf modellierten Tage. Die Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Tage waren gering. Die Temperaturen bewegten sich dabei zwischen 28°C (über Gewässern, Hügelkuppen) und zirka 36°C (Siedlungszentren). Die Temperaturdifferenz zwischen den kühlfsten Orten und den wärmsten Orten beträgt somit gemittelt zirka 8°C. Die gemessene Lufttemperatur an der Messstation von MeteoSchweiz auf der Allmend betrug im Mittel der fünf verwendeten Tage zum heissten Zeitpunkt 32°C. Die Differenz zur Innenstadt beträgt also im Mittel zwischen 2-4°C.

Die Karte liefert folgende Erkenntnisse:

- Bebaute Flächen (Quartiere, Strassen, Stadtzentrum) heizen sich generell stark auf. Je mehr Flächen versiegelt sind und je dichter die Bebauung ist, desto stärker fällt der «städtische Wärmeineffekt» aus.
- Auch die Luft über unbebauten, nicht abgeschatteten Freiflächen wie Wiesenflächen/offene Grasflächen heizt sich tagsüber stark auf.
- Waldflächen/Flächen mit Bäumen bleiben tagsüber kühler als unbestockte Flächen.
- Am tiefsten bleibt die Lufttemperatur über Gewässern und in den Höhenlagen.
- Allgemein können kühlere Flächen die angrenzenden Flächen mit kühlerer Luft versorgen. Die kühlende Wirkung nimmt mit zunehmender Distanz aber rasch ab. Je dichter die Gebäude stehen, desto schneller verliert sich der kühlende Effekt.
- Tagsüber wirkt der See auf die umgebende Fläche kühlend.

Stadt Luzern



Karte 1: Fünf Hitzetage, Lufttemperatur am wärmsten Tageszeitpunkt in °C

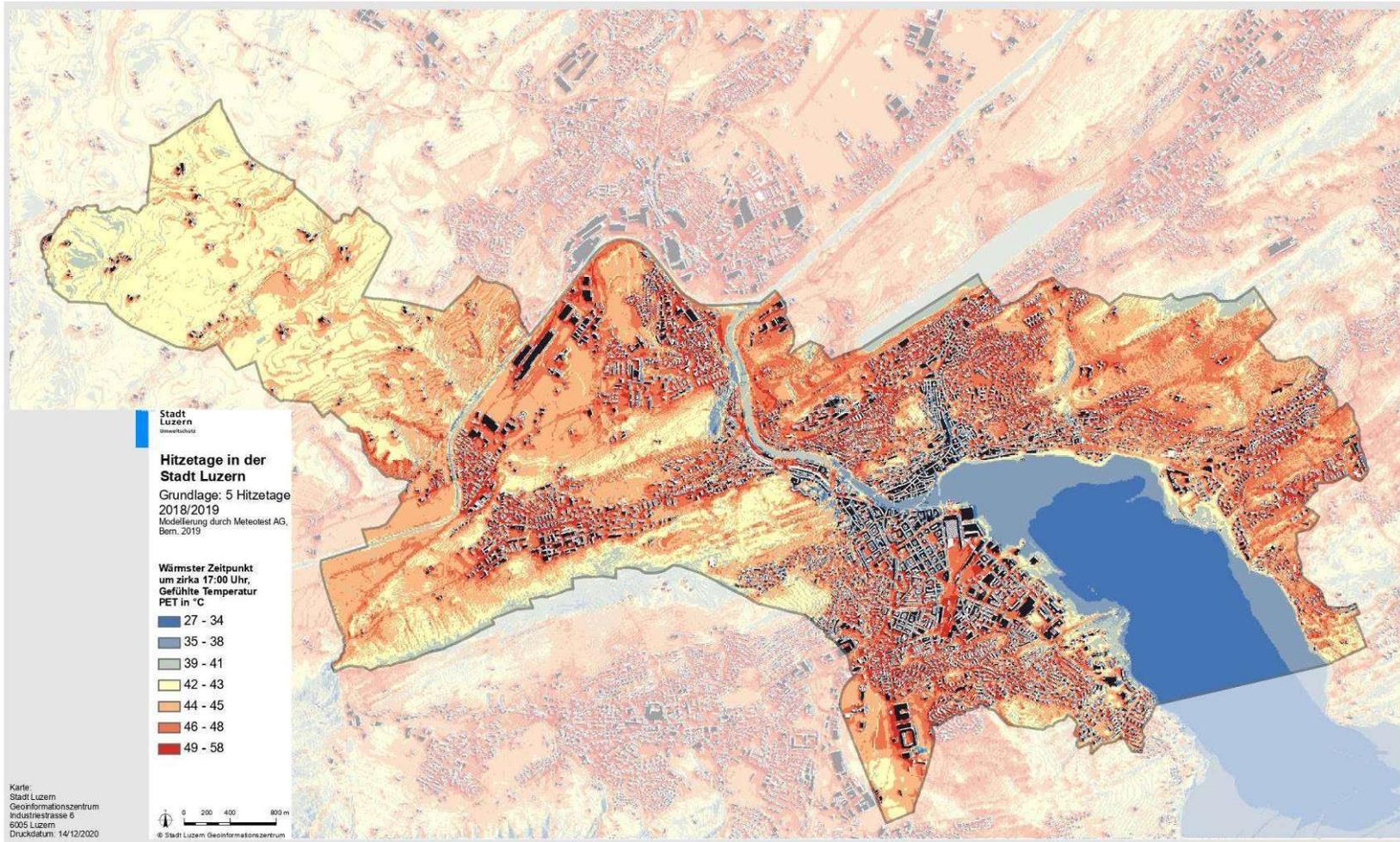
2.2.2 Karte 2: Physiologische Äquivalenztemperatur PET am wärmsten Tageszeitpunkt

Die Karte 2 zeigt die physiologische Äquivalenztemperatur (nachfolgend PET) am wärmsten Tageszeitpunkt um zirka 17:00 Uhr, gemittelt über die fünf modellierten Tage. Die PET ist ein humanbioklimatischer Index zur Beschreibung der Wärmebelastung des Menschen, der Aussagen zur Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombiniert und aus einem Wärmehaushaltsmodell abgeleitet wird. Oft wird auch der Begriff «gefühlte Temperatur» verwendet. Die PET wird in °C angegeben. Die PET kann ausschliesslich für den Aussenraum berechnet werden. Gebäude werden schwarz dargestellt, was die Lesbarkeit dieses Datensatzes insbesondere in dicht überbauten Gebieten erschweren kann. Diese Karte verdeutlicht, wie stark z. B. die Strahlung für die gefühlte Wärme eine Rolle spielt: Flächen im Schatten fühlen sich deutlich kühler an, bzw. Flächen, die in der Sonne sind, fühlen sich sehr heiss an.

Die Karte liefert folgende Erkenntnisse:

- Bebaute Flächen (Quartiere, Strassen, Stadtzentrum) heizen sich generell stark auf. Je mehr Flächen versiegelt sind und je dichter die Bebauung ist, desto stärker fällt der «städtische Wärmeinseleffekt» und entsprechend die gefühlte Temperatur aus.
- Beschattete Flächen fühlen sich kühler an als nicht beschattete. Der Schattenwurf grosser Gebäude ist auf der Karte klar erkennbar (z. B. bei den Hochhaustürmen bei der Swisspor-Arena)
- Die höchsten Werte werden entlang von West- und Südwest-ausgerichteten Fassaden ausgegeben (z. B. entlang dem Bahnhof stadtauswärts, Radisson und vorgelagertes Gebäude entlang den Gleisen).
- Auf unbebauten, nicht abgeschatteten Freiflächen wie Wiesenflächen/offene Grasflächen sind die gefühlten Temperaturen tiefer als auf versiegelten Flächen.
- Noch tiefer sind die gefühlten Temperaturen in Wäldern beziehungsweise auf Flächen, die unversiegelt und beschattet sind.
- Die tiefsten gefühlten Temperaturen werden entlang dem Seeufer im Schatten ausgewiesen (z. B. unter dem Dach des KKL, unter den Bäumen auf dem Inseli, Ufschötti, etc.).
- Überschreitet die PET einen Wert von 37°C spricht man von einer «sehr starken», ab 41°C von einer «extremen» Wärmebelastung¹. Die Karte zeigt, dass während der wärmsten Tage des Jahres das ganze Stadtgebiet tagsüber «sehr stark» beziehungsweise zu zirka 75% sogar «extrem» wärmebelastet ist.

¹ Verband Deutscher Ingenieure e.V.(VDI)-Richtlinie 3787, Blatt 9



Karte 2: Fünf Hitzetage, Physiologische Äquivalenztemperatur PET am wärmsten Tageszeitpunkt in °C

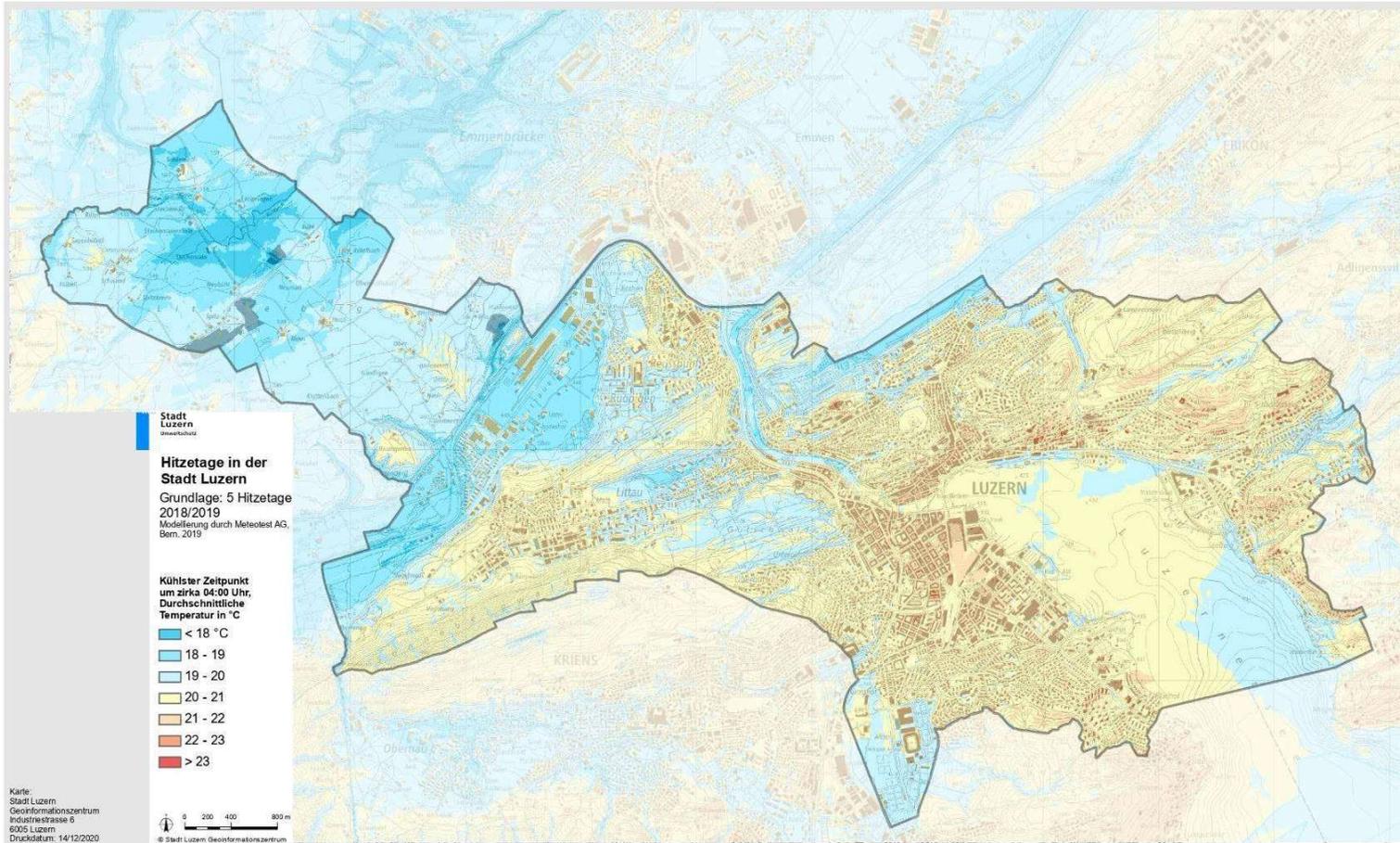
2.2.3 Karte 3: Lufttemperatur am kühlfsten Tageszeitpunkt

Die Karte 3 zeigt die Lufttemperaturen zum kühlfsten Zeitpunkt des Tages um zirka 17:00 Uhr in °C, gemittelt über die fünf modellierten Tage. Die Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Tage waren gering.

Der Unterschied vom kühlfsten (Geländesenken, «Kaltluftseen», unversiegelte, unbestockte Flächen wie Wiesenflächen/offene Grasflächen) und wärmfsten Ort (Siedlungszentren) beträgt im Mittel der fünf untersuchten Hitzetage zirka 5°C.

Die Karte liefert folgende Erkenntnisse:

- Die während dem Tag aufgeheizten Gebäude und versiegelten Flächen strahlen in der Nacht Wärme ab. Dicht bebaute Flächen kühlen deshalb in der Nacht schlechter aus, auch weil die Versorgung mit Frischluft eingeschränkt ist. Je dichter die Bebauung ist und je mehr Flächen versiegelt sind, desto stärker fällt der «städtische Wärmeineffekt» aus.
- Für die wärmfsten Gebiete werden knapp 23°C ausgewiesen.
- Wiesenflächen und offene Grasflächen kühlen nachts schnell aus und sind folglich kühler. Das trifft insbesondere für das Tal der Kleinen Emme und den Littauer Berg zu (17.5°C).
- Waldflächen und Flächen mit Bäumen bleiben tagsüber kühler als offene Grasflächen, kühlen aber nachts schlechter aus als unversiegelte, unbestockte Flächen.
- Gewässer wirken an Hitzetagen tagsüber kühlend. In der Nacht wirken sie eher wärmend (sichtbar z. B. rund um das Seebecken), da ihre Temperatur im Tagesgang konstant bleibt.
- Allgemein können kühlere Flächen die angrenzenden wärmeren Flächen mit kühlere Luft versorgen. Die kühlende Wirkung nimmt mit zunehmender Distanz aber rasch ab. Je dichter die Gebäude stehen, desto schneller verliert sich der kühlende Effekt.



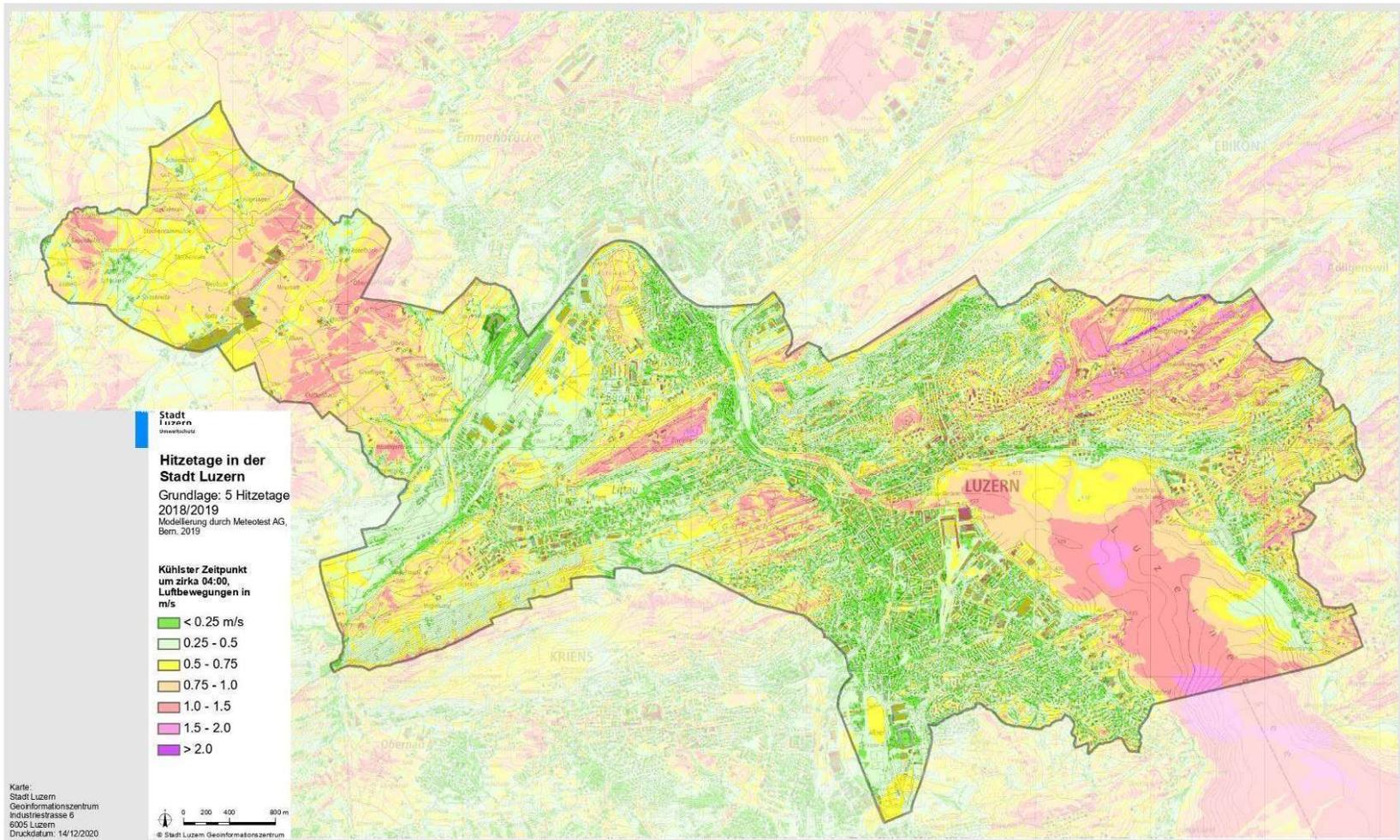
Karte 3: Fünf Hitzetage, Lufttemperatur am kältesten Tageszeitpunkt in °C

2.2.4 Karte 4: Windstärke der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt

Die Karte 4 zeigt die Windgeschwindigkeiten (m/s) zum kühlfsten Zeitpunkt des Tages, gemittelt über die fünf modellierten Tage. Die Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Tage waren gering bis mittel.

Aus der Karte ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Die Windgeschwindigkeiten sind an Hitzetagen mit max. 2 m/s sehr gering.
- Am höchsten sind die Windgeschwindigkeiten über offenen Flächen (insbesondere über den Wasserflächen) und auf den Hügelkuppen.
- Es bilden sich an Hügeln (hangabwärts gerichtete) Luftströme geringer Geschwindigkeit aus.
- Je dichter die Besiedlung, desto schwächer sind die Luftbewegungen.
- Allgemein nehmen die Luftbewegungen rasch ab, sobald sie auf Hindernisse (z.B. Gebäude) treffen.



Karte 4: Fünf Hitzetage, Windstärke der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt in m/s

2.2.5 Karte 5: Windrichtung der Luftbewegungen am kühlfsten Tageszeitpunkt

Karte 5 stellt die modellierten gemittelten Windrichtungen an den fünf untersuchten Hitzetagen auf 2 m über Grund in Form von Pfeilen dar. Die Windgeschwindigkeit wird aus der Farbgebung von Karte 4, Luftbewegungen, ersichtlich. Die Unterschiede zwischen den Werten der einzelnen Tage waren gering bis mittel.

Aus der Karte ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Je dichter die Besiedlung ist, desto schwächer sind die Luftbewegungen. Die Windrichtung variiert in diesen Gebieten kleinräumig stark. Eine grossräumige Aussage zur Windrichtung ist deshalb innerhalb der dicht besiedelten Fläche schwierig.
- Im Bereich des Seebeckens zeigt sich das Phänomen des «Landwinds» beziehungsweise des «ablandigen Windes». Die Temperatur des Seewassers weist geringe Tagesschwankungen aus. Das Wasser ist nachts im Verhältnis zur Umgebung wärmer. Die warme Luft steigt über dem See auf und Luft aus dem umgebenden Stadtgebiet fliesst nach. Siehe dazu auch Kapitel 2.3.1: Hinweiskarte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung».
- Es bilden sich an Hügeln hangabwärts gerichtete Luftströme geringer Geschwindigkeit aus.



Karte 5: Fünf Hitzetage, Windrichtung der Luftbewegungen am kältesten Tageszeitpunkt in m/s

2.2.6 Karte 6: Kaltluftabflüsse am kühlfsten Tageszeitpunkt

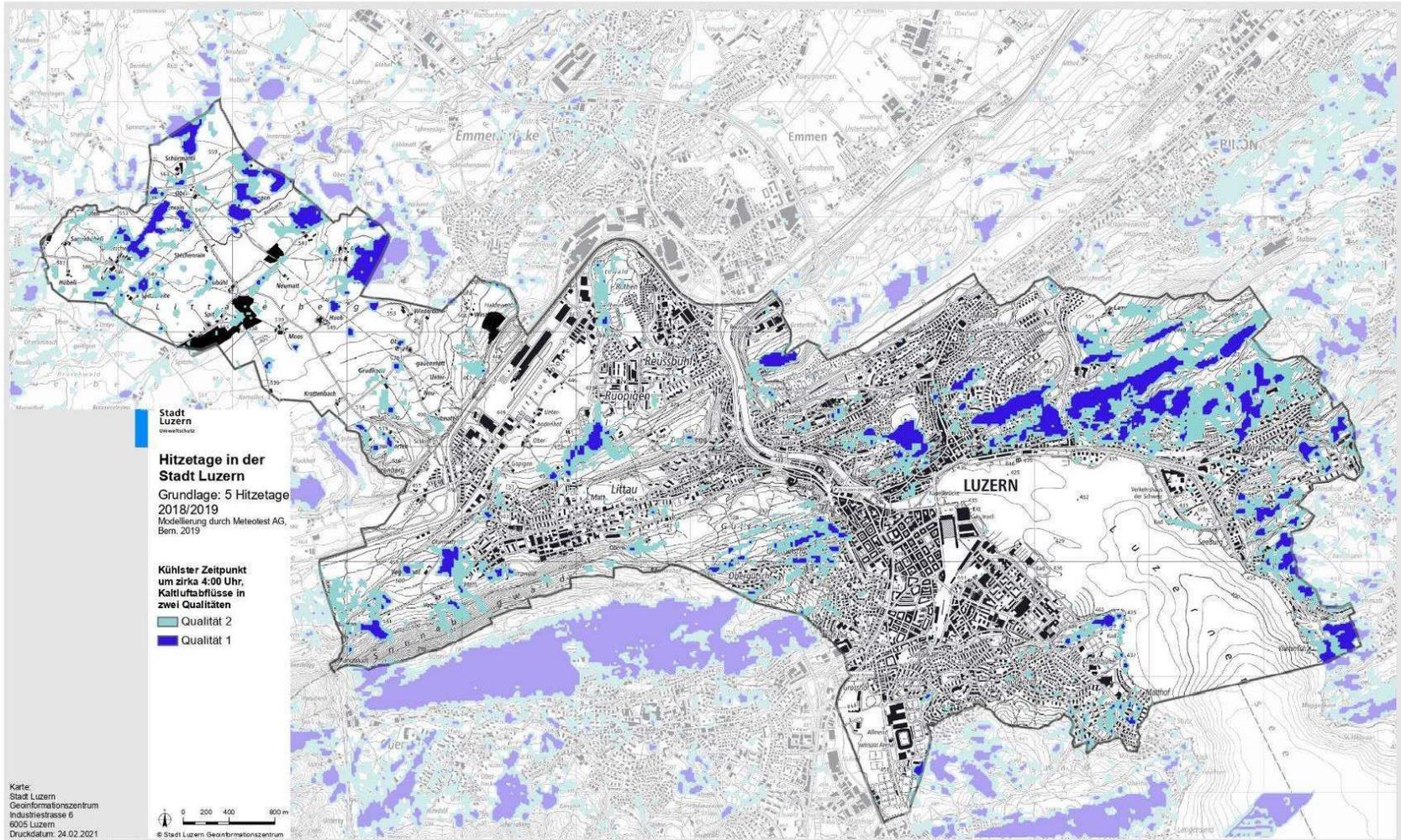
Karte 6 stellt Kaltluftabflüsse 2 m über Grund am kühlfsten Tageszeitpunkt um zirka 04:00 Uhr dar (m/s). Für die Darstellung der Kaltluftabflüsse werden die Resultate der Karten 4 und 5 kombiniert. Damit Kaltluftabflüsse vorkommen, muss das Gelände eine gewisse Neigung aufweisen. Kalte Luft fliesst zäh wie Honig in Richtung Tal. Flache Hangneigungen können bereits ausreichen. Je steiler die Neigung, desto stärkere Flüsse können auftreten. Die Karte 6 zeigt Kaltluftabflüsse in zwei Qualitäten:

Parameter	Kaltluftabfluss 1. Qualität	Kaltluftabfluss 2. Qualität
Hangneigung	> 2°	> 1°
Windgeschwindigkeit	0.5 – 2 m/s	0.25 – 3 m/s
Windrichtung (Abweichung zur Hangneigung in Fliessrichtung)	< 15°	< 45°

Kaltluftabflüsse in der ersten Qualität sind aufgrund von Hangneigung, Windgeschwindigkeit und Fliessrichtung eindeutig dem Phänomen Kaltluftabflüsse zuzuordnen. Meist befinden sie sich ausserhalb des bebauten Gebietes. Kaltluftabflüsse der zweiten Qualität schliessen meist räumlich an Kaltluftabflüsse der ersten Qualität an. Sie sind aber insbesondere bezüglich der Windrichtung etwas diffuser als Kaltluftabflüsse der ersten Qualität. Grund dafür ist, dass Kaltluftabflüsse der zweiten Qualität bereits massgeblich durch Bauten und Anlagen gestört werden.

Aus der Karte ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Es bilden sich an Hügeln hangabwärts gerichtete Luftströme geringer Geschwindigkeit aus. Die Karte zeigt diese in zwei unterschiedlichen Qualitäten.
- Die Kaltluftabflüsse nehmen rasch ab, sobald sie auf Hindernisse (z.B. Gebäude) treffen.



Karte 6: Fünf Hitzetage, Kaltluftabflüsse am kältesten Tageszeitpunkt in m/s

2.3 Datenkombination

Die Datensätze wurden in Zusammenarbeit mit dem städtischen Geoinformationszentrum GIS zusätzlichen Auswertungen unterzogen. Daraus ging die Hinweiskarte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung hervor, welche in Planungen (Arealentwicklungen, Konkurrenzverfahren, Baugesuchen etc.) als Hilfestellungen dienen soll.

2.3.1 Hinweiskarte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung»

In Luzern überlagern sich verschiedene Phänomene, die Luftbewegungen verursachen:

- übergeordnete Luftbewegungen
 - grossräumige Druckunterschiede
 - Land-/Seewind- und Berg-/Talwindssysteme

- lokale Luftbewegungen
 - die städtische Wärmeinselzirkulation
 - Hangabwinde
 - bodennahe Kaltluftabflüsse
 - kleinere Land-/Seewind- und Berg-/Talwindssysteme
 - und kleinräumige Luftaustauschbewegungen zwischen Orten kühlerer Luft mit Orten wärmerer Luft.

Generell ist die Region Luzern – wie weite Teile des schweizerischen Mittellands – als eher windschwach zu bezeichnen.

Übergeordnete Luftbewegungen

Übergeordnete Luftaustauschbewegungen treten an Hitzetagen kaum auf. Hitzetage/Hitzeperioden treten während sommerlichen stabilen Hochdruckwetterlagen auf. Charakteristisch für diese Wetterlagen sind eine starke Sonneneinstrahlung, hohe Lufttemperaturen und schwache, übergeordnete Luftaustauschprozesse. Durch die hohe Wärmespeicherfähigkeit von Bauten und Anlagen kommt es in der Folge davon zu einer starken Hitzebelastung im Siedlungsraum.

Lokale Luftbewegungen

In Wetterlagen ohne nennenswerte übergeordnete Luftaustauschbewegungen helfen ausschliesslich die lokalen Phänomene die Hitzebelastung zu mindern. Alle Lokalen Phänomene sind abhängig von der Ausgestaltung unterschiedlicher Oberflächen und dem Gefälle.

Für die lokalen Phänomene gibt es die zwei Antriebsmechanismen Thermik und Gravitation.

Thermik:

Die Temperaturunterschiede über unterschiedlichen Oberflächen treiben einen Luft-Austauschprozess von Flächen höherer Temperatur zu Orten tieferer Temperatur beziehungsweise vom tieferen Druck zum höheren Druck an. Beispiele dafür sind See-Land- und Berg-Talwindssysteme oder auch die «städtische Wärmeinselzirkulation», auch «Land-Stadt-Wind» genannt. Diese Luftaustauschsysteme können auch sehr kleinräumig wirken, z. B. zwischen einer grösseren Grünanlage und dem anschliessenden überbauten Gebiet (oft als «Flurwinde» bezeichnet). Siehe dazu auch die Abbildungen 2, 3 und 4,

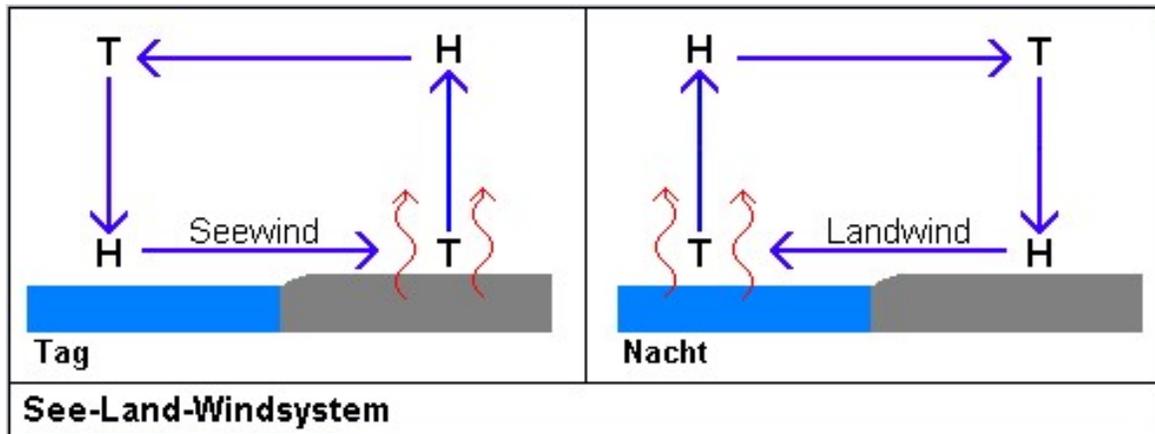


Abbildung 2: Die Temperaturen des Seewassers schwanken im Laufe des Tages kaum. Die Lufttemperatur über dem Land hingegen steigt tagsüber rasch an. Über dem Umland entsteht durch die höheren Temperaturen ein tieferer Druck. Es stellt sich eine Ausgleichsbewegung vom höheren zum tieferen Druck ein. Diese Zirkulation wird Seewind genannt. Nachts stellt sich eine umgekehrte Zirkulation ein: Landwind. Quelle: <http://www.klima-der-erde.de/winde.html>

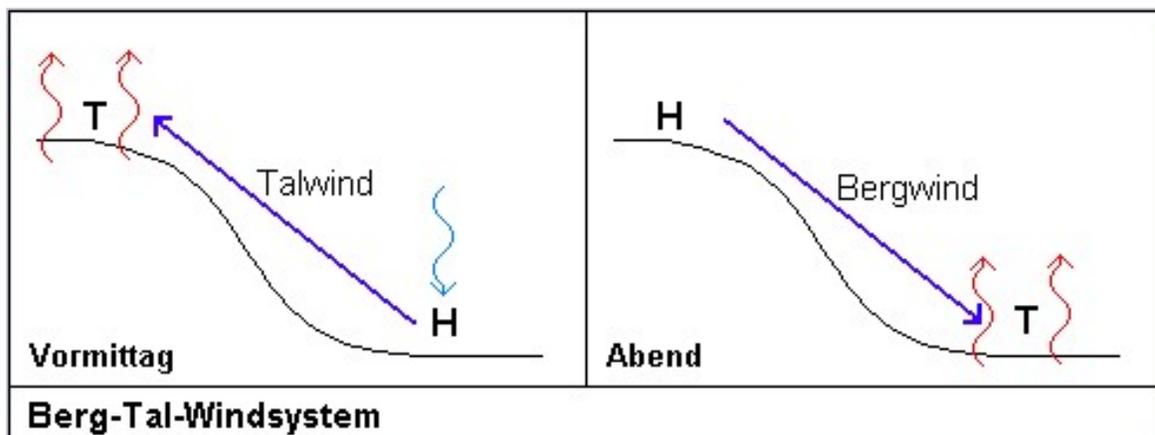


Abbildung 3: In Tälern und Senken sammelt sich nachts die Kaltluft (Kaltluftseen). Die Morgensonne erwärmt Hügelkuppen, wodurch sich dort eine Zone tieferen Druckes ausbilden kann. Es findet eine Ausgleichsbewegung vom Tal in Richtung höhere Lagen aus. Nachts kühlen die höheren Lagen hingegen schneller aus und die Ausgleichsbewegung dreht bis sich Täler und Senken wieder mit der schwereren Kaltluft gefüllt haben. Quelle: <http://www.klima-der-erde.de/winde.html>

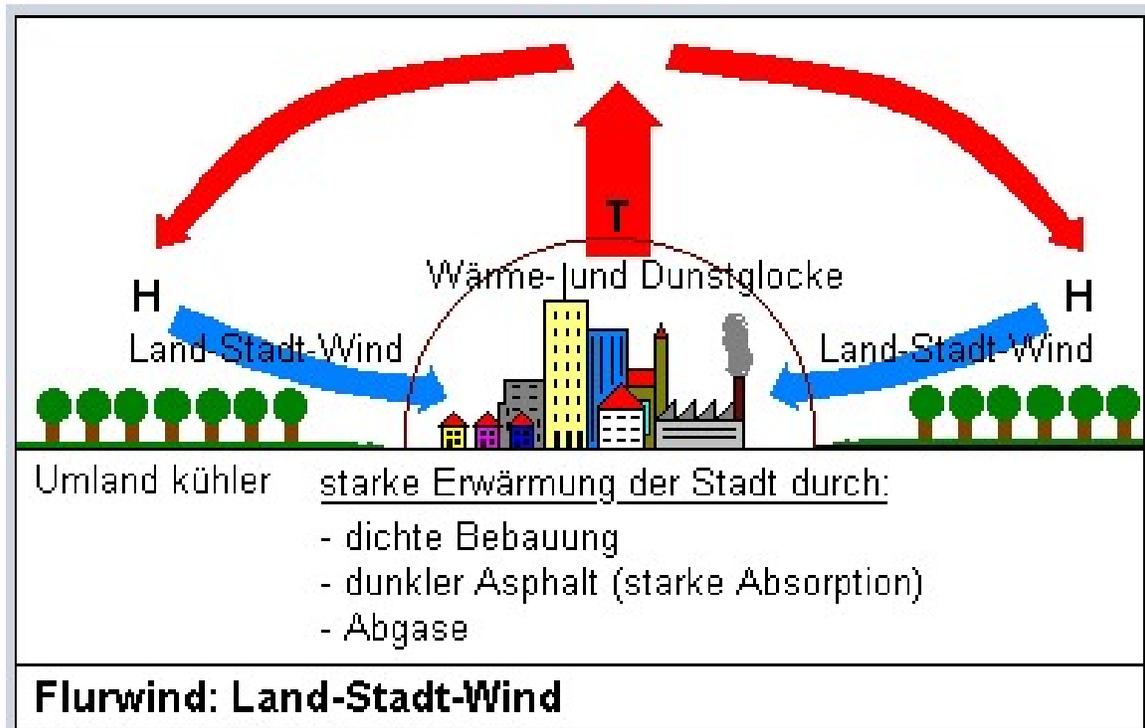


Abbildung 4: Zwischen unterschiedlichen Fluren können sich kleinräumige Zirkulationsmuster ergeben. Über dem im Vergleich zum Umland stärker erwärmten Siedlungsgebiet ergibt sich ein Gebiet tieferen Druckes. Es entsteht eine Ausgleichsbewegung mit Zonen höheren Druckes (kühleres Umland). Dieses Phänomen wird als «städtische Wärmeinselzirkulation» oder «Land-Stadt-Wind» bezeichnet. Gleiches passiert in kleinerem Massstab zwischen einer Grünfläche und dem umliegenden Siedlungsgebiet («Flurwind»). Quelle: <http://www.klima-der-erde.de/winde.html>

Gravitation:

Unterschiedliche Oberflächen kühlen in der Nacht unterschiedlich aus. Die darüber liegenden Luftschichten nehmen die entsprechende Temperatur an. Aufgrund der vergleichsweise höheren Dichte von Kaltluft setzt diese sich, dem Gefälle folgend, hangabwärts in Bewegung. Der Abfluss erfolgt schubweise. Er setzt bereits vor Sonnenuntergang ein und kann die ganze Nacht andauern. Für die Ausbildung solcher «Kaltluftabflüsse» genügt bereits ein minimales Gefälle von $> 1^\circ$. Je steiler die Neigung, desto stärkere Flüsse können auftreten. Stärker ausgeprägte Phänomene höherer Mächtigkeit werden als «Hangabwinde» bezeichnet. Dieses Phänomen ist die Ursache für nächtliche Kaltluftseen in Geländesenken. Siehe dazu auch Abbildung 5.

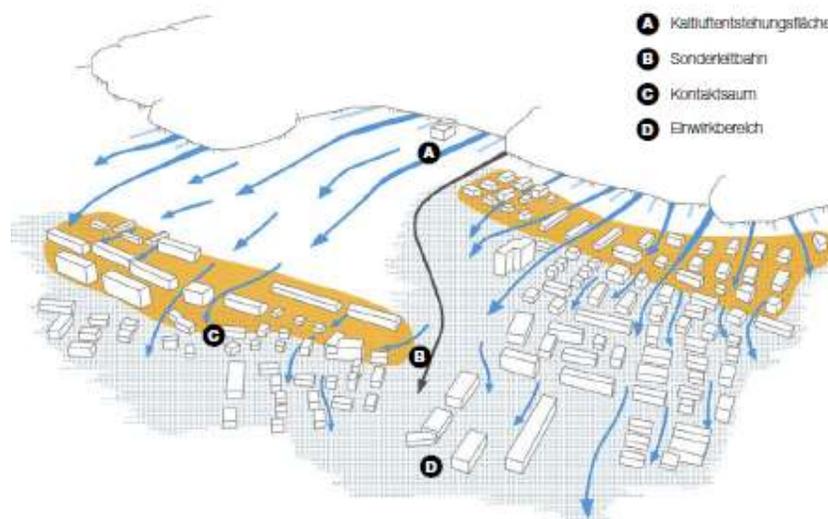


Abbildung 5: Darstellung von Kaltluftabflüssen aus der Stadtklimaanalyse der Stadt Zürich.

Luftbewegungen Stadt Luzern

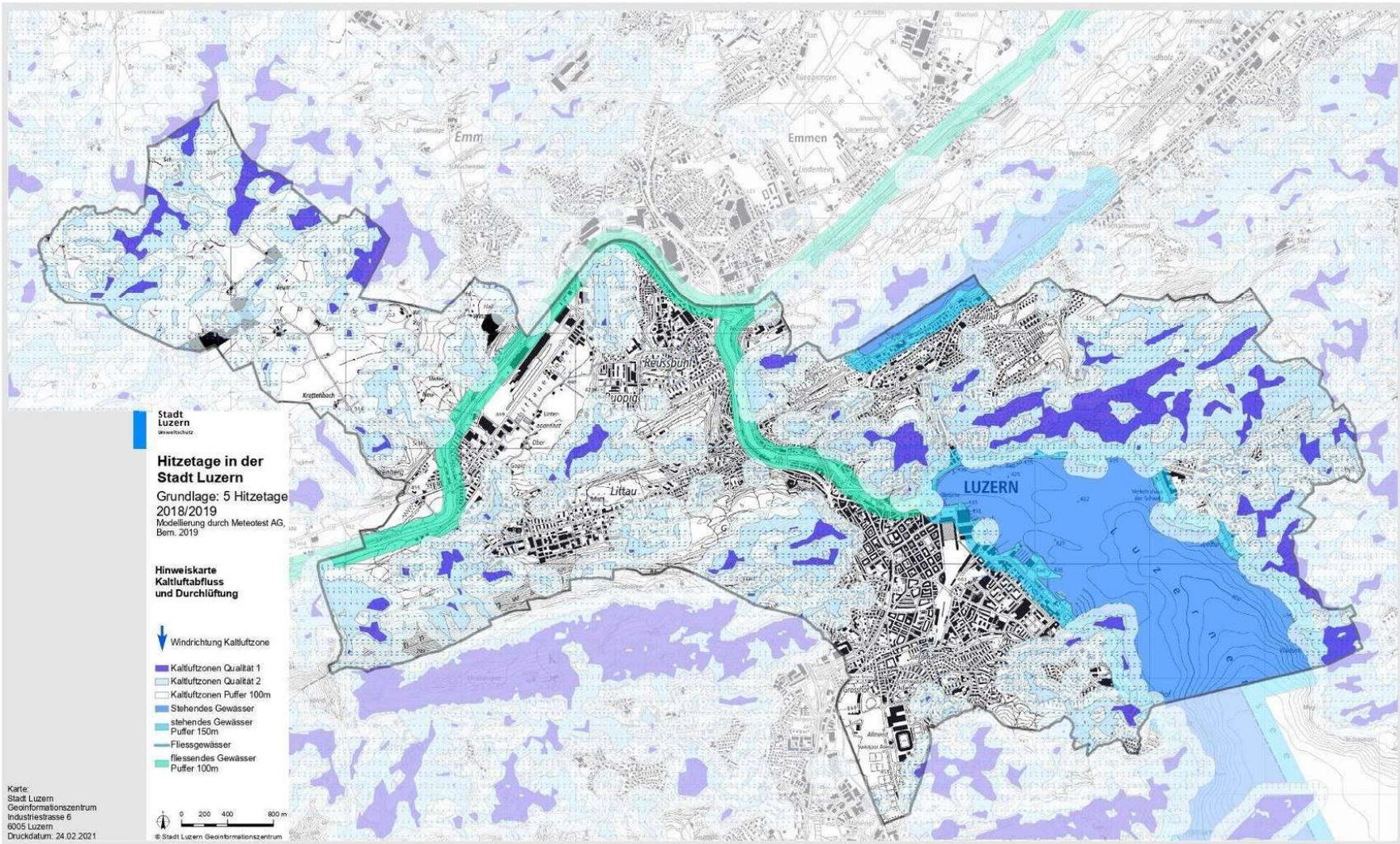
Hinweise zum Vorkommen und zur Ausprägung der lokalen Phänomene sind auf den Karten der Stadtklimaanalyse ersichtlich. Die einzelnen Phänomene und deren Antriebsmechanismen greifen aber ineinander über und können nicht klar voneinander abgegrenzt werden. Die Windgeschwindigkeiten sind sehr gering und die Prozesse stark störungsanfällig. Die Luftaustauschbewegungen nehmen rasch ab, sobald sie auf Hindernisse (Siedlungsraum) treffen. Um eine zunehmende Hitzebelastung zu verhindern, gilt es diese Austauschprozesse aufrechtzuerhalten und nach Möglichkeit neue grosse kühlende Flächen zu planen.

Um eine Hinweiskarte zu erhalten, welche die für die Durchlüftung relevanten Gebiete abbildet, wurden die Daten zu Windrichtung (Karte 5) und Kaltluftabflüsse (Karte 6) verwendet.

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen machen:

- Kaltluftabflüsse der ersten Qualität (vgl. Kapitel 2.2.6) befinden sich grösstenteils ausserhalb der Siedlung.
- Kaltluftabflüsse der zweiten Qualität schliessen an die ersteren.
- Kaltluftabflüsse der zweiten Qualität befinden sich im Übergang zwischen bebauten und nicht bebauten Flächen.
- Kaltluftabflüsse sind stark störungsanfällig. Das Phänomen kommt rasch zum Erliegen, sobald es auf Hindernisse (Siedlungsraum) trifft.
- Die weiss eingefärbten Flächen stehen für räumlich im Einflussbereich von Kaltluftströmen liegende Flächen. Die kühle Luft wird hier aufgrund von Hindernissen stark ausgebremst, abgestoppt oder aufgestaut.
- In allen eingefärbten Flächen wurde die Windrichtung in Form von Pfeilen dargestellt, damit die Richtung der Kaltluftabflüsse klar ersichtlich ist.
- Insbesondere für die beiden in hellerem blau eingezeichneten Flächen gilt es Vorgaben zu definieren, die dazu führen, dass die Kaltluft besser in die Siedlung einfliesst, bzw. länger aufrechterhalten werden kann.
- Der entlang der Gewässer (Seen, Fluss) eingefärbte Streifen kennzeichnet die Randbereiche zu Flüssen und Seen. Auch an diesen Siedlungsrändern haben Massnahmen zur Durchlüftung eine hohe Priorität.

Stadt Luzern



Hinweiskarte: «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung»

3 Änderungen Bau- und Zonenordnung

Die Resultate der Stadtklimaanalyse weisen auf eine hohe Hitzebelastung im ganzen Siedlungsgebiet hin (vgl. Kapitel 2). Diese wird verursacht durch die hohe Wärmespeicherkapazität von stark versiegelten Flächen und schlechter Durchlüftung.

3.1 Vorgaben zur Minderung der Hitzebelastung

Zur grundeigentümergebundenen Umsetzung wird ein neuer Artikel «Hitzebelastung» ins Bau- und Zonenreglement aufgenommen.

Art. 75 Hitzebelastung

¹ Zur Reduktion der Hitzebelastung in Gebäuden und Aussenräumen können Vorgaben zu Materialwahl und Farbgebung von Oberflächen mit geringer Wärmeabsorption, technische und natürliche Beschattung, bodengebundene Fassadenbegrünung und Zugang zu Wasser (Bäche, Brunnen, Wasserspiele) gemacht werden.

² Für die Festlegung von Vorgaben nach Abs. 1 kann von der Bauherrschaft eine mikroklimatische Analyse verlangt werden.

Die Hitzebelastung in Gebäuden und Aussenräumen kann mit folgenden Massnahmen reduziert werden:

- Materialien mit geringer Wärmeabsorption verwenden (helle Materialien für Fassaden, Boden, Dächer).
- Materialien mit hoher Wasserdurchlässigkeit oder hoher Wasserspeicherfähigkeit verwenden (Boden, Dächer).
- Dächer, Bodenflächen und Fassaden begrünen.
- Zugang zu Wasser (Bäche, Brunnen, Wasserspiele, etc.) fördern.
- Bestehende kühlende Flächen möglichst erhalten, beziehungsweise neue schaffen.
- Abwärme möglichst aus dem Aufenthaltsbereich von Menschen abführen.

Die Prüfung und Anordnung von Massnahmen erfolgt möglichst früh im Rahmen von Sondernutzungsplänen (Gestaltungspläne, Bebauungspläne), Arealentwicklungen und im Baubewilligungsverfahren. Grössere Bauvorhaben (z. B. Mehrfamilienhaus mit drei Stockwerken und sechs Parteien) werden im ganzen Stadtgebiet beurteilt. In den stark hitzebelasteten Gebieten (gemäss den Karten 1 bis 3) werden sämtliche Bauvorhaben beurteilt.

Für die Festlegung von Vorgaben kann im Rahmen des jeweiligen Projektes/Verfahrens bei Bedarf eine mikroklimatische Analyse verlangt werden, welche den Nutzen konkreter Massnahmen aufzeigt. Sinnvoll ist eine solche Analyse bei geplanten grösseren Überbauungen oder bei Bauvorhaben, welche stadtklimatisch als kritisch beurteilt werden. Die mikroklimatische Analyse ist durch die Bauherrschaft zu finanzieren.

3.2 Vorgaben zur Durchlüftung

Zur grundeigentümergebundenen Umsetzung wird ein neuer Artikel «Durchlüftung» ins BZR aufgenommen.

Art. 76 Durchlüftung

¹ Um die Durchlüftung des Stadtkörpers zu fördern, können Vorgaben

- a. zur Stellung der Bauten und Anlagen,
- b. zur Aufteilung der Gebäudevolumina und
- c. zum Standort und zur Art der Gewächse (Dichte, Wuchsform, Höhe) gemacht werden.

² Für die Festlegung der Vorgaben nach Abs. 1 lit. a und b ist von der Bauherrschaft eine mikroklimatische Analyse erforderlich. Für die Festlegung der Vorgaben nach Abs. 1 lit. c kann von der Bauherrschaft eine mikroklimatische Analyse verlangt werden.

Zur weiteren Minderung der Hitzebelastung soll die Versorgung des Stadtkörpers mit kühlerer Luft aufrechterhalten, beziehungsweise wo möglich, verbessert werden.

Um die Hitzebelastung in Gebäuden und Aussenräumen zu reduzieren, können folgende Vorgaben gemacht werden (vgl. Hinweiskarte in Kapitel 2.3.1):

- Bestehende kühlende Flächen möglichst erhalten, beziehungsweise neue schaffen.
- Siedlungsränder möglichst offen gestalten.
- Bei Planungs- und Bauprozessen an Hanglagen Kaltluftabflüsse mitberücksichtigen.
- Den Standort und die Art der Gewächse (Dichte, Wuchsform, Höhe) so wählen, dass die Durchlüftung nicht behindert wird.
- Bauten und Anlagen so stellen, beziehungsweise auszurichten, dass sie die Durchlüftung nicht behindern.
- Die Aufteilung der Gebäudevolumina soll im Hinblick auf die Durchlüftung optimiert werden.

Die Prüfung und Anordnung von Massnahmen erfolgt möglichst früh im Rahmen von Sondernutzungsplänen (Gestaltungspläne, Bebauungspläne), Arealentwicklungen und im Baubewilligungsverfahren.

Die in der Hinweiskarte «Kaltluftabflüsse und Durchlüftung» dunkelblau eingefärbten Zonen befinden sich meist ausserhalb der Bauzone. Daran anschliessend folgen hellblau eingefärbte Zonen mit schwächeren Kaltluftabflüssen. Damit diese stark störungsanfälligen Luftbewegungen aufrechterhalten werden können, werden sämtliche Bauvorhaben, welche die Durchlüftungssituation beeinträchtigen können, beurteilt und fallweise Vorgaben festgelegt. An die hellblaue Zone wurde ein 100 m breites weisses Band angesetzt. In diesen Zonen werden ausschliesslich für grössere Bauvorhaben (z. B. Mehrfamilienhaus mit drei Stockwerken und sechs Parteien) Vorgaben definiert. Allgemein gilt es, Siedlungsränder offen zu gestalten. Dazu gehören auch Übergänge von Gewässern zur Siedlung. Diese Bereiche sind in der Hinweiskarte ebenfalls farblich gekennzeichnet. Bau- und Planungsvorhaben in diesen Zonen müssen ebenfalls stadtklimatische Aspekte bezüglich Hitzeminderung und Durchlüftung berücksichtigen.

Für Vorgaben kann im Rahmen des jeweiligen Projektes/Verfahrens eine mikroklimatische Analyse verlangt werden. Sinnvoll ist eine solche Analyse bei geplanten grösseren Überbauungen oder bei Bauvorhaben, welche stadtklimatisch als kritisch beurteilt werden. Vorgaben zur Stellung von Bauten und Anlagen sowie zur Aufteilung von Gebäudevolumina sollen nur gestützt auf eine mikroklimatische Analyse gemacht werden können. Die mikroklimatische Analyse ist durch die Bauherrschaft zu finanzieren.