

Bodenfunktionen in der Schwammstadt



Bodenfunktionen in der Schwammstadt

Dr.-Ing Uwe Ferber, M.Sc. Karl Eckert, B.Eng. Christin Fischer (StadtLand GmbH)

unter Mitarbeit von

Bernd Siemer, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung, Zielstellung	6
2	Rahmenbedingungen in Sachsen	8
2.1	Maßnahmen einer wassersensiblen Stadtentwicklung in sächsischen Städten und Kommunen.....	9
3	Ausgangslage	13
3.1	Bodenfunktionen und Ökosystemleistung.....	13
3.2	Beitrag des Bodens zur Abkühlung in urbanen Gebieten	13
3.3	Beitrag des Bodens zum Wasserrückhalt in urbanen Gebieten.....	14
3.4	Maßnahmen für die Entwicklung einer wassersensiblen Stadt	15
3.4.1	Bodenentsiegelung	15
3.4.2	Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt	17
3.4.3	Maßnahmen auf Dachflächen	19
4	Bodenfunktionen und wassersensible Stadt als (Zukunfts-)Aufgabe der Stadtplanung	23
4.1	Wassersensible Stadt und urbanes Grün	24
4.2	Wassersensible Stadt und Wasserrückhalt	27
4.3	Multifunktionale Fläche.....	31
5	Wassersensible Stadtentwicklung in integrierten Stadtentwicklungskonzepten in Sachsen	33
5.1	Zielsetzung.....	33
5.2	Integrierte Stadtentwicklungskonzepte in Sachsen.....	33
5.3	Wassersensible Stadtentwicklung als Beitrag zur integrierten Stadtentwicklung	33
5.3.1	Planungsziele und –prinzipien.....	33
5.3.2	Akteure	34
5.3.3	Prüfsteine.....	35
5.3.4	Ergebnis.....	36
	Literaturverzeichnis	37
	Anhänge	41
Anhang 1	Schwammstadt-Maßnahmen am Beispiel der Stadt Meerane, Sachsen	41
Anhang 2	Klimaanalyse Stadt Leipzig, erstellt 2019 von GEONET im Auftrag der Stadt Leipzig	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwässerung und Wasserrückhaltung auf dem Grundstück	6
Abbildung 2: Darstellung der „Wärmebelastung in Leipzig im Jahr 2019.	6
Abbildung 3: Überlaufendes Wasser kann zu Erosionen führen	8
Abbildung 4: Wassermassen verbleiben auf der Fläche	8
Abbildung 5: Landesgartenschau in Frankenberg, Sachsen	11
Abbildung 6: Umgestaltungen der Fläche Landesgartenschau	11
Abbildung 7: Entsiegelte Fläche der ehemaligen IFA-Fabrik Meerane	12
Abbildung 8: Entsiegelte Fläche der ehemaligen Möbelstoffspinnerei Meerane	12
Abbildung 9: Potenzielles Temperaturabsenkungsvermögen pro spezifisches Vegetationsvolumen (Kubikmeter pro Quadratmeter) und Darstellung der Bestimmtheitsmaß (R ²)	14
Abbildung 10: Entsiegelungspotenziale unterschiedlichen Typs: untergenutzte Parkplätze, übermäßig versiegelte Innenstadtbereiche, versiegelte Höfe	17
Abbildung 11: Darstellung der Speicherkapazität gegenüber dem Flächenbedarf von unterschiedlichen Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung sowie eine Bewertung des Einflusses auf Grundwasserschutz und natürlichen Wasserhaushalt	19
Abbildung 12: Beispiel einer extensiven Dachbegrünung	20
Abbildung 13: Beispiel einer intensiven Dachbegrünung	20
Abbildung 14: I.o. Bimsstein; I.u. Drainage; Aufbau des „Retention-Gründachs“	21
Abbildung 15: Rückstände nach dem Entfernen von Haftscheiben von Selbstklimmern	22
Abbildung 16: Zentrale Handlungsfelder und Akteurinnen/Akteure im Rahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung (als Baustein der Anpassung an den Klimawandel)	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächen der Entsiegelungspotenziale im Siedlungsbereich	16
Tabelle 2: Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt mit hohem Flächenbedarf.....	18
Tabelle 3: Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt mit geringem Flächenbedarf.....	18

Abkürzungsverzeichnis

AB	Arbeitsbreite
ha	Hektar
INSEK	Integriertes Stadtentwicklungskonzept
ISEK	Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept
IT	Informationstechnik
Kf-Wert	Grad der Versickerungsfähigkeit von Böden, Kennwert "Gesättigte Wasserleitfähigkeit des Bodens"
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
qm	Quadratmeter
SEKO	städtebauliches Entwicklungskonzept
SuV	Siedlungs- und Verkehrsfläche
ÖSL	Ökosystemleistungen

1 Aufgabenstellung, Zielstellung

Auch der Freistaat Sachsen ist von den massiven Folgen des Klimawandels betroffen. Urbane Räume des Bundeslands sind von den Auswirkungen des Starkregens und der Überflutungen bedroht (Umweltbundesamt, 2019; FRANKE, 2015: 8 ff; Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH, 2006). Exemplarisch sei die Überflutung im Stadtgebiet Grimma im Jahr 2013 genannt. Infolge des fortschreitenden Klimawandels gewinnen dezentrale Konzepte zur Rückhaltung des Wassers auch in Städten zunehmend an Bedeutung. Vor diesen Hintergrund möchte das LfULG Sachsen einen praxisorientierten Beitrag zur Erhöhung des Wasserrückhalts, insbesondere durch die Nutzung der natürlichen Bodenfunktionen in der Stadt, mit Umweltinstrumenten und stadtplanerischen Instrumenten erreichen. Mit dem vorliegenden Bericht soll innerhalb von Planungs- und Genehmigungsverfahren auf eine Erhöhung des Wasserrückhaltes in der Fläche unter Berücksichtigung der Bodenfunktionen hingewirkt werden. Dabei wird eine Umsetzung der wassersensiblen Stadtentwicklung, auch unter dem Begriff „Schwammstadt“ bekannt, verfolgt. Die Böden urbaner Räume sind Träger wesentlicher Ökosystemleistungen die der Umwelt und den Menschen gleichermaßen dienen (siehe auch Kapitel 3). Die Fähigkeit zum Wasserrückhalt von Stadtböden ist Grundlage für die Ausprägung und Regulierung des Stadtklimas und der Luftreinhaltung und der Reduzierung von Überschwemmungen. Stadtböden sind Orte der Erholung und gleichzeitig Orte innerstädtischer Natur. Trotz deren Bedeutung werden in den Städten Böden versiegelt und ihre Funktionen durch weitere Inanspruchnahmen zunehmend beeinträchtigt oder zerstört. Zudem werden durch unzählige Versiegelungen erhebliche Überwärmungen der Stadtluft begünstigt, s.a. Abbildung 2: dargestellt ist die Wärmebelastung der Flächen in Leipzig und stadtnahes Umland. Es entstehen Lufttemperaturen mit mehr als 10°C Unterschied zur Umgebungstemperatur welche auch nachts noch messbar sind und bestehen bleiben. Unmittelbar führt dies zu einer Belastung des Stadtmenschen und seiner Umwelt. Maßnahmen zur Abkühlung der Stadtluft sind notwendig. Eine Möglichkeit der Abkühlung sind strategisch angelegte Grünflächen mit der Funktion die Lufttemperatur zu mindern (KASTLER et al., 2015).



**Abbildung 1: Entwässerung und Wasserrückhaltung auf dem Grundstück;
Foto: StadtLand GmbH 2020**

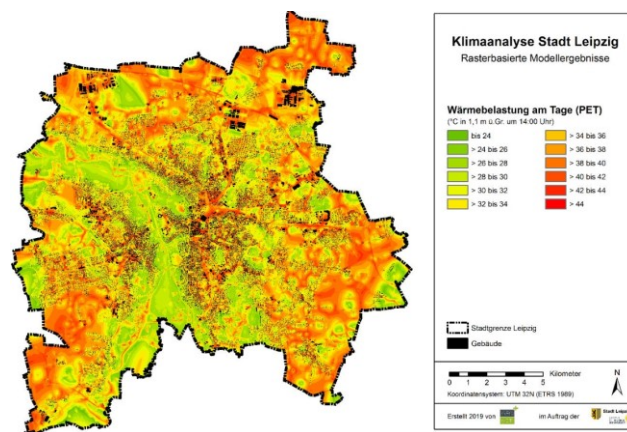


Abbildung 2: Darstellung der „Wärmebelastung in Leipzig im Jahr 2019.; siehe auch Anhang; GEO-NET-Umweltconsulting GmbH, 2020

Die Anlage von Grünflächen im Urbanen – v. a. in Kombination mit dem Erhalt und der Förderung natürlicher Bodenfunktionen – ist eine Maßnahme der Klimaanpassung. Abbildung 1 zeigt die Entwässerung des versiegelten Geländes des St. Elisabeth Krankenhaus in Leipzig auf der Fläche. Ein solch unversiegelter Boden ist in der Lage Wasser aufzunehmen und zu speichern. Grünflächen sind auch Verdunstungsflächen und können in direkter Umgebung für Abkühlung sorgen. Grünflächen in der Stadt sind zusätzlich Träger ökologischer Funktionen und sie dienen der Erholung der Bewohnerinnen und Bewohner.

Ziel des Vorhabens ist es, durch die Quantifizierung der natürlichen Bodenfunktionen weitere Argumente für mehr urbanes Grün in versiegelter Umgebung zu schaffen.

Teilziele des Vorhabens sind:

- Strategien entwickeln, um Bodenfunktionen in urbanen Gebieten zu schützen und wiederherzustellen
- Argumente für den Erhalt und die Schaffung urbaner Grünflächen zur Erholung und gleichzeitiger Entwicklung innerstädtischer Natur erarbeiten
- Möglichkeiten für einen stärkeren und konsequenteren Wasserrückhalt in der Stadt zur Verringerung der Gefahren durch wild abfließendes Wasser und zur Verbesserung der Umweltqualität aufzeigen
- Beiträge urbaner Grünflächen zur Verringerung der Lufttemperatur in urbanen Gebieten nachweisen

Hierfür sollen Potenzialflächen in sächsischen Städten genutzt werden. Potentialflächen sind u.a. versiegelte Brachflächen, untergenutzte und teilversiegelte Flächen und weitere "flächenhafte" Maßnahmen des Stadtumbaus z. B. Gebäudebegrünung oder die Teilbegrünung von Infrastrukturanlagen. Solche Flächen können als Träger der „Schwammfunktion“ dienen, wenn ihre Bodenfunktionen dafür geeignet sind oder wiederhergestellt werden. Es werden im Bericht typische Erfahrungen von Städten in der "Schwammstadt-Methodik" bzw. wassersensiblen Stadtentwicklung und der Umsetzung von flächenbezogenen Maßnahmen mit aufgeführt.

2 Rahmenbedingungen in Sachsen

Der Blick auf die Rahmenbedingungen verdeutlicht, dass der Verlust von Bodenfunktionen schon heute erheblich die Umwelt- und Lebensqualität in Städten beeinflusst. Der Verlust an Boden durch Flächenneuanspruchnahme in Sachsen beträgt je nach Quelle zwischen 400 qm pro Person (Ferber et al., 2019) und 613 qm pro Person (Bundestag, 2021) im Jahr 2019, und ist in jedem Fall als erheblich und zunehmend zu betrachten.

Von 2016 bis 2019 stieg die Anzahl der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV-Fläche) pro Person von 2016 (599) bis 2019 (613) um + 2,4 % (kleine Anfrage Bundesregierung 19/23814). In sieben Bundesländern war diese Entwicklung rückläufig. In einem prozentualen Vergleich ist die Entwicklung der SuV-Fläche im Land Sachsen am stärksten. Die Antwort der Bundesregierung gibt weiter an, dass die bundesweite Entwicklung besonders in den ländlichen Gemeinden zwischen 2016-2018 gestiegen ist, aber auch in Mittelstädten sowie Kleinstädten. Nur in Großstädten ist die Entwicklung der SuV pro Person rückläufig (Bundestag, 2021).

Die Flächeninanspruchnahme steigt weiterhin. Sowohl innerorts als auch außerorts wird der Boden durch Bauvorhaben in Anspruch genommen, abgegraben und versiegelt. Es verringert sich zunehmend der durch Boden und Fläche verfügbare Wasserrückhalt. Verstärkt auftretende Starkregenereignisse generieren kurzfristig größere Wassermassen als städtische Kanäle aufnehmen können (s.a. Abbildung 3). Wassermassen, die nicht von der Kanalisation aufgenommen und abgeleitet werden können, verbleiben auf der Fläche oder führen zu wild abfließendem Wasser (s.a. Abbildung 3 und Abbildung 4). Wild abfließendes Wasser verursacht örtlich hohe Gefahren für Mensch und Umwelt.



Abbildung 3: Überlaufendes Wasser kann zu Erosionen führen; Gemeinde Spitzenstadt, o. A.



Abbildung 4: Wassermassen verbleiben auf der Fläche; Sita Bauelemente GmbH, o. A.

Beispielhaft untersucht wurde das Einzugsgebiet der Mulde, in dem 10% der Flächen Siedlungsgebiete mit hohem Versiegelungsgrad sind (FERBER et al. 2019). Das Gros versiegelter Flächen in Deutschland ist an die Misch- oder Trennkanalisation angeschlossen. Großdimensionierte Kanäle sind nötig, um für wenige Stunden im Jahr die anfallenden Mengen eines Starkregenereignisses ableiten zu können. Rückhaltebecken sind oftmals nicht ausreichend dimensioniert. Das Prinzip, Niederschlagswasser so schnell wie möglich aus der bebauten Umwelt abzuleiten, wird aus u. a. diesem Grund wasserwirtschaftlich, ökologisch und ökonomisch zunehmend in Frage gestellt (SIEKER et al., 2007). Es ist davon auszugehen das in vielen Teilbereichen der urbanen Fläche Potenziale für eine wassersensible Stadtentwicklung bestehen.

Die „neuen“ Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung setzen auf die

- Entsiegelung von Flächen,
- Zentrale oder dezentrale Versickerung von Niederschlägen,
- Unmittelbare Ableitung des Niederschlagswassers – soweit notwendig und möglich – in ein Oberflächengewässer,
- Rückhalt des Wassers auf der Fläche oder in Speichermedien wie Zisternen um in niederschlagsarmen Zeiten Wasser dem Stadtgrün zur Verfügung stellen zu können.

Zugleich ist in den sächsischen Städten eine Vielzahl von Potenzialflächen für die Entwicklung solcher Maßnahmen vorhanden. Allein in der Stadt Leipzig und den angrenzenden Kommunen existieren ca. 1.000 ha Brachflächen (SIEMER, ECKERT, FERBER, 2019). Ihre vorrangige Versiegelung und Nutzung für eine bauliche Verdichtung ist nicht in jedem Einzelfall nachhaltig. Potenzialflächen des Stadtumbaus können Träger von Ökosystemleistungen für den Menschen und für die Umwelt sein, wenn ihre Bodenfunktionen dafür geeignet sind oder wenn diese Funktionen dafür herstellbar sind.

2.1 Maßnahmen einer wassersensiblen Stadtentwicklung in sächsischen Städten und Kommunen

Viele Kommunen, auch im Freistaat Sachsen, haben sich im Themenfeld der wassersensiblen Stadt engagiert. Dabei sind unterschiedliche Ansätze aber auch Gemeinsamkeiten festzustellen, auf welche im Folgenden kurz eingegangen wird:

- Die Stadt Leipzig hat erste Schritte zum Wasserrückhalt eingeleitet. Auf Ebene der Gesamtstadt wurde die Erarbeitung einer wasserwirtschaftlichen Gesamtkonzeption beschlossen. „Das Ziel soll sein, eine Wasserkonzeption für das ganze Stadtgebiet vorzulegen, die gefüllte Teiche und nutzbare Gräben und Flüsse sowie deren Pflege genauso zum Gegenstand hat, wie Lösungen für Starkregenereignisse und Trockenperioden“ (Böhlau, 2020).
- Das Forschungsprojekt "Leipziger BlauGrün" wurde im Jahr 2019 initiiert, um die wassersensible Entwicklung des „Eutritzscher Freiladbahnhoofs“ zu begleiten. Rein technische Regenwasserbehandlungsanlagen, welche das Oberflächenwasser schnell ableiten, werden nicht länger als geeignete Lösung verstanden. Regenwasserrückhaltung und Versickerung über den Boden gewinnen dagegen als klimaresiliente und umweltschonende Alternativen zunehmend für das Projekt an Relevanz. Wasser soll im Quartier gehalten, verfügbar und erlebbar gemacht werden. Es entsteht ein abflussloses und ressourceneffizientes Stadtquartier (UFZ, 2021). Im Hinblick auf die zahlreichen regulierenden und kulturellen Ökosystemleistungen gegenüber der Stadtgesellschaft wird im Quartierskonzept das Wasser als eine zu bewirtschaftende multifunktionale Ressource betrachtet (Leipziger BlauGrün, 2021; GEYLER, o. D.).
- Die Landeshauptstadt Dresden hat Informationen zu Versickerungsmöglichkeiten für die Bürgerinnen und Bürger erarbeitet und analog und digital, bspw. als kurze Infoblätter, zur Verfügung gestellt. In den Infoblättern wird Wissenswertes zu den Themen Regenwasser, Versickerung, Entsiegelung, durchlässige Flächenbelege und Bauwerke kurz und übersichtlich dargestellt. Unter anderem werden auch Kostenschätzungen, Einsatzspektrum und allgemeine Hinweise dargeboten. Die Anlage einer Muldenversickerung wird beispielsweise mit 1 € pro Quadratmeter bis 4 € pro Quadratmeter angegeben und eignet sich am besten auf größeren Grünflächen, welche dann auch regelmäßig gepflegt werden sollten (Landeshauptstadt Dresden Umweltamt, Stadtentwässerung Dresden GmbH, 2004).

Für die Berechnung der Größe einer Muldenversickerung bietet die Stadt Dresden ebenfalls einen Flächenbedarfsrechner an. Mit der Angabe der wasserdurchlässigen und -undurchlässigen sowie teildurchlässigen Flächen sowie gemessenen Durchlässigkeit des Bodens wird die benötigte Größe berechnet. Der Rechner ist online frei verfügbar (Landeshauptstadt Dresden, 2016).

Das Projekt „Entwicklung und Erprobung eines integrierten regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden“ (REGKLAM) wurde 2013 fertiggestellt. Die Landeshauptstadt mit dem Projekt REGKLAM dabei war eine von sieben Modellregionen der Fördermaßnahme „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ (2008 - 2013) des BMBF. Ziel war es Strategien bzw. Handlungsbedarfe zur Handhabung für die regionalen Folgen Klimawandels zu entwickeln. Dazu gehören neben wirtschaftlichen auch die Themenbereiche:

- Städtebauliche Strukturen (Grün- und Freiflächen, Gebäude)
- Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
- Naturschutz

Diese berücksichtigen den Niederschlagsrückgang in den Sommermonaten, die Zunahme von Starkregenereignissen, Überflutungen und Überstauung städtischer Gewässer sowie auch die Problemlage im Zusammenhang mit dem Bodenwasser.

Die Projektergebnisse von Leipzig und Dresden schlagen sich in verschiedenen Produkten nieder. Beispielsweise wurden Fakten- und Maßnahmen zum regionalen Klimawandel zum Projekt veröffentlicht. Die Maßnahmenblätter zu den Themenbereichen „Städtebauliche Strukturen (Grün- und Freiflächen, Gebäude)“ und „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ behandeln auch die Thematik der wassersensiblen Stadtentwicklung vertiefender. So wird u. a. in der Maßnahme „Umsetzung freiraumplanerischer Maßnahmen auf Entsiegelungsflächen“ (1.1.3) zur Bodenentsiegelung empfohlen, um die kanalungebundene Entwässerung zu verbessern. Die Maßnahme „Multifunktionale Grünflächen“ (1.1.4) schließt sich inhaltlich an und empfiehlt die Anlage öffentlicher Grünflächen um ebenso als „Überflutungs- oder Rückhaltefläche bei Starkregen- oder Hochwasserereignissen“ zu dienen. Die flächige Muldenversickerung mit einer geringen Tiefe von 10 cm - 20 cm wird in der Maßnahme „Regenwasserbewirtschaftung und Freiraumgestaltung“ (1.1.5) empfohlen. Im bereits realisierten Beispiel im Stadtteil Gorbitz zeigt die Maßnahme ein Best-Practice-Beispiel auf (REGKLAM-KONSORTIUM, 2013).

- Auch kleinere Städte wie die *Stadt Großenhain* möchten zur „Schwammstadt“ werden. So wird am Topfmarkt und der Wallanlage eine dezentrale Regenwasserspeicherung etabliert. Dies soll Extremwetterereignissen entgegenwirken. Durch Flächenentsiegelung und mehr straßenbegleitendes Stadtgrün soll Niederschlag besser versickern bzw. verdunsten können. Bäume und Sträucher sollen den Abfluss von Starkregen reduzieren (die STEG Stadtentwicklung GmbH, 2019).

- Die sächsische *Stadt Frankenberg* hat mit der Revitalisierung von Brachflächen neue Räume für Wasserretention und Multifunktionalität im Stadtgebiet geschaffen. Im Rahmen der sächsischen Landesgartenschau 2019 wurden leerstehende Gebäude (Brachflächen) in der Nähe der Zschopauaue und in der Innenstadt abgebrochen und revitalisiert. In der Innenstadt wurde ein Areal von ca. 5 ha revitalisiert, entlang der Zschopauaue ca. 6 ha. Nach dem Abriss von Gebäuden und einer Entsiegelung ist es der Stadt und der Landesgartenschau gelungen, neue Park-, Sport und Gartenanlagen zu schaffen. Die städtebauliche Änderung beeinflusst das Stadtgebiet nachhaltig positiv (s.a. Abbildung 5 und Abbildung 6).



Abbildung 5: Landesgartenschau in Frankenberg, Sachsen; Foto: Förderverein Landesgartenschau Frankenberg/Sa., 2018



Abbildung 6: Umgestaltungen der Fläche Landesgartenschau; Foto: StadtLand GmbH 2019

Auch die *Stadt Zwickau* engagiert sich in der Klimaanpassung. Der Innenstadtbereich weist einen hohen Versiegelungsgrad auf, der zur Entstehung von Hitzeinseln beiträgt. Im Jahr 2016 wurde die „Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Zwickau“ mit 40 Maßnahmen, u. a. in den Handlungsfeldern „Wärmebelastung für die Bevölkerung“, „Trockenstress bei Stadtbäumen“ und „Hochwasser der Zwickauer Mulde und Sturzfluten durch Starkregen“ veröffentlicht. Empfohlen werden u. a. die (Teil-)Maßnahmen:

- „flächenhafte Regenwasserversickerung“ und „Regenwassernutzung“, „Bewässerungsmanagement für gefährdete städtische Grünflächen“, „Wasserrückhalt auf der Fläche“
- Bodenentsiegelung und Renaturierung innerstädtischer Flächen zur Verdunstung und zur Ausbildung von Vegetation
- Dachbegrünung zum Wasserrückhalt
- Erhalt, Entwicklung, Förderung und Erweiterung von (möglichst zusammenhängenden) Kaltluft- und Frischluftentstehungsgebieten (Wiesen, Felder, Wälder, Gartenland) auch in verdichteten Räumen sowie Kombination mit Gewässerstrukturen (Etablierung „blaugrüner Bänder“) in Verbindung mit einer verbesserten Erreichbarkeit (KURMUTZ et al., 2016: 8,17, 95-130)

- Die Stadt Lauta im Landkreis Bautzen hat sich dem Thema der Klimaanpassung und der Entwicklung einer Anpassungsstrategie angenommen. Im Projekt „Klimaanpassung in der Stadt Lauta – Modellprojekt Lauta-Süd“ wurde auf einer Teilfläche in einer Plattenbausiedlung mit ca. 9 ha auf das Ziel „Ermittlung lokaler Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel“ hingearbeitet. Die Mittel zur Realisierung stammen aus dem EU-Projekt LIFE LOCAL ADAPT. Die Erarbeitung der Anpassungsstrategie bzw. freiraumplanerischen Konzeption erfolgte unter Beteiligung der Bewohnerinnen und Bewohner der Teilfläche. Extremwetterereignisse, wie sommerliche Hitze und Starkregen sind in die Gestaltung einbezogen. So soll anfallendes Wasser auf der Fläche zurückgehalten und ggf. in die sog. Froschteiche abgeleitet werden. Auf Dächern anfallendes Wasser soll in Versickerungsmulden abgeleitet werden. Zisternen sollen zur Bewässerung genutzt werden. Ergänzend sind eine Flächenentsiegelung sowie die Verwendung versickerungsdurchlässiger Beläge vorgesehen (Neumann & Mücke, 2020).
- In der Stadt Meerane konnten durch Abbruch und Entsiegelung mehrerer brachgefallener und dicht bebauter Textilstandorte Flächen zu Grünflächen umgewandelt werden (s.a. Abbildung 7 und Abbildung 8). Dadurch wurden die natürlichen Bodenfunktionen der Flächen verbessert und im Vergleich zur vorherigen baulichen Nutzung kann Wasser auf den Flächen durch direkte Versickerung und durch technische Einstaumöglichkeiten zurückgehalten werden. Die wichtigen Ökosystemleistungen der Flächen werden auch von den Einwohnerinnen und Einwohner positiv wahrgenommen, z.B. durch eine verbesserte Luftqualität und durch Entsiegelungsmaßnahmen mehr Grünfläche zur Nutzung zur Verfügung steht. Anhang 1 zeigt eine kartographische Darstellung einer Auswahl der entsiegelten Flächen in der Stadt Meerane.



**Abbildung 7: Entsiegelte Fläche der ehemaligen IFA-Fabrik Meerane;
Foto: StadtLand GmbH**



**Abbildung 8: Entsiegelte Fläche der ehemaligen Möbelstoffspinnerei Meerane;
Foto: StadtLand GmbH**

3 Ausgangslage

3.1 Bodenfunktionen und Ökosystemleistung

Unter Ökosystemleistungen des Bodens im Sinne von Ökosystemleistungen werden in diesem Bericht „direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen“ verstanden, also Leistungen, die den Menschen „einen direkten oder indirekten gesundheitlichen, psychischen, wirtschaftlichen oder materiellen Nutzen bringen“ (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012).

3.2 Beitrag des Bodens zur Abkühlung in urbanen Gebieten

Zur Einschätzung der Kühlleistungen des Bodens sind quantifizierbare Parameter und Berechnungsmethoden von Bedeutung. Vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) wurde hierfür ein Verfahren entwickelt. Die Berechnung beruht auf der Grundannahme, dass fast die Hälfte der Sonneneinstrahlungsenergie durch Verdunstung „verbraucht“ d. h. in latente, nicht als Wärme fühlbare Energie umgewandelt wird. Diese umgewandelte Energie steht nicht mehr für die Aufwärmung urbaner Räume und der Atmosphäre zur Verfügung. Die geleistete und erreichbare Verdunstungsrate wird auf unversiegelten Böden von folgenden Parametern beeinflusst:

- Wetterbedingungen (Strahlungsenergie, Wind, Luftfeuchtigkeit, u. a.),
- Art und Dichte der Vegetation (Wachstumsphase, Bedeckungsgrad, Blattfläche des Bestandes und dem effektiven Wurzelraum der Pflanzen für die Aufnahme von Bodenwasser).
- die Eigenschaften des Bodens (Bodenart, Humusgehalt, Bodengefüge sowie Trockenrohdichte); (KASTLER et al., 2015)

Der Boden als Wasserspeichermedium spielt eine wesentliche Rolle. Ist der Boden versiegelt, verdichtet oder wird durch anthropogene eingebrachte Materialien und Stoffe beeinflusst, ist das Speichervermögen des Bodens im durchwurzelbaren Raum beeinträchtigt. Der effektive Wurzelraum wird verringert und es steht noch weniger Speichervolumen für Wasser zur Verfügung. Der Bodenwasservorrat wird in vielen Fällen bereits in den ersten Wochen des Sommerhalbjahres von der Vegetation aufgebraucht und es findet anschließend keine bzw. wenig Verdunstung statt. Die Bodenwasserspeicherkapazität ist daher maßgebend für die Abkühlungsfunktion. (KASTLER et al., 2015)

Ein markantes Beispiel für die Bewertung der Kühlleistungen des Bodens wird am Beispiel der Böden im Stadtgebiet Düsseldorf deutlich (Sperling, Valentin & Kastler, 2019). Hier wurde das Wasserspeichervermögen und die Wassernachlieferung (grundwassernahe Standorte) der Böden für eine Berechnung auf Stadtgebietsebene herangezogen. Die erbrachte Kühlleistung wurde in kWh pro Quadratmeter für das Sommerhalbjahr berechnet und liegt z. B. bei Böden mit hohem Grundwasserstand (Gleyböden) bei max. 507 kWh/Quadratmeter. Die Kühlleistung ist deswegen für die Ziele der städtischen Abkühlung besonders wichtig (SPERLING, VALENTIN & KASTLER, 2019).

Mit dem Blattflächenindex wird die produktive Leistung der Pflanze in Bezug zu dem darunterliegenden Boden gemessen. In der Regel gilt, je höher der Blattflächenindex, desto größer ist die fotosynthetisch aktive Oberfläche und desto höher ist auch die Produktionsleistung der Vegetation. Eine höhere Produktionsleistung wird auch in Verbindung mit einer erhöhten Verdunstungsleistung gebracht und ist deswegen mitentscheidend bei der mikro-klimatische Auswirkung einer Vegetation.

Im REGKLAM-Projekt Dresden wurde in einer Studie die Kühlleistung von Vegetation pro Kubikmeter Grünvolumen gemessen. Die Temperaturmessungen in Relation zum spezifischen Vegetationsvolumen pro Quadratmeter Fläche (Kubikmeter pro Quadratmeter) ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Abbildung zeigt an, dass pro zwei Kubikmeter Grünvolumen pro Quadratmeter Boden eine potenzielle Temperatur-senkung von ca. 0,5 K möglich ist (WENDE, W., KRÜGER, T., HENNERSDORF, J. UND LEHMANN, I.; 2011). In den Planverfahren der Revitalisierung von Brachflächen sollte daher für die Klimaadaptation auch die Rolle der Vegetation betrachtet werden.

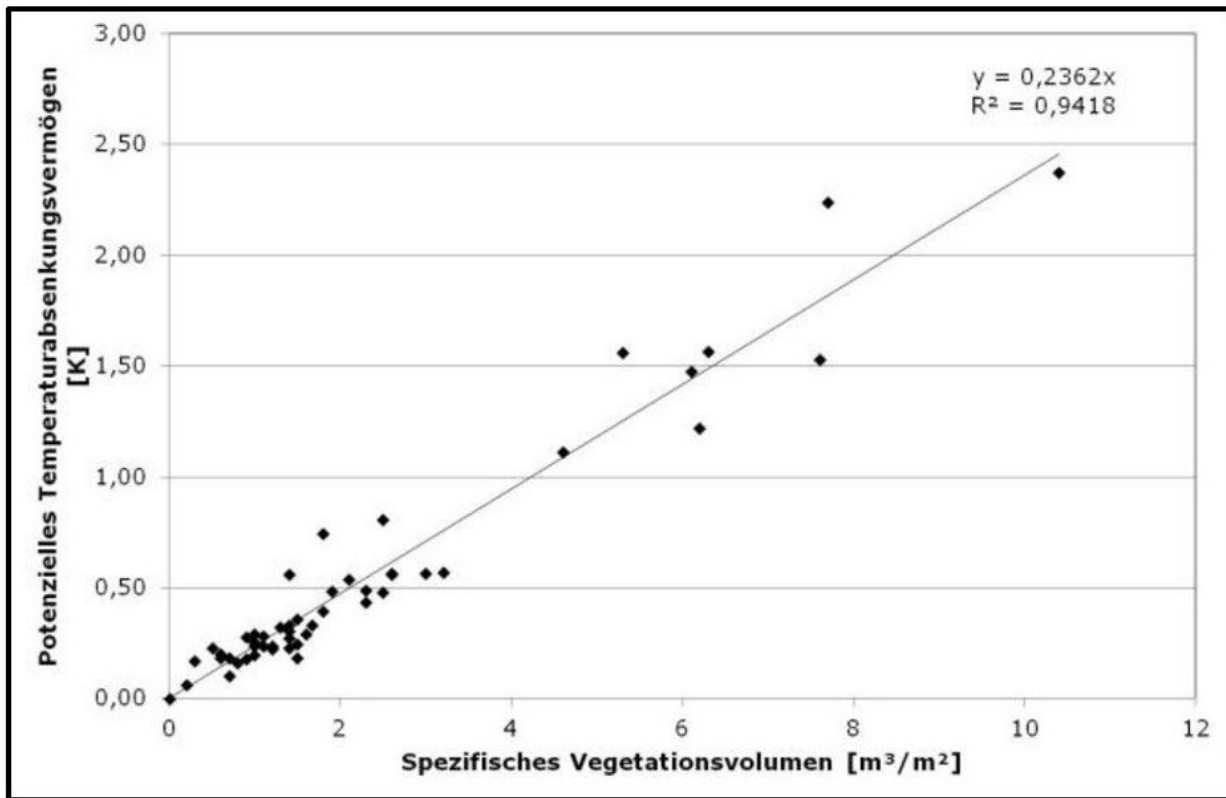


Abbildung 9: Potenzielles Temperaturabsenkungsvermögen pro spezifisches Vegetationsvolumen (Kubikmeter pro Quadratmeter) und Darstellung der Bestimmtheitsmaß (R²); Wende, W., Krüger, T., Hennersdorf, J. und Lehmann, I. 2011

3.3 Beitrag des Bodens zum Wasserrückhalt in urbanen Gebieten

Wasserrückhalt in der urbanen Fläche ist eine zentrale Ökosystemleistung des unversiegelten Bodens und damit der unversiegelten Fläche. Als wichtige Klimaanpassungsmaßnahme gilt es in der Stadtplanung, den Risiken von Starkregen und Überschwemmungen und den Folgen von Dürreperioden zu begegnen. Diese sogenannte „wassersensible Stadtentwicklung“ wird unter dem Begriff „Schwammstadt“, also einer Stadt, die Wassermassen wie ein Schwamm aufnimmt und verzögert wieder abgibt, diskutiert. Dabei spielt der unversiegelte Boden eine zentrale Rolle (STOLL, 2017).

Dessen Potenzial zum Wasserrückhalt ist definiert als die Fähigkeit einer Flächeneinheit, eine bestimmte Menge Wasser in den Boden infiltrieren zu lassen und über eine bestimmte Zeit zurückzuhalten. Dabei fließen die Bodenart, Lagerungsdichte und Entwässerungszustand mit ein (SIEKER, 2007, S. 27). Die große Inhomogenität urbaner Böden macht jedoch eine stark differenzierte Einzelbetrachtung mit Hinblick auf die möglichen Lösungsansätze zum Wasserrückhalt erforderlich.

3.4 Maßnahmen für die Entwicklung einer wassersensiblen Stadt

Maßnahmen zum Wasserrückhalt und damit auch der Abkühlung der Luft sind neben dem Erhalt der natürlichen Böden die Wiederherstellung der Bodenfunktion durch die Bodenentsiegelung und -teilentsiegelung.

Urbane Regenvorsorge heißt Niederschlagswasser dezentral managen. Das übergeordnete Ziel, und damit die erste Priorität bei der Maßnahmenauswahl, sollte die Vermeidung und Minimierung von Niederschlagswasser-Abflüssen sein. Dies umfasst innerhalb der Siedlungsgebiete beispielsweise Maßnahmen:

- zur Vermeidung der Vollversiegelung von Flächen (z. B. durch Verwendung wasserdurchlässiger Beläge) (Stadt Hanau, o. A.),
- zum Ausgleich von vollversiegelter Fläche (z. B. gezielt Versickerungsmulden anlegen)
- zur Entsiegelung bzw. Teilentsiegelung von geeigneten Flächen (z. B. Rückbau von nicht mehr benötigten oder untergenutzten Flächen)
- zur Sicherung von privaten und öffentlichen Grünflächen und Freiräumen zur Retention
- zur Erhöhung der Grundwasserneubildung und Verdunstung durch eine dezentrale Niederschlagsbewirtschaftung und Niederschlagsrückhaltung (Mulden, Rigolen, Mulden-Rigolen, Gründächer, Regenwassernutzung Staudächer, Drosseln, etc.) [DWA15].

3.4.1 Bodenentsiegelung

Unter dem Begriff Flächenentsiegelung versteht man die vollständige Beseitigung versiegelter Sperr- und Deckschichten, Fremdmaterialien und vorhandener Verdichtungen mit einem anschließenden Aufbau standorttypischer Böden mit dem Ziel, die natürlichen Bodenfunktionen möglichst weitgehend wiederherzustellen. Während bei einer Vollentsiegelung auch ein anschließender Profilaufbau dazu gehört, der eine vollständige Wiederherstellung der Wirkverbindung zum natürlichen Untergrund ermöglicht (HÖKE et al. 2010), findet bei einer Teilentsiegelung kein Profilaufbau statt. Dabei wird häufig ein Austausch des Belages vorgenommen und/ oder Teilflächen werden entsiegelt oder einzelne Bodenfunktionen wiederhergestellt. Eine Teilentsiegelung bezeichnet die unvollständige Beseitigung der Profilschichten einer Flächenbefestigung: Decke/Belag, Tragschicht, Unterbau und Untergrund (vgl. WILLAND / KANNGIEßER 2005:6).

Im Gegensatz zu Vollentsiegelungsmaßnahmen verbleibt bei Teilentsiegelungsmaßnahmen ein größerer Anteil des Versiegelungsmaterials, des Unterbaus und /oder der anthropogenen Überprägung im Boden, was auch nur die Wiederherstellung eines Teils von Bodenfunktionen ermöglicht. Nach Teilentsiegelungsmaßnahmen können Böden zumindest die Wasserhaushaltsfunktionen und die Wärmehaushalts- und Mikroklimafunktionen wieder besser erfüllen. Vor dem Hintergrund von Opportunitätskosten seitens der Eigentümerinnen und Eigentümer sowie und Nutzerinnen und Nutzer aufgrund der möglichen Nachnutzung der teilentsiegelten Fläche sowie von erheblichen Kostenunterschieden von Teil- und Vollentsiegelungsmaßnahmen (vgl. z. B. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2017) ist es ratsam, im Hinblick auf das Klimaanpassungsziel auch Teilentsiegelungsmaßnahmen zu prüfen. Eine Vollentsiegelung sollte einer Teilentsiegelung, wann immer möglich, vorgezogen werden.

Entsiegelungspotenziale sind die Menge aller (teil-)versiegelten Flächen, deren natürliche Bodenfunktionen aufgrund von Versiegelungen nicht mehr oder nur noch eingeschränkt zur Verfügung stehen. Weiterhin soll für die Potenzialflächen entweder dauerhaft keine bauliche Nutzung mehr vorgesehen sein oder deren Nutzung kann durch eine (Teil-)Entsiegelung bestehen bleiben. Für die Ermittlung der Entsiegelungspotenziale ist eine differenzierte Analyse der Flächen erforderlich. Hierbei wird nach öffentlichen/ privaten Flächen unterschieden. Die in der Tabelle 1 aufgelisteten Potenzialflächen sollten in die Analyse der Entsiegelungspotenziale im städtischen Innenbereich einbezogen werden (StMLU 2003; BASEDOW 2017).

Tabelle 1: Flächen der Entsiegelungspotenziale im Siedlungsbereich

In öffentlicher Hand	In privater Hand
<ul style="list-style-type: none"> ■ Schulhöfe mit hohem Anteil an Vollversiegelungen, Kinderspielplätze ■ Öffentliche Plätze und Fußgängerzonen ■ (Vollversiegelte) Parkplätze/Stellflächen ■ Verbindungswege z. B. auf Gemeinbedarfs- oder Grünflächen sowie Geh- und Radwege ■ ehemalige Gewerbebetriebe (nach Rückbau von Betriebsgebäuden) ■ Straßen und Gleisanlagen bzw. Bahnverkehrsflächen und Infrastruktureinrichtungen ■ Versiegelte Teilflächen von Grün- und Sportanlagen ■ (Öffentliche) Gewerbe- und Industrieflächen, Konversionsflächen ■ (Öffentliche) Brachflächen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebiete ■ Eingangs- und Einfahrtsbereich von Grundstücken ■ Wege, Zufahrten und Autostellplatz ■ Versiegelte (Vor-)gärten und Hofflächen ■ Terrassen und Sitzplätze ■ Gewerbe und Industrieflächen ■ Parkflächen und Stellplätze ■ Lager und Rangierflächen

Auch für Flächen im Außenbereich lassen sich Entsiegelungspotenziale identifizieren. Hierzu gehören stillgelegte (z. B. landwirtschaftliche Anlagen) sowie Flächen, die in der Zukunft ihre Nutzung verlieren werden oder für die es eine gesetzliche Regelung zum Rückbau/Nutzungsaufgabe besteht.

Für die Priorisierung der Entsiegelungsmaßnahme spielen sowohl technische, ökologische, ökonomische als auch politische Faktoren eine Rolle. Die nachfolgenden Kriterien sollten für die Priorisierung von Entsiegelungspotenzialen angelegt werden:

- Nutzungsintensität: Flächen, die unter einer intensiven Nutzung stehen, werden nicht als Entsiegelungspotenzial eingestuft. Weniger intensiv genutzte Flächen bzw. Flächen mit überdimensionierter Versiegelung sind hingegen für eine Entsiegelung geeignet. Ein Beispiel hierfür ist die (Teil-)entsiegelung von versiegelten Wegen, die nach einer Betrachtung der spezifischen (Teil-) Nutzungen, umgebaut werden könnten.
- Nutzungsverlust: Bei einem Nutzungsverlust ist eine Versiegelung auf Dauer fraglich bzw. nicht mehr erforderlich und somit als Entsiegelungspotenzial einzustufen. Entweder sind keine aktuellen Nutzungen auf der Fläche (Brache) vorhanden bzw. kurzfristig absehbar oder es befindet sich eine Nutzung auf der Fläche, für die die vorhandene Versiegelung entweder ganz oder nicht mehr in dem vorliegenden Umfang erforderlich ist. Für die verschiedenen Flächennutzungen und –typen ist eine Bewertung im Einzelfall erforderlich.

- Umbau- und Sanierungsbedarf: Je nach ihrer jeweiligen Nutzungsdauer sind bebaute Flächen wieder zu sanieren. Flächen, auf denen in nächster Zeit Sanierungsmaßnahmen ohnehin anstehen, stellen ein großes Potenzial für Entsiegelung dar und sollen geprüft werden, v.a. dann wenn ein Rückgang der Nutzungsintensität zu erwarten ist.
- „Materialpotenzial“: z. B. durch Belagswechsel oder Teilentsiegelung auf Parkplätzen und Verkehrsflächen. Dazu sollte geprüft werden, ob und inwiefern die vorgesehene Nutzung auf der Fläche mit einer mehr durchlässigen bzw. aufgelockerten Belagsschicht weiterhin und ohne Beeinträchtigung stattfinden kann.



Abbildung 10: Entsiegelungspotenziale unterschiedlichen Typs: untergenutzte Parkplätze, übermäßig versiegelte Innenstadtbereiche, versiegelte Höfe; Fotos: StadtLand GmbH 2020

3.4.2 Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt

Neben dieser Flächenversickerung stehen technische Lösungen zur Verfügung, die auf jeweils stark unterschiedliche Flächenpotenziale angewiesen sind. Ziel der technischen Maßnahmen zum Wasserrückhalt ist eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung. Niederschläge sollen möglichst dort wo sie anfallen (dezentral), wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt werden.

Auch die technischen Maßnahmen mit einem hohen Flächenbedarf haben Einfluss auf die Bodenfunktionen. Oft wird der Boden abgegraben, z.B. um Wasserrückhaltebecken anzulegen, in denen mehr Wasser aufgenommen und zwischengespeichert werden soll. Dabei werden die natürlichen Bodenfunktionen stark beeinträchtigt und das Wasserspeichervermögen der Böden häufig nicht berücksichtigt. Auch die Anpflanzung von spezifischen Pflanzenarten ist möglich, um die Wasserrückhaltung des Bodens zu unterstützen. Bodenaufbauten und andere bodenbezogene Gestaltungen werden nach den Anforderungen des Wasserschutzes bestimmt.

Tabelle 2: Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt mit hohem Flächenbedarf (nach Sieker 2021)

Lösungen mit hohem Flächenbedarf	
Rückhaltung auf der Fläche	z. B. auf ebenen (teilentsiegelten) Parkplätzen
Retentionsmulden	Zwischenspeicherung des Niederschlags, oberflächlicher Zulauf, Sicherung bei hohen Wasserständen
Mulden – Rigolenversickerung	Kombination oberirdischer Retentionsmulden mit unterirdischen Rigolen zur Versickerung

Starke urbane Nutzungsbedarfe können in der Praxis zu Nutzungskonflikten führen. Obwohl die Ökosystemleistungen des Bodens bekannt sind, tragen planerische Abwägungen dazu bei, die maximale Effizienz der Flächennutzung zu erzielen. Dies führt praktisch dazu, dass die Ökosystemleistungen, die nach einer Bebauung bzw. Versiegelung der Fläche möglichst auszugleichen sind, tendenziell auf einen immer kleiner werdenden Anteil an Fläche technisch erbracht werden müssen. Mit diesen technischen Lösungen werden die natürlichen Bodenfunktionen großenteils nicht ersetzt. Auch die positiven Nebeneffekte und Synergieeffekte, die für die Stadtgesellschaft geleistet werden ersetzen nicht vollständig die Bodenfunktion (z. B. Naturraum, Abkühlung, Biodiversität).

Tabelle 3: Flächenbezogene technische Maßnahmen zum Wasserrückhalt mit geringem Flächenbedarf (nach Sieker 2021)

Lösungen mit niedrigem Flächenbedarf	
(Rohr) Rigolenversickerung	Unterirdischer Speicher zur Versickerung von Regenwasser
Schachtversickerung	Kurzfristige Speicherung und Versickerung von Regenwasser in einem Schacht
Zisternen	Rückhaltung des Regenwassers zur Nutzung



Abbildung 11: Darstellung der Speicherkapazität gegenüber dem Flächenbedarf von unterschiedlichen Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung sowie eine Bewertung des Einflusses auf Grundwasserschutz und natürlichen Wasserhaushalt; Helming, 2018.

Die Abbildung 9 zeigt für den Grundwasserschutz und den natürlichen Wasserhaushalt die Abwägung zwischen bodensparenden technischen Ausführungen und der Bereitstellung mehrerer Ökosystemleistungen des Bodens mit der Ausweitung der Grünflächen. Zwar sind Flächenversickerung und Versickerungsmulde mit höherem Flächenbedarf, gleichzeitig aber auch mit weiteren Ökosystemleistungen des Bodens behaftet.

3.4.3 Maßnahmen auf Dachflächen

Neben dem Boden sind Maßnahmen zur Schaffung einer wassersensiblen Stadtentwicklung auch auf Dächern und an Fassaden umsetzbar. Besonders in den immer häufigeren urbanen „Hot Spots“ von Überwärmungen und Überflutungen spielen technische Maßnahmen wie die Dachbegrünung eine zentrale Rolle. Die (eher untergeordnete) Rückhaltekapazität von Wasser durch Dachbegrünung hängt vom jeweiligen Typ ab.

Bei Dachbegrünungen wird zwischen *Intensiv-* und *Extensivbegrünungen* unterschieden, jedoch sind die Übergänge fließend:

- *Intensivbegrünungen* stellen die hochwertigste Form der Dachbegrünung aus ökologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht dar, benötigt aber eine intensive Pflege, einhergehend mit Bewässerung und Nährstoffversorgung, um langfristig funktionsfähig zu bleiben (FLL, 2018). Sie sind zugleich die Begrünungsmethode mit den höchsten Investitionskosten und haben eine Aufbaudicke zwischen 25 bis 100 cm (KOLB UND SCHWARZ, 1999). Bei der einfachen Intensivbegrünung wird auf höhere Sträucher und Gehölze verzichtet, woraus sich reduzierte Bauhöhen von 15 bis 25 cm für die Aufbauhöhe ergeben (KOLB UND SCHWARZ, 1999). Die verwendeten Pflanzen haben niedrigere Ansprüche an Schichtaufbau, Pflege, Wasser und Nährstoffversorgung, als Pflanzen, die bei Intensivbegrünungen verwendet werden (FLL, 2018).
- die *Extensivbegrünung* sieht nur eine geringe Aufbauhöhe hervor. Durch diesen geringen Aufbau bedingt, stehen bei einer extensiven Dachbegrünung nur eher genügsame Pflanzen als Auswahl zur Verfügung (KOLB UND SCHWARZ, 1999). Bei geringen Schichtdicken zwischen 5 bis 15 cm ist davon auszugehen, dass diese Flächen Extremstandorte darstellen, die durch Trockenheit geprägt sind (KOLB UND SCHWARZ, 1999). Extensivbegrünungen zeichnen sich im Vergleich mit Intensivbegrünungen durch einen erheblich reduzierten Umfang von Pflegemaßnahmen und Erstinvestitionskosten ab (FLL, 2018). Unter Berücksichtigung des sich wahrscheinlich dramatisierenden Klimawandels wird vereinzelt bereits empfohlen auch extensive Lösungen, daher eigentlich anspruchslose Lösungen, zumindest unterstützend zu bewässern (Pfoser, 2021).

Der Wasserrückhalt von Gründächern ist nicht nur von der Aufbaudicke abhängig sondern auch von der Art des Schichtaufbaus sowie der Pflanzenauswahl. Leichte Materialien, wie Bims mit hohem Porenvolumen und vergleichsweise geringem Gewicht, nehmen Wasser im besonderen Maße auf und sind durch ihr „Fliegengewicht“ ein gern verwendetes Substrat. Technische Materialien, wie saugstarke Fliese, werden mit 250l/m² Speichervolumen angegeben. Allgemein, so fasst das Bundesamt für Naturschutz zusammen, halten extensive Begrünungen im Jahresmittel 50% der Niederschläge und intensive sogar bis 90% des Jahresmittels zurück.



Abbildung 12: Beispiel einer extensiven Dachbegrünung; Foto: ZinCo GmbH, 2020



Abbildung 13: Beispiel einer intensiven Dachbegrünung; Foto: ZinCo GmbH, 2020

Die zahlreichen Systemanbieterinnen und Systemanbieter von Gründachlösungen bieten weitere technische Lösungen zur Erhöhung des Speichervermögens an. Diese können bis zu 80 Liter pro Quadratmeter bei einer Anstauhöhe von 60 mm zurückhalten und diese über Drosseln kontrolliert in die Entwässerung einleiten (ZinCo GmbH, kein Datum).

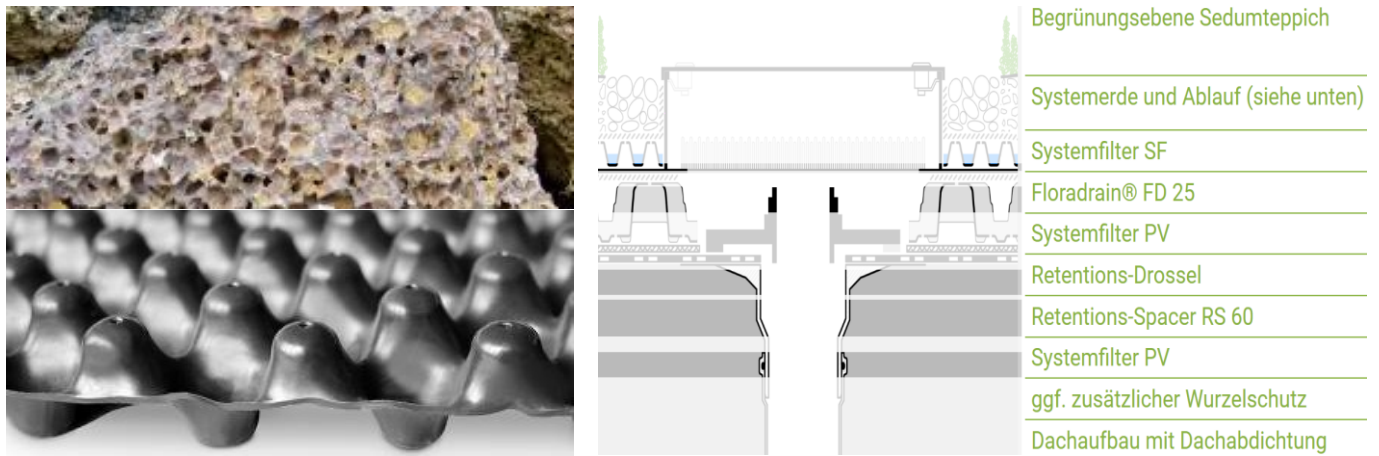


Abbildung 14: I.o. Bimsstein; i.u. Drainage; Aufbau des „Retention-Gründachs“; Norbert Nagel 2011, ZinCo GmbH 2020

Maßnahmen an Gebäudefassaden Maßnahmen zur Fassadenbegrünung stellen der Bepflanzung horizontale und/oder vertikale Ausbreitungsmöglichkeiten entlang der Fassade oder weiterer Bauelemente (z. B. Mauer, Zaun, Gerüst) bereit. Für die Anpflanzung im Boden müssen die Bodenfunktionen einer Straße oder eines Gehwegs (wieder)hergestellt werden, sofern diese nicht im erforderlichen Ausmaß vorhanden sind.

Begrünte Fassaden, tragen in ähnlicher Weise wie begrünte Dächer (grüne Infrastruktur) zum Schwammstadtansatz bei– aber auf „vertikalen Flächen“. Da solche Fassaden Wasser zurückhalten und nur verzögert wieder abgeben, leisten sie neben der Entlastung zum Regenwassermanagement auch einen Beitrag zum Mikroklima durch Verdunstung und Filtrierung. Wie auch die Dachbegrünung können Sie als Lebensraum für Flora und Fauna agieren, als Trittsteinbiotop fungieren oder Grünflächen mit einander in der Vertikalen verbinden. Bei Fassadenbegrünungen gibt es verschiedene Begrünungsarten. Es gibt Selbstklimmer, welche sich mittels Haftwurzeln oder Haftscheiben selbstständig an der Fassade „festhalten“ und es gibt solche welche die auf Rankhilfen angewiesen sind, bspw. in Form von Spalieren oder Netzen (SCHMAUCK, 2019).

Messungen des Umweltbundesamts haben ergeben, dass eine Fassadenbegrünung auch zur Abkühlung in der Umgebung führen kann (Sieker et al. 2019). Auf Gebäudeebene konnten 2-3 Grad Abkühlung im Innenraum eines Gebäudes durch Fassadenbegrünung simuliert werden. Zudem nehmen die Tage, an den es über 25 bzw. 30 Grad Celsius im Innenraum ist, mit einer Fassadenbegrünung deutlich ab (s. ff. 45). Fassadenbegrünungen können auch den empfundenen Hitzestress auf Gebietsebene in der Nähe eines Gebäudes bis zu 300 Stunden pro annum reduzieren (im Mittel 70 Stunden pro annum). Nicht zuletzt entstehen weniger nächtliche Überwärmungen durch die Speicherung von Wärme in den Gebäudewänden bei einer Fassadenbegrünung.

Jedoch: für das Thema der Wasserrückhaltung in urbanen Böden spielt Fassadenbegrünung nur eine untergeordnete Rolle. Die Wasserspeicherpotenziale der einzelnen Anlagen sind gering. Allerdings können Klimafolgen wie z. B. Dürre und Starkregen Fassadenbegrünungen schädigen. Die Erstellung der Anlagen benötigen überwiegend fachlichen Rat und die Anlagen müssen auch danach weiter gepflegt werden (Schnitt, eventuell Bewässerung, etc.).



Abbildung 15 Rückstände nach dem Entfernen von Haftscheiben von Selbstklimmern; StadtLand GmbH 2021

BMBF Fördermaßnahme "Ressourcen schonenden Quartiere"- Projektvorstellung "VertiKAA"
Konzepte zur Grau-, Schmutz- und Regenwassernutzung zur Bewässerung und Klimatisierung werden aktuell im BMBF Projekt VertiKKA erforscht. In diesem Zusammenhang wird untersucht, inwieweit sich eine dezentrale Behandlung des Regen und -abwassers bzw. die Stoffstromtrennung dessen in verschiedene Stoffströme, insbesondere Grauwasser, realisieren lässt. Ziel ist einerseits die Entlastung von Kanalisation und Kläranlage und andererseits die Ressourcenströme als Quelle für das benötigte Bewässerungswasser effizienter zu nutzen. (vgl. VertiKKA, 2021)

4 Bodenfunktionen und wassersensible Stadt als (Zukunfts-)Aufgabe der Stadtplanung

Anpassungen an die Klimafolgen in gebauten Strukturen stellt die Kommunen gerade in bestehenden Stadtquartieren vor deutlich größere Herausforderungen, als bei der Neuplanung. Sie sind aufwändig, die Eigentums- und Nutzerstrukturen vielfältig und die Veränderungsmöglichkeiten sowohl durch kaum vorhandenen Platz als auch durch Planungsinstrumente beschränkt.

Von Seiten des Bundes werden auf klimastadtraum.de aktuelle Forschungsergebnisse und praktische Projektbeispiele hierzu präsentiert. Für die Umsetzung von Klimaschutz und Klimaanpassung in Stadt und Region sowie der Wohnungswirtschaft stehen Arbeitshilfen zur Verfügung. Dabei sollen Kommunen bei der Einbindung von Anpassungsmaßnahmen in ihre Planungs- und Stadtumbauprozesse unterstützt werden. Die Arbeitshilfen liefern gute Argumente, warum sich Kommunen mit dem Thema Klimaanpassung auseinandersetzen sollten und zeigten Handlungsansätze auf, wie das Thema besonders im Stadtbau bzw. der Städtebauförderung berücksichtigt werden kann. Auch die Bedeutung des Bodens bzw. klimaaktiver Flächen wird mit einer eigenen Arbeitshilfe mit dem Titel "Schaffen Sie klimaaktive Flächen im Stadtraum!" bedacht. Hierin werden die Lesenden auf die Vorteile einer Entsiegelung und auf Hinweise zur Umsetzung aufmerksam gemacht (BBSR 2021).

Von großer konzeptioneller Bedeutung für Boden und die Schwammstadt ist die „doppelte Innenentwicklung“. Zwischen der Notwendigkeit der Nachverdichtung im Innenbereich und freizuhaltenden urbanen klimafunktionsstarken Böden besteht ein Konflikt, der stadtplanerisch über das Konzept der doppelten Innenentwicklung zu lösen ist. Die doppelte Innenentwicklung bietet das Potenzial sowohl für die Wohnraumbereitstellung als auch für die Entwicklung von Freiräumen in den Städten. Sie wird vom Rat für Sachverständige für Umweltfragen (SRU) als ein wesentliches strategisches Instrument zur Sicherung einer hohen Umwelt- und Lebensqualität beim Wohnungsbau charakterisiert (SRU 2018).

Das Leitbild der doppelten Innenentwicklung verfolgt somit das Ziel, Flächenreserven im Bestand baulich sinnvoll zu nutzen, gleichzeitig aber auch urbanes Grün zu entwickeln, zu vernetzen und qualitativ aufzuwerten.¹ Damit soll den „Flächenfraß“ ins Umland entgegengewirkt und die Stadtentwicklung auf den Innenbereich fokussiert sowie einen Beitrag zur Klimawandelanpassung und Bodenschutzes beisteuert werden (KÜHNAU et al., kein Datum: 8), (Difu, 2017). Bspw. können freigehaltene Flächen als natürlicher Retentionsraum bei Hochwasser dienen. Der Ansatz der doppelten Innenentwicklung erfüllt damit die Anforderungen nach BauGB §1a(2) nachdem mit „Grund und Boden [...] sparsam und schonend umgegangen“ werden soll und „zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen [...] die Möglichkeiten der Entwicklung [...] insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen“ (ANON., 2020).

¹ Der Ansatz der doppelten Innenentwicklung wird bei der dreifachen Innenentwicklung dahingehend geschärft, Potenziale im Siedlungskörper effizienter zu nutzen und die Nutzungsdichte zu erhöhen. Gleichzeitig sollen Anforderungen einer nachhaltigen Mobilität berücksichtigt werden. Dabei sind jedoch beide Begriffe und ihre Definitionen nicht trennscharf und gehen ineinander über (Vgl. Bundesstiftung Baukultur (BSBK), 2018; und Kötter, et al., 2020).

Innenentwicklung muss daher den Schutz und die Entwicklung der Bodenfunktionen stärker in den Blick nehmen. Dies gilt z. B.

- auf der Maßstabsebene von Quartieren als räumlich und funktional geeignete Maßstabs- und Arbeitsebene. Hier werden aktuelle Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Ressourceneffiziente Stadtquartiere“ erarbeitet. Integrative Lösungen zu Bodenschutz und Wasserhaushalt werden bearbeitet (vgl. RES:Z 2021)
- bei Entscheidungen zur Folgenutzung von Brachflächen. Auch in Sachsen, werden innerörtliche Brachflächen vorwiegend als Flächenpotenzial zur Nachverdichtung herangezogen. Positive Lösungssätze zeigen z. B. die grüne Brachflächenrevitalisierung im Rahmen der Landesgartenschau 2019 in Frankenber/Sachsen auf.
- für Projekte, die Multifunktionalität fördern. Es gilt Synergien zwischen der Bebauung und Neuversiegelung und den Bodenfunktionen, grüne Erholungsflächen, Lebensraum für Flora und Fauna sowie natürlichen Orten des Wasserrückhalts und der Wasseraufnahme zu generieren.

Im folgenden Kapitel werden Beispiele der Umsetzung einer wassersensiblen Stadtentwicklung zusammengestellt.

4.1 Wassersensible Stadt und urbanes Grün


Bau eines neuen Wohnquartiers samt Begleitforschung des "Leipziger BlauGrün"	
Ort	Leipzig, SN
Stand	In Planung, Masterplan abgestimmt
Beschreibung	<p>Umgestaltung einer ehemaligen Freiladebahnhoffläche im Norden von Leipzig mit den Nutzungen: Wohnen und Gemeinbedarf, öffentliche und private Freiräume sowie gewerbliche Nutzungen. Auf der Gesamtfläche von ca. 292.000 qm werden ca. 208.000 qm für die Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt. Ca. 3.300 Einwohnerinnen und Einwohner sollen zukünftig im Wohngebiet leben. Wegen der unzureichenden Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes müssen alle anfallenden Regenwassermengen auf der Fläche versickert werden. Mit einem Regenwasserbewirtschaftungskonzept soll die Rückhaltung und Nutzung des anfallenden Regenwassers im Plangebiet auf der Grundlage eines klimawandelangepassten Regenwassermanagements realisiert werden. Zugleich werden hierdurch bioklimatisch vorteilhafte Standortbedingungen geschaffen.</p> <p>Viele Schwammstadtmaßnahmen sollen dabei helfen, das anfallende Regenwasser vor Ort zu managen. Geplant sind die Nutzung von Retentionsdächern, grünblauen Dächern, natürlich gestalteten Regenrückhaltebecken als offene Wasserflächen, Wasserparkplätzen zur Zwischenspeicherung von Regenwasser bei Starkniederschlägen. Auf privaten Freiflächen soll ein Bodenaustausch stattfinden. Böden mit einem Kf-Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ Meter pro Sekunde werden an diesen Standort eingebaut. Somit wird eine dezentrale Versickerung des privaten Regenwassers gewährleistet (Leipzig 416, 2021).</p> <p>Im Sinne der doppelten Innenentwicklung werden neben der baulichen Entwicklung auch die öffentlichen und privaten Freiflächen benutzerorientiert und mit hoher stadtökologischer Wertigkeit multifunktional gestaltet. Die wohnungsnahen, uneingeschränkt nutzbaren Grünflächen sollen knapp 20.000 qm (6 qm pro Bewohnerin/Bewohner) umfassen, die öffentlichen siedlungsnahen Freiräume (Mindestfläche von 7 qm pro Bewohnerin/Bewohner) sollen mindestens 23.000 qm betragen. Insgesamt sind somit ca. 40.000 qm siedlungsnah und öffentliche Grün- und Freiflächen geplant.</p>

Die Freiflächengestaltung soll u. a. auch zu der klimatischen Entlastung des Wohnquartiers beitragen. Um die schädliche Auswirkungen einer relativen hohen Überversiegelung auf der Fläche auszuschließen wird die maximal erlaubte Gesamtversiegelung auf Flächen mit überwiegender Wohnnutzung auf maximal 70 % gesetzt. Alle unversiegelten Frei- und Grünflächen sollen mit Gehölzen intensiv begrünt werden. Fassaden- und Dachbegrünung sollen auf allen dafür geeigneten Flächen stattfinden: Dies sind Fassaden ohne Fenster und Dächern mit einer flachen Neigung. Dabei soll mindestens die Hälfte der Dächer intensiv begrünt werden. Nicht zuletzt werden alle privaten und öffentlichen Straßen mit mindestens einreihigen Baumpflanzungen versehen, was die Schattenspende und Verdunstung im Quartier weiterhin begünstigt.

Foto



Schematisches Regenwasserkonzept der 416 GmbH; 416 Leipzig, 2020

	 <p>Übersicht der Baustelle; UFZ Leipziger BlauGrün, 2020</p>
Schwammstadt-Wirkung	Rückhalt der Wasser in der Fläche
Schwammstadt-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Muldenanlagen - Aufstauen des Wassers auf einer natürlich gestalteten Fläche, Versickerung durch unterliegenden Rigolen in die Grundwasserreserven. ■ Dachbegrünung ■ Entsiegelung und Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen
Weitere Effekte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Schaffung von Wohnraum in einer wachsenden Stadt ■ Entlastung der Kanalsysteme
Quelle	<ul style="list-style-type: none"> ■ Städtebauliche Vertrag zur Regelung der Abkoppelung der Fläche von der Kanalisation zwischen der Stadt Leipzig und CG City Leipzig Nord GmbH & Co. KG, 2017 ■ Leipziger BlauGrün Website (UFZ 2021)



Hofbegrünungsprogramme der Landeshauptstadt München

Ort	Landeshauptstadt München, BY
Stand	Das Programm wird seit 1977 fortgeschrieben. Die Richtlinie wurde zuletzt am 01.01.2019 aktualisiert.
Beschreibung	<p>Mit dem Förderprogramm werden die Entsiegelung und die Wiederherstellung natürlicher Bodenfunktionen im Stadtgebiet gefördert. Schwerpunkt der Förderung ist die Umsetzung von Maßnahmen auf privaten Flächen. Hierdurch soll die Lebensqualität in den Quartieren durch die Abkühlung der Atmosphäre, den Rückhalt von Wasser und Grünanlagen gesteigert werden. Bis zu 30% der förderfähigen Kosten bzw. maximal 40 € pro Quadratmeter werden gefördert.</p> <p>Das Programm ist ein gelungenes Beispiel für die Klimaanpassung und Bodenschutz im Stadtgebiet. Es werden auch Ziele der wassersensiblen Stadtentwicklung mitberücksichtigt.</p> <p>Ein weiterer sozialer Aspekt ist die Tatsache, dass die Mietpreise nicht wegen der Durchführung der Maßnahmen von der Vermieterin/dem erhöht werden dürfen.</p>


Foto	 <p data-bbox="363 439 1474 506">Ansichten einer Umsetzung in München (vorher links und nachher rechts); Landeshauptstadt München, 2021.</p>
Schwammstadt-Wirkung	Schaffung von urbanen Grün (auf privaten Flächen)
Schwammstadt-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="363 618 874 651">■ Entsiegelung bzw. Teilentsiegelung, <li data-bbox="363 663 1374 696">■ Schaffung von urbanen Grün und eine Teilnaturierung der urbanen Fläche
Weitere Effekte	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="363 719 1098 752">■ Aufwertung von Wohnqualitäten in Bestandsgebieten <li data-bbox="363 763 1002 797">■ Ökologische Aufwertung von Gewerbeflächen <li data-bbox="363 808 1474 875">■ Wiederherstellung von Ökosystemleistungen innerhalb versiegelten Bestandsgebieten
Quelle	Landeshauptstadt München 2019


4.2 Wassersensible Stadt und Wasserrückhalt

Umsetzung von Klimaanpassung im Rahmen des sächsischen Förderprogramms „LIFE.LOCAL.ADAPT“	
Ort	Lauta, SN
Stand	Auszeichnung und Förderung der Maßnahme vom Sächsischen Staatsministerium, laufende Detailplanung
Beschreibung	<p data-bbox="352 1346 1474 1547">Die Stadt Lauta in Sachsen hat sich für die Umsetzung einer klimaadaptiven Maßnahme in einen Geschosswohnungsquartier im Rahmen des LIFE.LOCAL.ADAPT Programms der EU und des Freistaates Sachsen beworben. Die Maßnahme wurde anschließend gefördert. Die Planung der Maßnahme wurde im Jahr 2018 aufgenommen. Beteiligt an der Maßnahme ist die Stadt Lauta und die Wohnungsbaugesellschaft Lauta mbH (WoBau) als Eigentümerin der Fläche.</p> <p data-bbox="352 1559 1474 1693">Geplant ist die Anlage von Versickerungsmulden für die natürliche Regenwasserbewirtschaftung auf der Fläche. Wasser soll zudem zu den angrenzenden „Froschteiche“ fließen und die Biotope dort weiter stärken. Zudem werden mögliche Baumbepflanzung und Sitzmöglichkeiten im Plangebiet mit den Bewohnern diskutiert.</p> <p data-bbox="352 1704 1474 1771">Die weiteren Planungen und Bürgerbeteiligungsprozesse laufen derzeit. Die Umsetzung der Maßnahme ist bis Ende 2021 geplant.</p>

Foto 1	 <p>Lageplan mit den vorgeschlagenen wassersensiblen Maßnahmen wie Retentionsmulden im Süden des Geländes; Würz, 2020</p>
Foto 2	 <p>Die früheren Froschteiche am Rande der Fläche sollen wieder mit Regenwasser gefüllt werden; Würz, 2020</p>
Schwammstadt-Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Abkühlung ■ Wasserrückhalt in der Fläche
Schwammstadt-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Versickerungsmulden
Weitere Effekte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aufwertung der Wohnqualität
Quellen	<p>GUHLAN 2018, WÜRZ 2020</p>

Umgestaltung der innerstädtischen Fläche „Kohlebahnhof“ in der Landeshauptstadt Dresden

Ort	Landeshauptstadt Dresden, SN
Stand	Offenlegung des B-Plan Entwurfs war bis 07.05.21
Beschreibung	<p>Der ehemalige Kohlebahnhof in der Landeshauptstadt Dresden befindet sich in Dresden-Mitte entlang der Freiburger Straße.</p> <p>Die Fläche ist bereits in dem jetzigen Zustand klimatisch stark belastet. Sie liegt in der roten „Sanierungszone“ auf Grundlage der „Stadtklima Planungshinweiskarte“ der Stadtverwaltung. Diese Erkenntnis ist in der Gestaltung des Bebauungsplans für die Fläche eingeflossen.</p> <p>Die brach gefallene Fläche soll im Sinne einer doppelten Innenentwicklung nachgenutzt werden. Auf insgesamt ca. 30.000 Quadratmeter soll ca. 20 % (ca. 6.000 Quadratmeter) in Parkfläche umgewandelt und renaturiert werden. Zudem ist laut des Bebauungsplans Niederschlagwasser „groß möglichst“ auf der gesamten Fläche zurückzuhalten. Hierfür ist die Anlage intensiver Dachbegrünungen auf alle geeigneten Dächern geplant (ausschließlich Sport und Klimaanlage).</p> <p>Die Planung der Entwicklungsmaßnahme läuft noch.</p>
Foto	 <p>Luftbilds des Standorts des Bebauungsplans Nr. 3015, Teil des ehemaligen Kohlebahnhofs in der Landeshauptstadt Dresden; Landeshauptstadt Dresden 2020b</p>
Schwammstadt-Wirkung	<p>Laut der Begründung des Bebauungsplans, soll die Maßnahme die folgenden positiven Umweltauswirkungen vorweisen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Die geplante Entsiegelung und Abkoppelung der Garagenanlagen in der Floßhofstraße sowie Umgestaltung eines Teils der Fläche zu einer „holzdominierte Grünanlage“ wertet die Bodenfunktionen der Fläche auf. ■ Die Fassadenbegrünung, extensiven Dachbegrünung und weiteren Bepflanzungen (vorgesehen 119 Baumbepflanzungen auf dem geplanten Schulgelände) lassen positive Beiträge zur Entwicklung des Stadtklimas erwarten. ■ Nicht unerwähnt sollten aber auch die Auswirkungen der Neuversiegelung auf der Fläche bleiben. Wegen der geplanten Neuversiegelung ist die Baumaßnahme unter Gesichtspunkte des Bodenschutzes als negativ zu bewerten. Zwar werden Verbesserungen auf der Fläche durch die geplante Entsiegelung von Garagenanlagen in der Floßhofstraße erreicht, dennoch reichen diese alleine nicht aus, um die schädliche Eingriffe der neuen Versiegelung völlig auszugleichen.
Schwammstadt-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserrückhalt in der Fläche ■ Schaffung von urbanen Grün
Quellen	<p>Landeshauptstadt Dresden 2020a (Bebauungsplan Nr. 3020 vom 27.10.2020)</p> <p>Landeshauptstadt Dresden 2020b (Bebauungsplan Nr. 3015 vom 11.11.2020)</p>

Wohnpark Trabrennbahn Farmsen, Hansestadt Hamburg	
Ort	Hansestadt Hamburg, HH
Stand	Umgesetzt
Beschreibung	<p>Für die Ansiedelung eines neuen Wohnparks wurde eine ehemalige Trabrennbahn in der Hansestadt Hamburg umgenutzt. Das Gebiet gilt als ein gelungenes Beispiel für die Berücksichtigung von urbanen Grünflächen und Wasserelemente in einer Entwicklungsmaßnahme. Dabei werden insbesondere die Ökosystemleistungen des Bodens sichergestellt.</p> <p>Das Gebiet weist über ca. 1,7 Hektar an Wasserflächen auf. Die alte zentrale oval-förmige Grünfläche der Trabrennbahn ist als offene Wiesefläche erhalten geblieben. Es wurden dort auch zwei Teiche angelegt und wertvolle Habitats aufgewertet.</p> <p>Mit einem offenen Entwässerungssystem soll die geringere Versickerungsfähigkeit des Bodens vor Ort verbessert werden. Weg- bzw. promenadenbegleitende Wasserelemente speichern zudem das anfallende Regenwasser. Als Beispiel seien die Stichgräben, die zumeist trocken liegen, genannt. Bei Regen fließt das Regenwasser von den versiegelten Flächen in diese Gräben. Das Regenwasser wird gesammelt und dort zurückgehalten. Bei starken Regen fließen die Wassermengen in die Hauptgräben, die permanent mit Wasser gefüllt sind. Sie führen das Wasser anschließend zu den zentralen Teichen auf der ehemaligen Wiese der Trabrennbahn. Eine Überflutung der Fläche wird mit der Eindrosselung von zusätzlichen Wassermengen in die Osterbek auf westlicher Seite des Geländes gesichert. Ein Großteil des Wassers verdunstet, nur geringfügig versickert es in den Uferbereichen.</p>
Foto	 <p>Die Hauptgräben im Wohnpark sind permanent mit Wasser befüllt; Trabrennbahn Farmsen, 2021</p>
Schwammstadt Wirkung	Wasserrückhalt in der Fläche
Schwammstadt Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Muldenrigolen ■ Versickerung über den natürlichen Boden ■ Minimierung der Versiegelung
Quelle	ELKE, HOYER, DICKHAUT 2011

4.3 Multifunktionale Fläche

Bundesebene Beispiel - Überflutungsvorsorge in der Gartenstadt Bornstedter Feld

Ort | Landeshauptstadt Potsdam, BB

Stand | Umgesetzt

Beschreibung

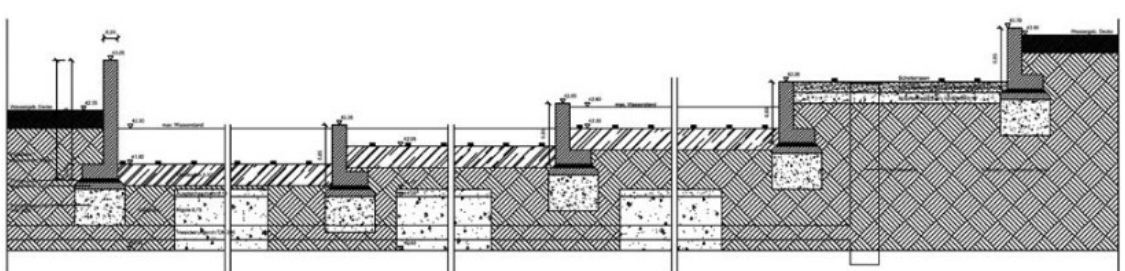
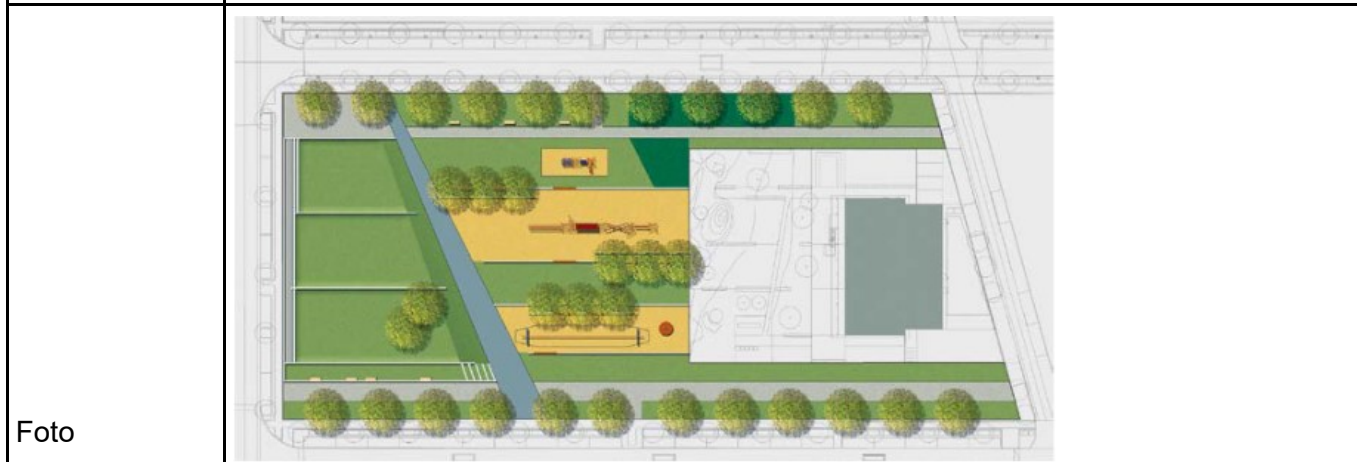
Sanierung und Umbau eines alten Kasernengeländes mit ungünstigen Versickerungsverhältnissen der natürlichen Böden wurde unter Berücksichtigung der wassersensiblen Stadtentwicklung vorgenommen.

Die Fläche ist jetzt multifunktional ausgelegt. Der Spielplatz und die Rasenfläche können bei Bedarf als Retentionsraum für Regenwasser umfunktioniert werden.

Die Versickerung auf der zentralen Grünfläche wird aber nur nach der Ausschöpfung der Muldenrigolen als Wasserspeicherort aktiviert. Dies ist beim Auftreten eines Regenereignisses mit stark überdurchschnittlichen Mengen an Regenwasser zu erwarten.

Das anfallende Regenwasser bei einem Starkregenereignis wird zwischen den Betonmauern aufgestaut in den untenliegenden Rigolen in den Boden langsam versickert.

Die Gestaltung der Parkfläche mit niedrigen und parallellaufenden Betonwänden dient vor allem dazu, die Retentionshöhe des Wassers unter 30 cm zu halten. Somit ist eine Einfriedigung der Fläche nicht nötig. Bei trockenen Verhältnissen können die Mauern als Sitzplätze für die Parkbesucherinnen/Parkbesucher und als Aufwertungselement der Fläche dienen.



Lageplan und Systemschnitt Retentionsbecken in der öffentlichen Grünfläche; bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, in BBSR 2015

Schwammstadt Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserrückhaltung in der Fläche
Schwammstadt-Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestaltung mit wasserdurchlässigen Oberflächen für die Versickerung auf Grünflächen. Einbau von Rigolenkörpern ■ Überflutungsvorsorge durch Rigolenverbund ■ Sicherheitskonzept durch gedrosselten Zulauf
Weitere Effekte	Multifunktionale Fläche - Spielplatz und sozialer Aufenthaltsort im Quartier
Quelle	BBSR 2015

5 Wassersensible Stadtentwicklung in integrierten Stadtentwicklungskonzepten in Sachsen

5.1 Zielsetzung

Der Klimawandel ist eine entscheidende Rahmenbedingung für die Ausgestaltung einer nachhaltigen Stadtentwicklung in Sachsen. Zunehmende Hitze und Trockenheit einerseits, sowie häufigere und kräftigere Starkregenereignisse mit möglichen Überflutungen andererseits kann durch eine wassersensible Stadtentwicklung entgegengewirkt werden. Hierbei spielt der Bodenschutz eine wichtige Rolle. Integrierte Stadtentwicklung kann durch die Planung von Gebäuden, Infrastrukturen sowie Frei- und Grünflächen die erforderlichen Maßnahmen koordinieren und verschiedene Interessen und Akteurinnen/Akteure in Übereinstimmung bringen. Wassersensible Stadtentwicklung und Bodenschutz sollten daher generell in integrierten Stadtentwicklungskonzepten Sachsens aufgenommen werden.

5.2 Integrierte Stadtentwicklungskonzepte in Sachsen

Für Konzepte auf gesamtstädtischer Ebene hat sich mittlerweile der Begriff „Integriertes Stadtentwicklungskonzept“ (INSEK) länderübergreifend etabliert. So ist mittlerweile in fast allen Programmen der Städtebauförderung als Fördervoraussetzung die Erstellung eines (überörtlichen abgestimmten) integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzeptes (ISEK) unter Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger formuliert.

Im Freistaat Sachsen ist der Begriff „Fördergebietskonzept“ (abgekürzt „SEKO“) synonym mit dem Begriff des integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzeptes. Dabei ist der Aussagegehalt des Fördergebietskonzeptes sehr viel konkreter, als dies in einem INSEK für die Gesamtstadt möglich wäre (BABA, 2013).

Unter Entwicklungskonzept ist ein planerischer Ansatz zu verstehen, der beschreibt, wie die Zielsetzungen auf einen Zeithorizont von etwa 15 Jahren auf der strategischen und operativen Ebene erreicht werden sollen. Das Wort „Städtebaulich“ grenzt bisher die Inhalte des Entwicklungskonzeptes im Kontext der Programmziele der Städtebauförderung ein. Es geht in erster Linie um die Beseitigung, Kompensation oder Milderung von städtebaulichen Missständen und Funktionsverlusten infolge des demographischen und wirtschaftlichen Strukturwandels im jeweiligen Stadtraum. Themen der wassersensiblen Stadtentwicklung und des Bodenschutzes sind jedoch hiermit eng verknüpft.

5.3 Wassersensible Stadtentwicklung als Beitrag zur integrierten Stadtentwicklung

Integrierte Stadtentwicklungskonzepte verknüpfen die Schnittstelle Klimaanpassung/Bodenschutz und wassersensiblen Stadtentwicklung miteinander.

5.3.1 Planungsziele und –prinzipien

Die wassersensible Stadtentwicklung zielt im Gegensatz zu dem bisher verfolgten Ansatz einer möglichst raschen Ableitung von Regenwasser in die Kanalisation auf dezentrale Lösungen zur Versickerung, Verdunstung, Nutzung sowie zur Speicherung und gedrosselten Ableitung von Regenwasser. Dafür werden die natürlichen Bodenfunktionen und ergänzende technische Maßnahmen genutzt. Das im urbanen Räumen anfallende Regenwasser wird verstärkt gesammelt und gespeichert und so für die Vegetation und die Verdunstung (und damit die Kühlung) verfügbar gemacht.

Die Maßnahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung gehen somit Hand in Hand mit dem Erhalt, der Verbesserung und Erweiterung von städtischem Grün – woraus sich wiederum weitere Synergien durch ökosystemare Leistungen ergeben.

5.3.2 Akteure

Ein Beitrag "wassersensible Stadtentwicklung" im INSEK zielt auf die Gestaltung bzw. Umgestaltung von urbanen Räumen, welche dem Wasser in der Stadt eine zentrale Bedeutung und ausreichenden Raum zu kommen lassen. Dies umfasst die Einbeziehung diverse Disziplinen wie Stadtökologie, Stadtklimatologie, Stadtentwässerung, Bodenschutz, Freiflächenplanung und Gefahrenabwehr. Die Gestaltung einer wassersensiblen Stadt ist eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe. Der Prozess zu einer gemeinsamen Handlungsstrategie muss in Kooperation von Vertreterinnen bzw. Vertretern der relevanten Akteursgruppen eingeleitet werden. Besonders relevante Akteurinnen bzw. Akteure aus den folgenden Bereichen sind einzubeziehen:

- Stadtplanung / Bauwesen
- Landschafts-, Grün- und Freiflächenplanung
- Wasserwirtschaft (mit Stadtentwässerung / Tiefbau)
- Straßen- und Verkehrswesen
- Bodenschutz



Abbildung 16: Zentrale Handlungsfelder und Akteurinnen/Akteure im Rahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung (als Baustein der Anpassung an den Klimawandel); angelehnt an Infrastruktur und Umwelt, 2020

5.3.3 Prüfsteine

Konzepte zur wassersensiblen Stadtentwicklung müssen sich an den nachfolgenden Prüfsteinen messen lassen:

Verbesserung des Stadtklimas / extreme Hitzeereignisse mildern

- Ist eine Verbesserung des Stadtklimas bzw. abmildern der extremen Hitzeereignisse zu erwarten?
- Können die negativen Effekte länger anhaltende Hitzeperioden für die Lebensqualität der Bevölkerung vermieden werden?
- Wie sind Stadtbäume, Grünflächen und Gewässer vor der verstärkten Trockenheit und den sommerlichen Wassermangel geschützt?
- Stehen ausreichend Flächen in der Stadt zum Zwischenspeichern von Wasser und Abgabe zur Verdunstung (Abkühlung) zur Verfügung?

Bodenentsiegelung

Welche urbanen Böden haben wichtige klimatische und soziale Ausgleichsfunktionen?

Welche Potenziale zur (Teil-) Entsiegelung von Böden sind vorhanden?

Reduzierung der Gefahren durch Starkregen und Hochwasser

- Wie können Gefahren durch Überflutungen und Rückstau im Falle von Starkregeneignissen reduziert werden?
- Wird oberflächlich abfließendes Regenwasser durch gezieltes Zurückhalten und Speichern in der Fläche, in der Kanalisation sowie in und an Oberflächengewässern verringert?
- Können Regenwassersammlern von der Abwasserableitung (öffentliche, betriebliche und private Flächen) abgekoppelt und dezentral gemanagt werden?

Ökologische Gewässerentwicklung

- Bestehen Potenziale zur Offenlegung und Ausweitung von Gewässerquerschnitten? Naturnähere Gestaltung von städtischen Gewässern prüfen!
- Können Maßnahmen der Wasserrahmenrichtlinie in Planungen integriert werden?
- Können Oberflächengewässer Beiträge zur Verdunstungskühlung leisten?

Synergien prüfen und nutzen

- Können multifunktionale Flächennutzungen mit Synergien für Wasseraushalt, Bodenschutz und Stadtklima vorangetrieben werden?

Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten nutzen

- Evaluierung einschlägiger Förderinstrumente bezüglich Förderung wassersensibler Stadtentwicklung. Prüfung von Kombinationsmöglichkeiten und -grenzen.
- Überprüfung und falls erforderlich Fortentwicklung von Förderinstrumenten vor allem hinsichtlich der Förderung interdisziplinärer und integrierter Maßnahmen.

5.3.4 Ergebnis

Eine wassersensible Stadt

- verfügt über Böden und Flächen mit weitgehend naturnahen Wasserkreisläufen die durch Versickerung, Speicherung und Verdunstung von Regenwasser geprägt sind und so zu einem intakten Stadtklima beitragen,
- stellt eine nachhaltige Stadtentwässerung sicher und reduziert Überflutungsrisiken für ihre Bewohnerinnen/Bewohner,
- ist bestmöglich auf wasserwirtschaftliche Extremsituationen vorbereitet,
- schützt Oberflächengewässer und Grundwasser vor nachteiligen Veränderungen und achtet auf den Erhalt der natürlichen Ökosystemleistungen,
- schont ihre Wasserressourcen und sorgt für einen verantwortungsbewussten und sparsamen Umgang mit Wasser und Boden.

Literaturverzeichnis

Anon., 2020. Baugesetzbuch.

- BABA 2013. Stadtentwicklungskonzepte als Steuerungs-instrument der Städtebauförderung – eine vergleichende Betrachtung im Freistaat Sachsen – Kommunale Arbeitshilfe. Letzter Zugriff am 12.04.2021: https://www.bauen-wohnen.sachsen.de/download/Bauen_und_Wohnen/Arbeitshilfe_Foerdergebietskonzepte_Sachsen.pdf
- BASEDOW, H.-W., BOLZE, I., GUNREBEN, M., JACOB, P., SBRESNY, J., SCHRAGE, T., STEININGER, A., WEICHSELBAUM, J. (2017): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. GeoBerichte 14, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover
- BBSR 2015. Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung: Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Bonn
- BBSR 2021. Informationsportal zu Klimawandel und Raumentwicklung. Letzter Zugriff am 12.04.2021 <https://www.klimastadtraum.de>
- BECKER, C. W., 2019. Strategien für eine hitzeangepasste und wassersensible Stadt. s.l.: bgmr Landschaftsarchitekten GmbH / Brandenburgische technische Universität Cottbus Senftenberg, pp. 6 - 13.
- BENDEN, J. et al., 2017. MURIEL – Multifunktionale Retentionsflächen - Multifunktionale Retentionsflächen Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb, Köln: Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
- BENNERSCHIEDT, C., 2020. Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips. GUSS-ROHRSYSTEME - Information of the European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®, 16 Januar, pp. 46-49.
- BOLIK, I., 2019. Amphibische Stadträume - Integration eines dezentralen Regenwassermanagements in den öffentlichen. Darmstadt: TU Darmstadt
- Bolik, I., 2020. Amphibische Stadträume - Integration eines dezentralen Regenwassermanagements in den öffentlichen Freiraum. online: s.n.
- BÖHLAU B. (2020): Protokoll zur Ortschaftsratssitzung am 06.10.2020; letzter Zugriff am 25.05.2021: <https://ol.wittich.de/titel/3090/ausgabe/11/2020/artikel/00000000000023849371-OL-3090-2020-45-11-0>
- BMUB. 2017. Weißbuch Stadtgrün: Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. S.19. Letzter Zugriff am 19.11.2020: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=31
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, B., Hrsg., 2015. Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung - Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
- Bundesstiftung Baukultur (BSBK) Hrsg., 2018. Besser Bauen in der Mitte - Ein Handbuch zur Innenentwicklung. Potsdam: BSBK
- Bundestag (2021): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniela Wagner, Christian Kühn (Tübingen), Stefan Schmidt, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 19/23814: Flächenverbrauch in Deutschland.
- Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), 2017. Was ist eigentlich ... Doppelte Innenentwicklung? letzter Zugriff am 13.11.2020: <https://difu.de/nachricht/was-ist-eigentlich-doppelte-innenentwicklung>
- Dezernat Umwelt, Ordnung, Sport Stadt Leipzig & Amt für Stadtgrün und Gewässer, 2017. Informationsvorlage Nr. VI-DS-02442 - Lebendig grüne Stadt am Wasser - Freiraumstrategie der Stadt Leipzig, Leipzig : Stadt Leipzig

- die STEG Stadtentwicklung GmbH (2019): Große Kreisstadt Großenhain Landkreis Meißen - Städtebauliches Entwicklungskonzept „Zentrum“
- ELKE, K., HOYER, J., DICKHAUT, W. (2011) Wassersensible Stadtentwicklung: Beispiele aus Deutschland. Erschienen im Aachener Schriften zur Stadtentwässerung, Band 15.
- ETTINGER, F., kein Datum Arbeitsblatt DWA-A138 - Anwendung bei der Regenwasserbewirtschaftung in Bayern
- FERBER, U., PETERMANN, E., FISCHER, C. & WEDER, N., 2019. Erfassung der Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- FÖRSTER, J. & BURMEISTER, C., 2020. Stadtklimaanalyse Leipzig 2019. Hannover: GEONET.
- Fraktion Mehrwertstadt im Stadtrat Erfurt, Labor für Transformation und Veränderungsprozesse, Hrsg., 2020. Begrünungsgebot in Erfurter Vorgärten - Diskussionspapier. Erfurt: Fraktion Mehrwertstadt im Stadtrat Erfurt.
- FRANKE, J. 2015. Klimawandel in Sachsen - wir passen uns an!. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL): Dresden
- GEIGER, W., DREISEITL, H. & STEMPELEWSKI, J., 2009. Neue Wege für das Regenwasser - Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. 3. Auflage Hrsg. München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Gemeinde Spitzenstadt. o. A.: <https://www.spitzenstadt.de>; aufgerufen am 11.11.2020
- GUHLAN, A. (25.03.2018) Modellprojekt Lauta-Süd: Gemeinsames Planen hat begonnen. Letzter Zugriff am 12.04.2021: <https://www.lr-online.de/lausitz/hoyerswerda/modellprojekt-lauta-sued-gemeinsames-planen-hat-begonnen-37968754.html>
- HELMING 2018: Starkregeneinflüsse auf die bauliche Infrastruktur(Schwammliegenschaft). Letzter Zugriff am 11.05.2021: <https://www.ibbeck.de/modbfile.php?g=datenobjekt~18814~ID~downloadindb~downloadindbdateiname~~magicobjectslive>
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (Hrsg.). 2020. Nahversorgung im Quartier - Potenziale für Wohnraum nutzen - Kombination von Lebensmitteleinzelhandel und Wohnensowie anderen Nutzungen in mehrgeschossigen Gebäuden. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
- HÖKE, S., LAZAR, S., KAUFMANN-BOLL, C. 2010: Entwicklung neuer Bodenmanagement-Strategien. Teil 1 im EU-Projekt URBAN SMS (Projet-Nr. 6.56), WP 6: Kompensationsmaßnahmen für Eingriffe in Böden, Bericht der ahu AG, Aachen im Auftrag der Stadt Stuttgart
- KOWARIK, I., BARTZ, R., BRECK, M. (Hrsg.). 2017. Ökosystemdienstleistungen in der Stadt - Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen - Kurzbericht für Entscheidungsträger, Berlin, Leipzig: Naturkapital Deutschland - teeb.de
- IÖR, 2020. IÖR Monitor. letzter Zugriff am 10.12.2020: <https://www.ioer-monitor.de/ergebnisse/analyseergebnisse/bodenversiegelung/>
- JULKE, R. 2020. Leipzig soll zu einer Sponge City werden. Letzter Zugriff am 06.04.2021: <https://www.l-iz.de/politik/leipzig/2020/05/Leipzig-soll-zu-einer-Sponge-City-werden-331480>
- KASTLER, M. et al. 2015. Kühlleistung von Böden: Leitfaden zur Einbindung in stadtklimatische Konzepte in NRW - LANUV-Arbeitsblatt 29, Recklinghausen: LANUV
- Kleingruppe „Starkregen“ (LAWA-AH) der LAWA. 2018. LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement, Erfurt: LAWA
- KÖTTER, T., REHORST, F. & WEIß, D. 2020. Baulandstrategien im Brandenburger Maßstab - Arbeitshilfe. Potsdam: s.n.
- KURMUTZ, U., MAERCKER, J., KNOPF, D., MANN, M., RUDAT, M. 2016. Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Zwickau. Zwickau: Stadt Zwickau

- KÜHNAU, C., BÖHM, J., REINKE, M., BÖHME, C., BUNZEL, A. ET AL.. o. A. Doppelte Innenentwicklung – Perspektiven für das urbane Grün - Empfehlungen für Kommunen. Bonn: Bundesamt für Naturschutz
- Landeshauptstadt Dresden Umweltamt, Stadtentwässerung Dresden GmbH (Hrsg.). 2004. Mit Regenwasser wirtschaften. 1. korrigierter Nachdruck Hrsg. Dresden: Landeshauptstadt Dresden
- Landeshauptstadt Dresden. 2016: Flächenbedarf für eine Versickerung. Letzter Zugriff am 06.04.2021: <https://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/055/06/03/regenwasser-flaeche-versickerung.php>
- Landeshauptstadt Dresden. 2020a: Bebauungsplan Nr. 3020, in der Fassung vom 27.10.2020. Letzter Zugriff am 12.04.2021: https://buergerbeteiligung.sachsen.de/portal/download/datei/1528379_0/03_20201124_B3020_ErnOffenlage_Begruendung.pdf
- Landeshauptstadt Dresden. 2020b. Bebauungsplan Nr. 3015, in der Fassung vom 11.11.2020. Letzter Zugriff am 12.04.2021: <https://www.dresden.de/de/stadtraum/planen/stadtentwicklung/offenlagen/Bebauungsplan-Nr.-3015-Dresden-Altstadt-II-Nr.-29-Ehemaliger-Kohlebahnhof-Schulstandort-Altstadt-West.php#?searchkey=Kohlebahnhof&searchkey=Kohlebahnhof>
- Landeshauptstadt München. 2019. Richtlinien für das Sonderprogramm der Landeshauptstadt München zur Förderung von Innenhof-, Vorgarten-, Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelung sowie von naturnaher Begrünung von Firmengeländen.
- MUST Städtebau GmbH & die3 landschaftsarchitektur. o. A. Raumperspektive 2035 - Erläuterungstext, s.l.: s.n.
- NEUMANN, U. & MÜCKE, B., 2020. Klimaanpassung in der Stadt Lauta Modellprojekt Lautas-Süd Projektbericht. Oppach: s.n.
- NIETE, H., PANKRATZ, E. & BERIEF, K.-J., 2017. Erfassung von Entsiegelungspotenziale in Nordrhein-Westfalen - LANUV-Arbeitsblatt 34., Recklinghausen: LANUV.
- PFOSE, N. (2021): Bauweisen und Planungsgrundlagen von Fassaden- und Dachbegrünungen; ZEBAU Onlineveranstaltung "Stadtgrünung- Planungs- und Umsetzungsstrategien für eine klimaresiliente Zukunft" 14. April 2021
- Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH, 2006. Hochwasserschutz Grimma - Maßnahmekonzept. Letzter Zugriff am 31.05.2021: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjX5fyez_PwAhU5gP0HHdBEAIAQFjAAegQIBRAD&url=https%3A%2F%2Fwww.grimma.de%2Fdownloads%2Fdatei%2FOTAwMDAwNTA0Oy07L3Vzci9sb2NhbC9odHRwZC92aHRkb2NzL2dyaW1tYS9ncmltbWVvVWkaWVuL2Rva3VtZW50ZS9ob2Nod2Fzc2Vyc2NodXR6X2dyaW1tYS5wZGY%253D&usq=A0vVaw1GYzV2XeeHugtm95KKBTNO.
- REGKLAM-KONSORTIUM (Hrsg.) 2013. Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Region Dresden. Grundlagen, Ziele und Maßnahmen. Berlin: Rhombos-Verlag.
- Ressourceneffiziente Stadtquartiere (RESZ): Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. 2021. Letzter Zugriff am 31.05.2021: <https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/?lang=de>
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) 2020. Naturnahe Bäche in Städten und Gemeinden - Empfehlungen zur Gestaltung. Dresden: LfULG
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). 2018. Wohnungsneubau Langfristig Denken - Für Mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. Letzter Zugriff am 02.10.2020: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2018_11_Stellungnahme_Wohnungsneubau.pdf?__blob=publicationFile&v=20

- SCHILLER, G. et al., 2013. Innenentwicklungspotenziale in Deutschland - Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage und Möglichkeiten einer automatisierten Abschätzung. Bonn: BBSR
- SCHMAUCK, S., 2019. Dach- und Fassadenbegrünung – neue Lebensräume im Siedlungsbereich Fakten, Argumente und Empfehlungen. Bonn: BBSR
- SIEKER, H., STEYER, R., BÜTER, B., LEßMANN, D., VON TILS, R., BECKER, C., HÜBNE, S. 2019. Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. Dessau-Roßlau: UBA
- SIEKER, F., WILCKE, D. & REICH, M. 2007. Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Vorbeugender Hochwasserschutz durch Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte - am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen, Hannover: Leibniz Universität Hannover
- SIEMER, ECKERT, FERBER (2019): LUMAT auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Flächen-nutzung – das LUMATO Tool erfolgreich getestet! Letzter Zugriff am 05.05.2021: <https://www.druckhaus-borna.de/dl/regionale-journale/umweltreport/Umweltreport-SN-2019.pdf>
- Sita Bauelemente. o. A. Letzter Zugriff am 11.11.2020: <https://www.sita-bauelemente.de>
- Städtebauliche Vertrag zur Regelung der Abkoppelung der Fläche von der Kanalisation zwischen der Stadt Leipzig und CG City Leipzig Nord GmbH & Co. KG. 2017. Letzter Zugriff am 12.04.2021: <https://www.leipzig416.de/wp-content/uploads/2017/06/staedtebaulichervertrag.pdf>
- STOLL, J., 2017. Dauerregen in Deutschland: Wie können wir vorsorgen?. Letzter Zugriff am 10.12.2020: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/dauerregen-in-deutschland-wie-koennen-wir-vorsorgen>
- Helmholz-Zentrum für Umweltforschungs (UFZ). 2021. Forschungsprojekt Leipziger BlauGrün. Letzter Zugriff am 06.04.21: <https://www.ufz.de/leipzigerblaugruen/index.php?de=466782>
- Umweltbundesamt Hrsg. 2017. Umwelt- und Aufenthaltsqualität in urbanen Quartieren - Empfehlungen zum Umgang mit Dichte und Nutzungsmischung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Umweltbundesamt, 2019. Regionale Klimafolgen in Sachsen. letzter Zugriff am 12.11.2020: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/regionale-klimafolgen-in-sachsen#bereits-aufgetretene-und-erwartete-klimaanderungen>
- WENDE, W., KRÜGER, T., HENNERSDORF, J. UND LEHMANN, I. 2011. Strukturbasierte Aussagen zur Veränderung des Grünvolumens und der damit zusammenhängenden ökologischen Flächenleistungen: Produkt 3.1.2e
- WÜRZ. 2020. Modellprojekt: Wie Lauta dem Klimawandel trotzen will. Letzter Zugriff am 12.04.2021: <https://www.lr-online.de/lausitz/hoyerswerda/modellprojekt-wie-lauta-dem-klimawandel-trotzen-will-51422554.html>
- ZinCo GmbH, o. A. Letzter Zugriff am 25.11.2020: <https://www.zinco.de/systeme/retentions-gruendach>.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin. 2016. Arbeitshilfe Orientierende Kostenschätzung für Entsiegelungsmaßnahmen, Berlin
- Stadt Hanau. o. A. Entsiegelungskataster Hanau. Letzter Zugriff am 27.05.2021: https://www.gpm-webgis-13.de/geoapp/templates/ver_entsiegelung/pdf/faq_entsiegelung_hanau.pdf
- StMLU (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen) 2003. Arbeitshilfe – Kommunales Flächenressourcenmanagement. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, Juni 2003, München
- VertiKAA. 2021. Letzter Zugriff am 27.05.2021: https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/?page_id=277&lang=de
- WILLAND/KANNGIEßER, Realisierbarkeit des Entwurfs einer Entsiegelungs-Verordnung nach § 5 BBodSchG, UBA-FB 000838, Texte 21/05, S. 6.

Anhänge

Anhang 1 Schwammstadt-Maßnahmen am Beispiel der Stadt Meerane, Sachsen



Legende:

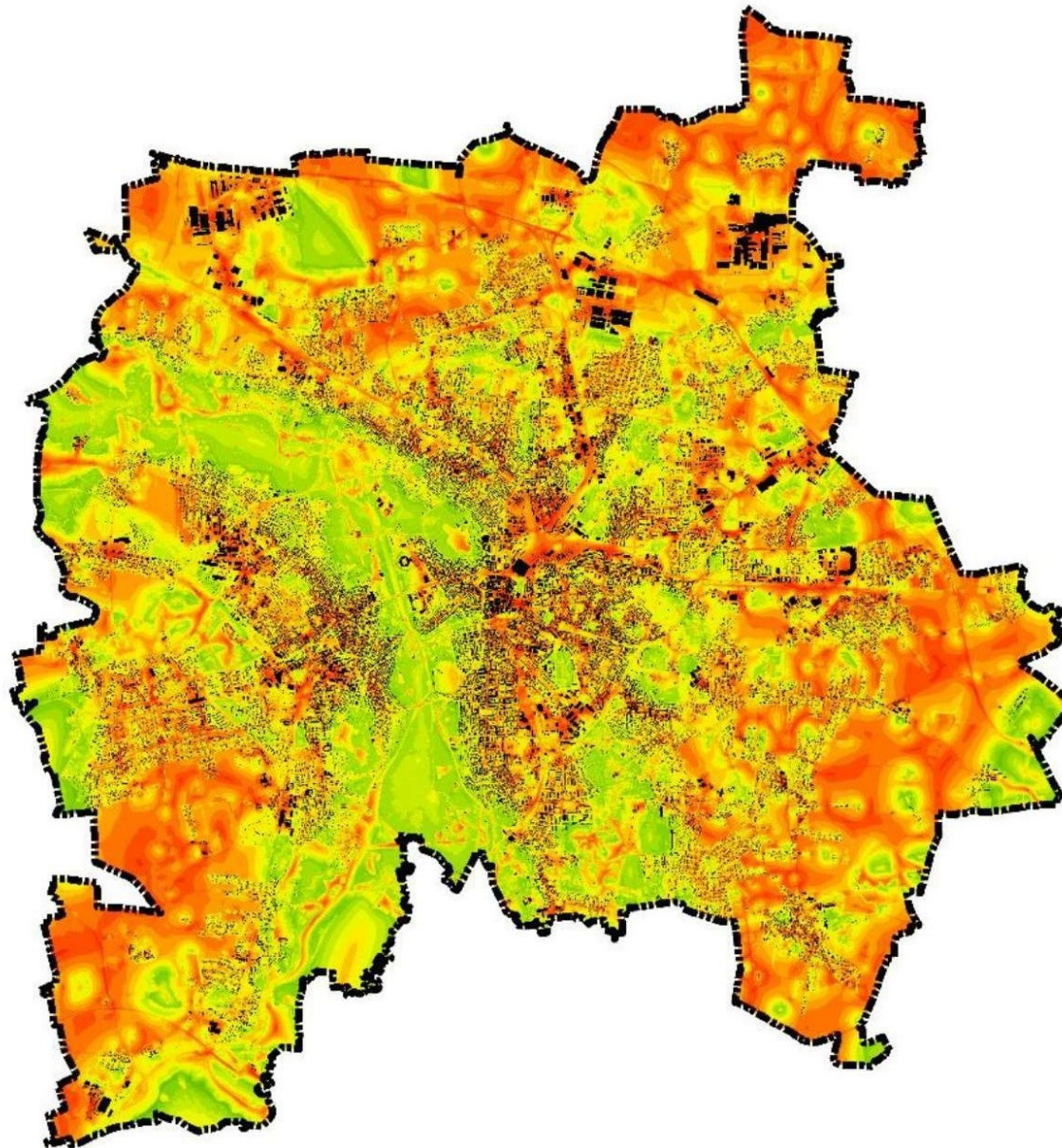
- 01: ehemaligen Kammgarnspinnerei
- 02: ehemalige Möbelstoffspinnerei
- 03: ehemalige IFA-Fabrik

Die drei Beispielflächen in Meerane verdeutlichen Schwammstadtmaßnahmen bzw. Maßnahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung und die Wiederherstellung von Bodenfunktionen auf renaturierten bzw. revitalisierten Brachflächen.

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Anhang 2 Klimaanalyse Stadt Leipzig, erstellt 2019 von GEONET im Auftrag der Stadt Leipzig




Klimaanalyse Stadt Leipzig

Rasterbasierte Modellergebnisse

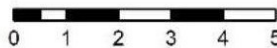
Wärmebelastung am Tage (PET)

(°C in 1,1 m ü.Gr. um 14:00 Uhr)

 bis 24	 > 34 bis 36
 > 24 bis 26	 > 36 bis 38
 > 26 bis 28	 > 38 bis 40
 > 28 bis 30	 > 40 bis 42
 > 30 bis 32	 > 42 bis 44
 > 32 bis 34	 > 44


 Stadtgrenze Leipzig

 Gebäude

 Kilometer

Koordinatensystem: UTM 32N (ETRS 1989)



Erstellt 2019 von 

im Auftrag der



Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und
Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 (0) 351 2612-0
Telefax: + 49 (0) 351 2612-1099
E- Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.lfulg.sachsen.de

Autoren:

Uwe Ferber, Karl Eckert, Christin Fischer
StadtLand GmbH
Pfaffendorfer Straße 26, 04105 Leipzig
Telefon +49 (0)341-48070-26
Telefax +49 (0)341-4806988

Titelfoto:

StadtLand GmbH, Leipzig (2021)

Redaktionsschluss:

15.11.2021

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung,
kann aber als PDF-Datei unter
<https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen
Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen
Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit
herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder
Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.
Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die
Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen
der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben
parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt
ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der
Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de