

**Stadtgrün in Klimawandel und Biodiversitätskrise  
optimieren –  
Ein Vergleich der Auswirkungen typischer  
städtischer Grünflächen (Wiese, Rasen,  
Staudenpflanzungen mit und ohne Mineralmulch  
sowie helle und dunkle Schotterflächen)**



## Impressum

Technische Hochschule Bingen  
Berlinstraße 109  
55411 Bingen am Rhein

Studierende der Bachelorstudiengänge Umweltschutz und Klimaschutz und  
- anpassung im Rahmen des Wahlpflichtmoduls Stadtökologie unter Leitung von  
Prof. D. Elke Hietel, Prof. Dr. Oleg Panferov, B.Sc. Marina Bernhard und M.Sc.  
Fabian Küdde

Verfasser\*innen des Abschlussberichts:

*Ahr, Aaron; Arnold, Markus; Bartz, Michael; Beck, Moritz; Blumrich, Antonia; Dunkel,  
Lars; Ennenbach, Thomas; Faber, Helen; Gasiorek, Sven; Gehrig, Alissa; Gries,  
Katharina; Kruse, Carina; Külheim, Mari; Lache, Vanessa; Lauth, Marie; Liesenfeld,  
Luisa; Öffner, Verena; Rocha, Vivian; Rizos, Andriana; Rühl, Patricia; Ruhl, Susanne;  
Schön, Felix; Surges, Johanna; Trumpp, Christopher; Völlmecke, Jule; Wallau,  
Frederik; Walter, Simon; Wenig, Linnea-Marie; Wörner, Laura*

Überarbeitungen und Korrekturen: Prof. Dr. Elke Hietel, Prof. Dr. Oleg Panferov.

Layout: M. Sc. Fabian Küdde.

Die Thermalmessungen nachts hat Herr B. Sc. Sven Schmitt durchgeführt.

Das Foto auf dem Deckblatt wurde von Verena Öffner zur Verfügung gestellt.

Nicht gekennzeichnete Fotos stammen von Elke Hietel.

Bingen am Rhein, Oktober 2022

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1      | <i>Hintergrund</i>   | 8         |
| 1.2      | <i>Aufheizungseffekt und Mikroklima in Städten</i>                   | 8         |
| 1.3      | <i>StadtNatur und Biodiversität in Städten</i>                       | 9         |
| 1.4      | <i>Weitere Synergieeffekte der Grünflächen für Mensch und Umwelt</i> | 9         |
| 1.5      | <i>Untersuchungen und Ziel der Ausarbeitung</i>                      | 9         |
| 1.6      | <i>Hypothesen</i>  | 10        |
| 1.7      | <i>Aufbau der Arbeit</i>   | 11        |
| <b>2</b> | <b>Stand des Wissens</b>   | <b>13</b> |
| 2.1      | <i>Schottergärten</i>  | 13        |
| 2.1.1    | Definition   | 13        |
| 2.1.2    | Anlage eines Schottergartens   | 13        |
| 2.1.3    | Abgrenzung der Schottergärten  | 14        |
| 2.1.4    | Stand des Wissens  | 15        |
| 2.1.5    | Forschungsbedarf   | 18        |
| 2.2      | <i>Rasen</i>   | 20        |
| 2.2.1    | Definition   | 20        |
| 2.2.2    | Abgrenzung   | 21        |
| 2.2.3    | Ökologische Wirkungen (Abiotik, Fauna, Flora, Landschaftsbild)       | 22        |
| 2.3      | <i>Wildblumen- bzw. Insektenwiesen</i>                               | 25        |
| 2.3.1    | Begriffsbestimmung   | 25        |
| 2.3.2    | Abgrenzung   | 25        |
| 2.3.3    | Wissensstand   | 26        |
| 2.4      | <i>Staudenpflanzungen</i>  | 33        |
| 2.4.1    | Definition   | 33        |
| 2.4.2    | Systematik der Stauden   | 33        |
| 2.4.3    | Standorte  | 34        |
| 2.4.5    | Pflanzung  | 34        |
| 2.4.6    | Pflege   | 35        |
| 2.4.7    | Biodiversität und Mikroklima   | 36        |
| 2.5      | <i>Staudenpflanzungen auf mineralischem Mulch</i>                    | 37        |
| 2.5.1    | Begriffsbestimmung   | 37        |
| 2.5.3    | Merkmale   | 38        |
| 2.5.4    | Anlage und Pflege der Mulchschicht                                   | 39        |
| 2.5.5    | Wissensstand   | 40        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>3</b> | <b>Material und Methodik</b>                        | <b>45</b> |
| 3.1      | <i>Untersuchungsflächen Ingelheim</i>               | 45        |
| 3.2      | <i>Untersuchungsflächen Budesheim</i>               | 48        |
| 3.3      | <i>Geräte</i>                                       | 53        |
| 3.4      | <i>Auswertung Mikroklima</i>                        | 54        |
| 3.4.1    | Grünflächentypen und Korrekturfaktoren              | 54        |
| 3.4.2    | Strahlung   | 56        |
| 3.4.3    | Thermalbilder                                       | 57        |
| 3.4.4    | Signifikanztests                                    | 57        |
| 3.4.5    | Darstellung der Ergebnisse                          | 58        |
| 3.5      | <i>Biodiversität</i>                                | 59        |
| <b>4</b> | <b>Ergebnisse</b>                                   | <b>62</b> |
| 4.1      | <i>Ergebnisse Stadtklima Ingelheim</i>              | 62        |
| 4.1.1    | Thermalbilder                                       | 62        |
| 4.1.2    | Mittelwerte nach Grünflächentypen                   | 63        |
| 4.1.3    | Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen  | 67        |
| 4.2      | <i>Ergebnisse Stadtklima Budesheim</i>              | 68        |
| 4.2.1    | Thermalbilder                                       | 68        |
| 4.2.2    | Mittelwerte nach Grünflächentypen                   | 69        |
| 4.2.3    | Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen  | 72        |
| 4.2.4    | Nächtliche Wärmemessungen                           | 73        |
| 4.3      | <i>Ergebnisse Biodiversität Ingelheim</i>           | 74        |
| 4.3.1    | Grünflächentyp: Schotter (hell)                     | 74        |
| 4.3.2    | Grünflächentyp: Schotter (dunkel)                   | 74        |
| 4.3.3    | Grünflächentyp: Niedrige Wiese                      | 75        |
| 4.3.4    | Grünflächentyp: Stauden auf Mineralmulch            | 76        |
| 4.3.5    | Grünflächentyp: Stauden auf Erde                    | 77        |
| 4.3.6    | Grünflächentyp: Hohe Wiese                          | 77        |
| 4.3.7    | Signifikante Abweichungen der Grünflächentypen      | 78        |
| 4.4      | <i>Ergebnisse Biodiversität Budesheim</i>           | 79        |
| 4.4.1    | Schotterflächen (hell)                              | 79        |
| 4.4.2    | Niedrige Vegetation                                 | 79        |
| 4.4.3    | Rindenmulchfläche                                   | 80        |
| 4.4.4    | Stauden auf Erde                                    | 81        |
| 4.4.5    | Hohe Vegetation                                     | 81        |
| 4.4.6    | Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen  | 83        |
| <b>5</b> | <b>Diskussion und Gesamtbewertung</b>               | <b>84</b> |
| 5.1      | <i>Vergleichende Bewertung der Grünflächentypen</i> | 84        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.1.1    | Allgemeines   | 84         |
| 5.1.2    | Relative Luftfeuchte  | 84         |
| 5.1.3    | Lufttemperatur  | 85         |
| 5.1.4    | Windgeschwindigkeit   | 85         |
| 5.1.5    | Strahlungsbilanz  | 85         |
| 5.1.6    | Oberflächentemperaturen   | 86         |
| 5.1.7    | Biodiversität   | 87         |
| 5.1.8    | Gesamtbewertung Mikroklima und Biodiversität                      | 88         |
| 5.2      | <i>Empfehlungen, rechtliche Umsetzung, Beratung und Förderung</i> | 91         |
| 5.2.1    | Handlungsempfehlungen   | 91         |
| 5.2.2    | Rechtliche Umsetzung am Beispiel der Stadt Mainz                  | 97         |
| 5.2.3    | Beratung zu klimaangepassten, biodiversen Grünflächen             | 98         |
| 5.2.4    | Beispiel für ein Förderprogramm                                   | 99         |
| <b>6</b> | <b>Fazit</b>  | <b>105</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Schottergarten .....   | 13 |
| Abbildung 2: Bepflanzter Schottergarten .....   | 13 |
| Abbildung 3: Gepflasterter Vorgarten .....  | 14 |
| Abbildung 4: Steingarten .....  | 15 |
| Abbildung 5: Mikroklimatische Folgen der Bodenversiegelung .....  | 17 |
| Abbildung 6: Zierrasenfläche in einem Privatgarten.....   | 20 |
| Abbildung 7: Vertrockneter Zierrasen in Bopparder Rheinanlagen nach Dürre im September 2022 .....   | 21 |
| Abbildung 8: Pflegeintensität und Belastbarkeit verschiedener Rasentypen .....  | 22 |
| Abbildung 9: Festuca rubra .....  | 23 |
| Abbildung 10: Lolium perenne.....   | 23 |
| Abbildung 11: Artenreiche Mähwiese.....   | 26 |
| Abbildung 12: Wildblumenwiese auf trockenem Standort bei Schiesheim .....   | 29 |
| Abbildung 13: Blüh-Labyrinth bei Diez.....  | 30 |
| Abbildung 14: Heimische Wildstauden auf Sand-Mulch.....   | 37 |
| Abbildung 15: Staudenbeet mit Schieferbruch .....   | 38 |
| Abbildung 16: Steppensalbei auf Mulchschicht aus Kies .....   | 42 |
| Abbildung 17: Prärie-Wildstauden.....   | 43 |
| Abbildung 18: Staudenpflanzungen auf Schotter im Winter .....   | 43 |
| Abbildung 19: Untersuchungsflächen Ingelheim .....  | 45 |
| Abbildung 20: Mineralmulch 2.....   | 46 |
| Abbildung 21: Mineralmulch 3.....   | 46 |
| Abbildung 22: Schotter 2 (Sven Schmitt) .....   | 46 |
| Abbildung 23: Schotter 3 (Mari Kühlheim) .....  | 46 |
| Abbildung 24: Wiese 2 .....   | 47 |
| Abbildung 25: Wiese 1 .....   | 47 |
| Abbildung 26: Wiese 3 .....   | 47 |
| Abbildung 27: Stauden auf Erde 2.....   | 48 |
| Abbildung 28: Stauden auf Erde 1.....   | 48 |
| Abbildung 29: Untersuchungsflächen Budesheim .....  | 49 |
| Abbildung 30: Standort am Schwimmbad.....   | 50 |
| Abbildung 31: Messstation Am Schwimmbad .....   | 50 |
| Abbildung 32: Überblick Insektenwiese.....  | 50 |
| Abbildung 33: Messstation an der Insektenwiese .....  | 50 |
| Abbildung 34: Grasinsel und gemähte Fläche auf Insektenwiese (Foto: Vincent Butscher).....  | 51 |
| Abbildung 35: Messstation am Rathausplatz.....  | 51 |
| Abbildung 36: Messungen am Rathausplatz.....  | 51 |
| Abbildung 37: Gemüsebeet am Rathausplatz (Marina Bernhard).....   | 51 |
| Abbildung 38: Rasen am Spielplatz .....   | 52 |
| Abbildung 39: Schotterweg am Spielplatz .....   | 52 |
| Abbildung 40: Messstation am Spielplatz .....   | 52 |
| Abbildung 41: Wiese (Grasböschung) am Spielplatz.....   | 52 |
| Abbildung 42: Rindenmulch am Spielplatz.....  | 52 |
| Abbildung 43: Näherungen der Oberflächentemperaturen der Grünflächentypen in Ingelheim gemittelt;<br>Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim.....     | 62 |
| Abbildung 44: Lufttemperatur in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen<br>Standardabweichung; Messort Ingelheim.....                              | 63 |
| Abbildung 45: Relative Luftfeuchte in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen<br>Standardabweichung; Messort Ingelheim.....                        | 64 |
| Abbildung 46: Windgeschwindigkeit in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen<br>Standardabweichung; Messort Ingelheim.....                         | 65 |
| Abbildung 47: absorbierte Strahlung nach Grünflächentypen gemittelt; gemessen in ca. 1m bis 1,2m Höhe<br>Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim..... | 66 |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 48: Näherungen der Oberflächentemperaturen der Grünflächentypgruppen; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim.....  | 68 |
| Abbildung 49: Lufttemperatur in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim.....  | 69 |
| Abbildung 50: Relative Luftfeuchte in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim.....  | 70 |
| Abbildung 51: Windgeschwindigkeit in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim.....   | 71 |
| Abbildung 52: absorbierte Strahlung nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Messung in ca. 1m bis 1,2m Höhe; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim.....                                   | 72 |
| Abbildung 53: Näherungen der Oberflächentemperaturen gemittelt nach Grünflächentypen; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messzeitpunkt 15.05.22 zwischen 3:08 Uhr und 3:36 Uhr, Messort Budesheim..... | 73 |
| Abbildung 54: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Schotter (hell)" am Messort Schotter 2 .....  | 74 |
| Abbildung 55: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Schotter (dunkel)" am Messort Schotter 3 .....  | 75 |
| Abbildung 56: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Niedrige Wiese" an den Messorten Wiese 1 und 2 .....  | 75 |
| Abbildung 57: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Stauden auf Mineralmulch" an den Messorten Mineralmulch 2 und 3 .....   | 76 |
| Abbildung 58: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Stauden auf Erde" an den Messorten Stauden auf Erde 1 und 2.....  | 77 |
| Abbildung 59: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Hohe Wiese" am Messort Wiese 3 .....  | 78 |
| Abbildung 60: Biodiversität auf Schotterflächen in Budesheim .....  | 79 |
| Abbildung 61: Biodiversität auf niedriger Vegetation in Budesheim .....   | 80 |
| Abbildung 62: Darstellung der Biodiversitätsmessungen auf Rindenmulch in Budesheim .....  | 80 |
| Abbildung 63: Darstellung der Biodiversitätsmessungen auf Stauden in Budesheim .....  | 81 |
| Abbildung 64: Darstellung der Biodiversitätsmessung auf vier hohen Insektenwiesen in Budesheim .....  | 82 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: <i>Verwendete Geräte</i> .....                                    | 53 |
| Tabelle 2: <i>Messgenauigkeiten der Geräte</i> .....                         | 55 |
| Tabelle 3: <i>Korrekturfaktoren</i> .....                                    | 56 |
| Tabelle 4: <i>Ingelheim Zuordnung: Grünflächentyp - Messort</i> .....        | 59 |
| Tabelle 5: <i>Büdesheim Zuordnung: Grünflächentyp - Messort</i> .....        | 59 |
| Tabelle 6: <i>Signifikante Abweichungen Mikroklima in Ingelheim</i> .....    | 67 |
| Tabelle 7: <i>Signifikante Abweichungen Mikroklima in Büdesheim</i> .....    | 72 |
| Tabelle 8: <i>Signifikante Abweichungen Biodiversität in Ingelheim</i> ..... | 78 |
| Tabelle 9: <i>Signifikante Abweichungen Biodiversität in Büdesheim</i> ..... | 83 |
| Tabelle 10: <i>Gesamtbewertung Mikroklima und Biodiversität</i> .....        | 90 |
| Tabelle 11: <i>Handlungsempfehlungen</i> .....                               | 91 |

# 1 Einführung

*Verena Öffner*

## 1.1 Hintergrund

Städtisches Wachstum und die Klimaerwärmung sind zwei Herausforderungen, die immer dringlicher anzugehen sind. Städtische Grünflächen werden zunehmend wichtiger, weil die Städte immer dichter bebaut werden, dies fördert städtische Überwärmungseffekte (Heinrich, 2019). Häufig müssen Grünflächen unter dem Druck von fehlender Wohnfläche weichen (Hietel, 2022). Eine Möglichkeit könnte sein, kleinräumige Begrünung zu planen und umzusetzen. Dabei geht es nicht nur um die aktuelle Situation in den Städten, sondern vielmehr darum, die Lebensqualität der Städter\*innen auch in Zukunft sichern zu können.

Auch für die Biodiversität spielten Städte eine zunehmende Rolle, da viele Tier- und Pflanzenarten in der intensiv genutzten Kulturlandschaft keinen Lebensraum mehr finden und in die Städte abwandern. Kleine Grünflächen können hier als Trittsteinbiotope eine Rolle spielen. Es müssen Lösungsansätze für die Zukunft gefunden werden, um mehr Biodiversität in den Städten zu fördern, die Städte abzukühlen und den Wohlfühlfaktor für den Menschen so hoch es geht zu erhalten (Rupp, 2021). Nicht nur in großen, sondern auch in kleineren Städten muss bereits jetzt gehandelt werden, um eine rechtzeitige Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu gewährleisten und die Biodiversität zu fördern.

## 1.2 Aufheizungseffekt und Mikroklima in Städten

Gebäude, Asphaltflächen, Kühlungssysteme und mangelhafter Luftaustausch können bei schlechter Planung maßgeblich zur Bildung von sog. Wärme- bzw. Hitzeinseln in Städten beitragen. Aufgrund der globalen Klimaerwärmung werden die Hitzeinseleffekte in Zukunft immer extremer und das Mikroklima in den Städten wird zunehmend unerträglicher (Heinrich, 2019). Um dem Aufheizungsprozess und der Bildung von Hitzeinseln in Stadtgebieten entgegenzuwirken, sollten Freiflächen so genutzt werden, dass mit einer möglichst guten Klimaanpassung zu rechnen ist. Die Städte müssen in Zukunft deutlich ökologischer geplant werden, um den Aufheizungsprozess im Rahmen halten zu können (Rupp, 2021). Vegetation ermöglicht dabei Beschattung sowie Abkühlung durch die Pflanzentranspiration und die damit verbundene Verdunstungskälte.

### 1.3 Stadtnatur und Biodiversität in Städten

Frei- und Grünflächen bieten neben dem Nutzen für den Menschen (Obrist, et al., 2012) auch die Möglichkeit, Biodiversität in den Städten zu erhalten und zu fördern. Das gelingt am besten, in dem die Flächen für Blühpflanzen, Insekten und Vögel attraktiv gestaltet werden. Die Schaffung von Biotopen in Stadtgebieten ist ein wichtiger Ansatz, um den Erhalt der Artenvielfalt zu unterstützen. Eine Maßnahme ist, Grün- und Freiflächen im Vorhinein so zu planen, dass Erhaltung und Förderung der Biodiversität möglich sind. Stadtgebiete bieten optimale Bedingungen für ökologische Aufwertungsflächen, da viele verschiedenartige Biotope auf kleinstem Raum nebeneinander existieren können (Obrist, et al., 2012). Dazu gehören Gehölzflächen, Wiesen, Ruderalsäume entlang von Straßen und Wegen, Trittpflanzenvegetation in Pflasterfugen, Dach- und Fassadenbegrünung und vieles mehr.

### 1.4 Weitere Synergieeffekte der Grünflächen für Mensch und Umwelt

Ein Netz an Grünflächen in Siedlungen gewährleistet neben Klimaanpassung und Biodiversität auch weitere Synergieeffekte. Die Pflanzen bauen Biomasse auf und binden dabei CO<sub>2</sub> als Beitrag zum Klimaschutz. Als unversiegelte Flächen ermöglichen sie den Rückhalt und die Versickerung von Niederschlagswasser und tragen dabei zum gewünschten Schwammstadteffekt bei. Zudem bietet die Vegetation zusätzliche Flächen für Deposition von (Fein-) Staub und säubert damit die Luft (Hietel et al., 2020). Die Begrünungen tragen daher auch zur menschlichen Gesundheit und zur Steigerung der Lebensqualität und des Wohlbefindens der Stadtbewohner bei.

### 1.5 Untersuchungen und Ziel der Ausarbeitung

In Siedlungen finden sich viele unterschiedliche Grünflächentypen wie Staudenpflanzungen, Blumenwiesen, Rasen, aber zunehmend auch Freiflächen, die als Schottergärten genutzt werden. Diese Grünflächentypen sind sowohl auf öffentlichen als auch auf privaten Flächen zu finden.

Um zukunftsorientiert gegen die Aufheizung der Städte und für die Biodiversität handeln zu können, besteht Forschungsbedarf. Es gilt herauszufinden, welche Grünflächentypen in Siedlungen besonders zur Klimaanpassung durch Vermeidung von zu starken Aufheizungseffekten sowie zur Biodiversität beitragen können.

Die Auswirkungen von Baumpflanzungen werden in dieser Ausarbeitung nicht berücksichtigt, da es dazu bereits Untersuchungen gibt, die bestätigen, dass das

Pflanzen von Bäumen maßgeblich zur Abkühlung der Städte und der Förderung der Biodiversität beiträgt. Das Problem bezüglich der Baumpflanzung ist jedoch der mangelnde Platz in vielen Städten, weshalb sich diese Ausarbeitung auf kleinflächige Begrünungen konzentriert.

Durch Messungen des Mikroklimas mithilfe von mobilen automatischen Wetterstationen und Handmessgeräten auf verschiedenen Grünflächentypen in Bingen Budesheim und Ingelheim soll vergleichend herausgearbeitet werden, welche Grünflächentypen der Aufheizung in den Städten besser entgegenwirken und damit Klimaanpassungsmaßnahmen darstellen können. Mithilfe von Biodiversitätsmessungen durch stichprobenartiges Auszählen von Insekten und sonstigen Kleintierarten auf den verschiedenen Grünflächentypen in Bingen Budesheim und Ingelheim soll außerdem die Habitatqualität der Grünflächentypen bestimmt werden. Daraus lässt sich ableiten, welche Grünflächentypen sich demnach optimal zur Förderung der Biodiversität eignen und dem Artensterben entgegenwirken können.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, Grünflächentypen bestimmen zu können, die eine hohe Biodiversität mit Klimaanpassung vereinen. Daraus sollen Empfehlungen für die Begrünung in Siedlungsbereichen abgeleitet werden.

## 1.6 Hypothesen

**Hypothese 1:** Geringe Aufheizung von hellen Flächen.

Eine geringere Aufheizung ist auf Flächen mit hellem Untergrund (höhere Strahlungsreflexion) zu erwarten, darunter zählen beispielsweise auch Altgrasbestände oder helle Schotterflächen.

**Hypothese 2:** Geringere Aufheizung von Flächen mit dichter, hochwüchsiger Vegetation.

Auf Flächen mit höherwüchsiger Vegetation und einer dichten Pflanzendecke sind niedrigere Temperatur und höhere Luftfeuchte zu erwarten, die auf die Transpiration der Pflanzen zurückzuführen ist.

**Hypothese 3:** Förderung der Biodiversität auf Flächen mit struktur- und blütenreicher Vegetation

Eine erhöhte Biodiversität ist in strukturreichen, mehrschichtigen und geschlossenen Vegetationsbeständen mit vielfältigen Habitatstrukturen zu erwarten, die zudem viele Blütenpflanzen und damit Nahrungsangebot für Bestäuberinsekten aufweisen.

## 1.7 Aufbau der Arbeit

Zunächst werden die verschiedenen Grünflächentypen Schottergärten, Rasen, Wiese, Staudenpflanzungen allgemein und mit mineralischem Mulch beschrieben und erläutert (Kap. 2). Anschließend folgt die Beschreibung von Material und Methoden der Untersuchungen (Kap. 3). Die Messergebnisse werden in Kap. 4 zunächst für das Mikroklima und dann für die Biodiversität dargestellt. Dabei werden signifikante Unterschiede zwischen den Grünflächentypen besonders hervorgehoben. Kap. 5 enthält eine Diskussion der Ergebnisse sowie die vergleichende Gesamtbewertung und das „Ranking“ der Grünflächentypen. Zudem werden Handlungsempfehlungen für eine klimaangepasste und biodiversitätsfreundliche Begrünung von Siedlungen formuliert. Dazu gehören auch Beispiele für rechtliche Vorgaben (Gestaltungssatzung), Beratung und Förderprogramme. Kap. 6 enthält das abschließende Fazit.

## Literaturverzeichnis

- Heinrich, A. (2019). *Klimawandel und urbaner Hitzeinseleffekt*. Masterarbeit Universität Zürich. Von [https://www.curem.uzh.ch/dam/jcr:bd23177a-41a7-433b-9649-bd6fa0e38289/Heinrich\\_Aliya\\_AbAr\\_Lg18-19.pdf](https://www.curem.uzh.ch/dam/jcr:bd23177a-41a7-433b-9649-bd6fa0e38289/Heinrich_Aliya_AbAr_Lg18-19.pdf) abgerufen
- Hietel, E. (2022). *Stadtökologie - Unterlagen zur Vorlesung*. TH Bingen, unveröffentlicht.
- Hietel, E., Panferov, O., Rößner, U., Seelos, K., Lorenz-Haas, C., Warnecke, B. & Wustmann, J. (2020): *Semi-intensive Dachbegrünung - Ein innovatives Klimaanpassungs- und Umweltschutzinstrument*. – *Transforming Cities*, H. 3 / 2020, S. 64-71.
- Obrist, M., Thomas, S., Robert, H., Sandra, G., Fabio, B., Michael, N., Peter, D. (2012). *Biodiversität in der Stadt - Für Mensch und Natur. Merkblatt für die Praxis*. WSL Birmensdorf.
- Rupp, J. (2021). *Grüne Stadt der Zukunft - klimaresiliente Quartiere in einer wachsenden Stadt*. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Von [https://www.ioew.de/projekt/gruene\\_stadt\\_der\\_zukunft\\_klimaresiliente\\_quartiere\\_in\\_einer\\_wachsenden\\_stadt](https://www.ioew.de/projekt/gruene_stadt_der_zukunft_klimaresiliente_quartiere_in_einer_wachsenden_stadt) abgerufen

## 2 Stand des Wissens

### 2.1 Schottergärten

*Antonia Blumrich und Linnea-Marie Wenig*

#### 2.1.1 Definition

Ein Schottergarten bezeichnet eine Gartenfläche, die großflächig mit Steinmaterial unterschiedlicher Größe bedeckt ist, die sowohl scharfe Kanten als auch Rundungen aufweisen können. Beispielhaft wird dafür Schotter, Geröll, Kies oder Splitt verwendet (s. Abb. 1). Das Material kann verschiedene Farbschattierungen von weiß, rötlich, braun, grau bis schwarz aufweisen.

Häufig werden Schottergärten vereinzelt mit Bepflanzungen versehen (s. Abb. 2), die robust und trockenresistent sind (Ferber, 2021).

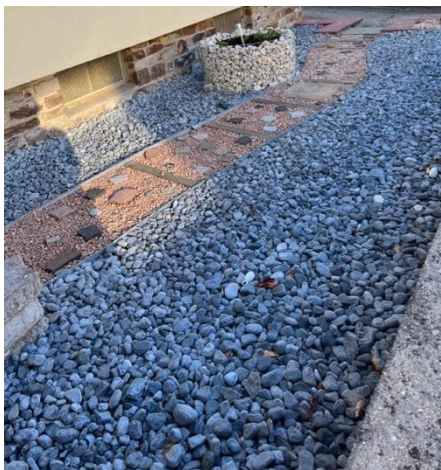


Abbildung 1: Schottergarten  
(Eigene Aufnahme A. Blumrich)



Abbildung 2: Bepflanzter Schottergarten  
(Eigene Aufnahme A. Blumrich)

#### 2.1.2 Anlage eines Schottergartens

Um einen Schottergarten anzulegen, wird die oberste Bodenschicht abgetragen und anschließend mit einer Folie, einem Vlies oder einer Betonschicht versehen, um das Durchdringen sowie das Wachstum von Unkräutern und eingetragenen Pflanzen zu verhindern. Auf dieser Abdichtungsschicht wird Schotter, Splitt oder ähnliches aufgebracht.

Ca. 40 % der Deutschen besitzen einen Vorgarten, davon sind 15 % überwiegend versiegelt, zum Beispiel durch die Errichtung eines Schottergartens (Wichmann, 2021).

Grundstückseigentümer legen Schottergärten häufig als Vorgärten an, da sie sich, im Vergleich zu einem bepflanzten Vorgarten, einen geringeren Pflegeaufwand sowie

eine saubere Ästhetik erhoffen (Ferber, 2021). Aber auch in Schottergärten wächst mittelfristig Unkraut auf, das dann schwierig zu beseitigen ist.

### 2.1.3 Abgrenzung der Schottergärten

Neben dem Anlegen von Schottergärten sind ebenfalls immer häufiger Steingärten oder gepflasterte Vorgärten zu finden, die sich untereinander maßgeblich unterscheiden.

Die gepflasterten Vorgärten (s. Abb. 3) sind oft reine Funktionsflächen, denn sie dienen zum Beispiel als Stellplatz für Autos oder als eine Art Hof, der großflächig versiegelt ist. Der ursprüngliche Boden wird um ca. 50-80 cm abgetragen, durch ein Schottergemisch ersetzt und mit einer Ausgleichsschicht aus Sand oder Splitt versehen, auf die der Belag aus Pflastersteinen oder Beton kommt (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 2021).

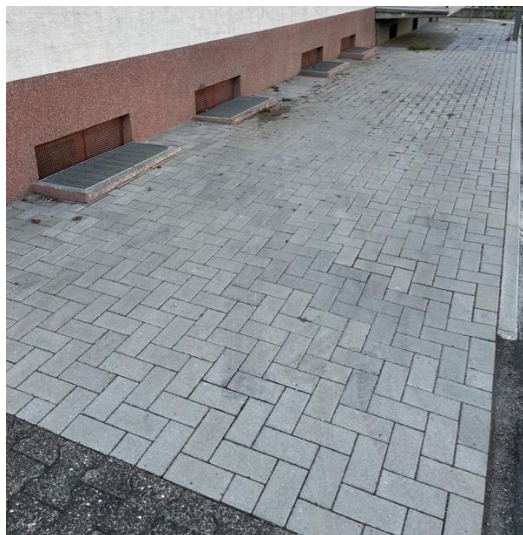


Abbildung 3: Gepflasterter Vorgarten  
(Eigene Aufnahme A. Blumrich)

Doch trotz des aufgeräumten Erscheinungsbilds der gepflasterten Vorgärten ist eine regelmäßige Pflege wie das Säubern der Pflastersteine oder das Auskratzen der Fugen notwendig.

Der Steingarten, der irrtümlicherweise häufig mit dem Schottergarten verwechselt wird, ist mit Steinen angelegt und Bepflanzungen versehen (s. Abb. 4). Verwendet werden Felsgestein mit kantigen Formen, Natursteine oder rundliche Findlinge aus Gletschergebieten in verschiedenen Größen.

Im Vergleich zu Schottergärten oder den gepflasterten Vorgärten bietet der Steingarten einen Lebensraum für Tiere und ist zudem weniger pflegeintensiv. (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 2021).



Abbildung 4: Steingarten  
(Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, 2021)

#### 2.1.4 Stand des Wissens

Durch das Anlegen von Schottergärten ergeben sich zahlreiche Nachteile, die unter anderem das Landschaftsbild, die Biodiversität, den Boden oder den Wasserhaushalt betreffen und im Folgenden näher betrachtet werden.

##### 2.1.4.1 Landschaftsbild

Die hier angeführte Bewertung des Landschaftsbildes beruht auf subjektiven Wahrnehmungen und ist stark abhängig von der Gestaltung eines Schottergartens und dem individuellen Empfinden. Da es nicht möglich ist, die Gestaltungsvielfalt, die in der Praxis vorliegt, zu beschreiben, wird eine allgemeine Einschätzung abgegeben.

Schottergärten werden häufig in der Gestaltung privater Vorgärten oder öffentlicher Grünflächen eingesetzt, hier können diese das Straßenbild erheblich beeinträchtigen. So werden alle Aspekte zur Bewertung des Landschaftsbildes eher negativ beeinflusst. Die Flächen sind optisch von gleichfarbigen Steinen bedeckt und Pflanzen sind nicht oder nur vereinzelt eingebracht, somit sind die Strukturen eher monoton und es liegt keine Vielfalt vor. Dieser Faktor beeinträchtigt auch den Aspekt der Schönheit, obwohl dieser sehr von dem individuellen Empfinden abhängt. Der Erholungswert der Fläche kann auch als eher gering eingeschätzt werden.

Die Gestaltung mit Schotter als dominierendes Material bietet keine Grundlage zum Aufenthalt, denn Menschen können sich beispielsweise nicht auf den Boden setzen und es gibt meist keinen Schatten. Die Eigenart hängt sehr von der Gestaltung der umliegenden Flächen ab, man kann aber allgemein feststellen, dass sich Schotter

optisch kaum von asphaltierten Straßen, Mauern und Häusern absetzt und so das Straßenbild oft eintönig wirken lässt.

#### 2.1.4.2 Abiotik

Das Abtragen der obersten Bodenschicht und das Einbringen von Folie oder Vlies stellt eine Bodenversiegelung dar, sodass der Niederschlag nicht mehr versickern kann, sondern oberflächlich abfließt und dadurch nicht mehr zur Grundwasserneubildung beiträgt (Ferber, 2021). Im Zuge des Klimawandels treten Starkregenereignisse zunehmend häufiger auf, sodass Schottergärten zu einer Überlastung der Entwässerungssysteme und Hochwasserschäden, zum Beispiel an Gebäuden, führen können (s. Abb. 5) (Diehl, 2021).

Das Mikroklima (Strahlung, Wind, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag) wird bestimmt durch die Wechselwirkung von atmosphärischer Zirkulation und regionalen bzw. lokalen Landschaftseigenschaften. In der Literatur lässt sich für Schotter je nach Färbung meist ein relativ niedriges Reflexionsvermögen (Albedo) von 5-10 % finden (Klimaatlas Stuttgart, 2004), was bedeutet, dass die Steine mehr Strahlungsenergie absorbieren und damit am Tag, im Vergleich zu anderen Oberflächen sich mehr erwärmen. Diese Eigenschaft ist stark von der Helligkeit der verwendeten Mineralien abhängig, denn weiße Steine reflektieren mehr Strahlung als graue Steine.

Durch die fehlende Vegetation in Schottergärten wird der Umgebungsluft kein Wasser durch die Transpiration zugeführt. Es stellt sich keine Verdunstungskühle ein und die Luftfeuchte kann entsprechend niedriger werden als über eine Oberfläche mit Vegetation.

(GrAT 2009)

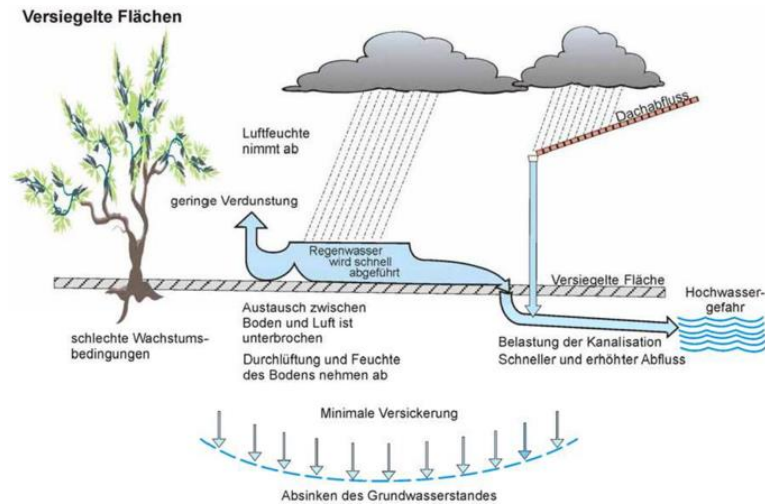


Abbildung 5: Mikroklimatische Folgen der Bodenversiegelung

Liegen die Steine direkt auf dem Erdboden auf, kann es dazu kommen, dass Regenwasser schnell versickert, da ohne Vegetation der Prozess nicht abgepuffert wird. Das Wasser verweilt nicht in den oberen Bodenschichten und kann nicht verdunsten (GrAT, 2009).

#### 2.1.4.3 Flora und Fauna

Schottergärten stellen ein Problem für das innerstädtische Ökosystem dar, denn auf ihnen wachsen nur sehr widerstandsfähige, spärliche Pflanzen, womit sie als Lebensraum für Tiere und Pflanzen weitgehend ungeeignet sind und nicht zum gewünschten Biotopverbundsystem beitragen (Ferber, 2021). Häufig werden Bambus, Rhododendron, Kirschlorbeer oder einzelne Töpfe mit Buchsbaum gepflanzt, die für Insekten und Vögel kaum Nahrung bereitstellen, keine Nistmöglichkeiten und auch kein Versteck oder Unterschlupf, für zum Beispiel Kleinsäuger, bieten (NABU; Diehl, 2021). Um die Fläche von Unkraut freizuhalten, werden teilweise Pestizide verwendet, um das Wachsen von unerwünschten Pflanzen zu verhindern, doch dadurch wird die Lebensraumqualität weiter erheblich eingeschränkt (NABU).

Durch die Versiegelung des Bodens ergeben sich ebenfalls Nachteile für den darunterliegenden Boden, denn dessen natürliches Bodengefüge wird beeinträchtigt und teilweise sogar ganz zerstört, sodass der Luft- und Nährstoffaustausch nicht mehr stattfinden kann. Allgemein gehen die natürlichen Funktionen des Bodens sowie die Bodenfruchtbarkeit verloren, wodurch die Bodenlebewesen zunehmend beeinträchtigt werden, sowohl in der Menge der Zusammensetzung als auch in Bezug auf mögliche Interaktionen (NABU; Diehl, 2021).

Schottergärten sind somit dafür verantwortlich, dass die Biodiversität in innerstädtischen Ökosystemen zurückgeht. Die quantitativen Auswirkungen auf die Biodiversität werden genauer in Kapitel 4 analysiert und diskutiert.

#### 2.1.5 Forschungsbedarf

Zur Zeit der Recherche gibt es zwar sehr viele Veröffentlichungen zu Schottergärten allgemein, allerdings kaum wissenschaftliche und fundiert auf realen Messungen beruhende Veröffentlichungen zu den ökologischen und mikroklimatischen Auswirkungen von Schottergärten. Die vorhandene Literatur stammt hauptsächlich von Naturschutzverbänden und beruht nicht auf wissenschaftlich erforderlichen Messungen, sondern auf der Interpretation allgemein gültiger Zusammenhänge. Dieser Umstand verdeutlicht die Relevanz der im Folgenden beschriebenen Untersuchungen.

##### Literaturverzeichnis

- Diehl (2021): Schottergärten-Stein(e) des Anstoßes, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
- Ferber (2021): Kommunale Instrumente gegen Schottergärten, Springer-Verlag
- GrAT (2009): Nachhaltige Freiraumgestaltung - mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich, einsehbar unter:  
[https://www.naturimgarten.at/files/content/4.%20GARTENWISSEN/Studien%20C%20Umfragen%20und%20Diplomarbeiten/studie\\_nachhaltige\\_freiraumgestaltung\\_mittels\\_oekologischer\\_und\\_oekonomischer\\_lebenszyklusbewertung\\_von\\_bodenbelaeagenim\\_aussenbereich\\_grat\\_2009.pdf](https://www.naturimgarten.at/files/content/4.%20GARTENWISSEN/Studien%20C%20Umfragen%20und%20Diplomarbeiten/studie_nachhaltige_freiraumgestaltung_mittels_oekologischer_und_oekonomischer_lebenszyklusbewertung_von_bodenbelaeagenim_aussenbereich_grat_2009.pdf)
- Klimaatlas Nachbarschaftsverband Stuttgart 1992, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (2004), URL: [https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima\\_klimaatlas\\_5\\_grund](https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_klimaatlas_5_grund) (Stand: 29.06.2022)
- Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg e.V. (2021): Schottergärten-Gärten des Grauens
- NABU: Der Schottergarten-Negativtrend mit ökologischen Folgen
- Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (2021): Vorgarten: Schottergarten, Pflaster oder Bepflanzung?

- Wichmann (2021): Die Verbreitung von Schottergärten in drei nördlichen Ortsteilen der Gemeinde Stuhr, sowie deren Einfluss auf die Bodenfunktion, Universität Oldenburg

## 2.2 Rasen

*Vivian Rocha und Moritz Beck*

### 2.2.1 Definition

Rasenflächen spielen im Siedlungsbereich eine große Rolle (Beier et al., 2003). Rasen sind rund um Häuser, Wohnungen, Geschäftsgebäude und Büros üblich. Auch viele Gärten, Grünanlagen und Stadtparks verfügen über große Rasenflächen. Der Zierrasen (s. Abb. 6) hat eine geringe Widerstandsfähigkeit und erfordert eine intensive Pflege, sodass diese Art von Rasen vorrangig zu ästhetischen Zwecken verwendet wird (Beier et al., 2003).



Abbildung 6: Zierrasenfläche in einem Privatgarten

Zierrasen zeichnet sich durch eine dichte Grasnarbe aus, dünnblättrige Gräser, eine niedrige Schnitthöhe und häufige Mahd (Mulchen) (Seipel, 2010). Da Zierrasen fast nur aus wenigen Grasarten bestehen, sind sie anfällig für Krankheiten und erfordern Unkrautbekämpfung (Hope, 1983). Sie benötigen auch viel Dünger. Sehr kurze Mahdintervalle von teilweise nur fünf bis sieben Tagen sind erforderlich, um eine Länge von fünfzehn bis fünfundzwanzig Millimetern zu gewährleisten (Grosser und Himmelhuber, 1997). In Privatgärten werden oft Mahdroboter eingesetzt. Der Zierrasen benötigt außerdem viel Wasser, sodass in Trockenzeiten Bewässerung gewährleistet sein muss. Wegen des Klimawandels kann dies in Zukunft zu einem großen Problem werden (s. Abb. 7).

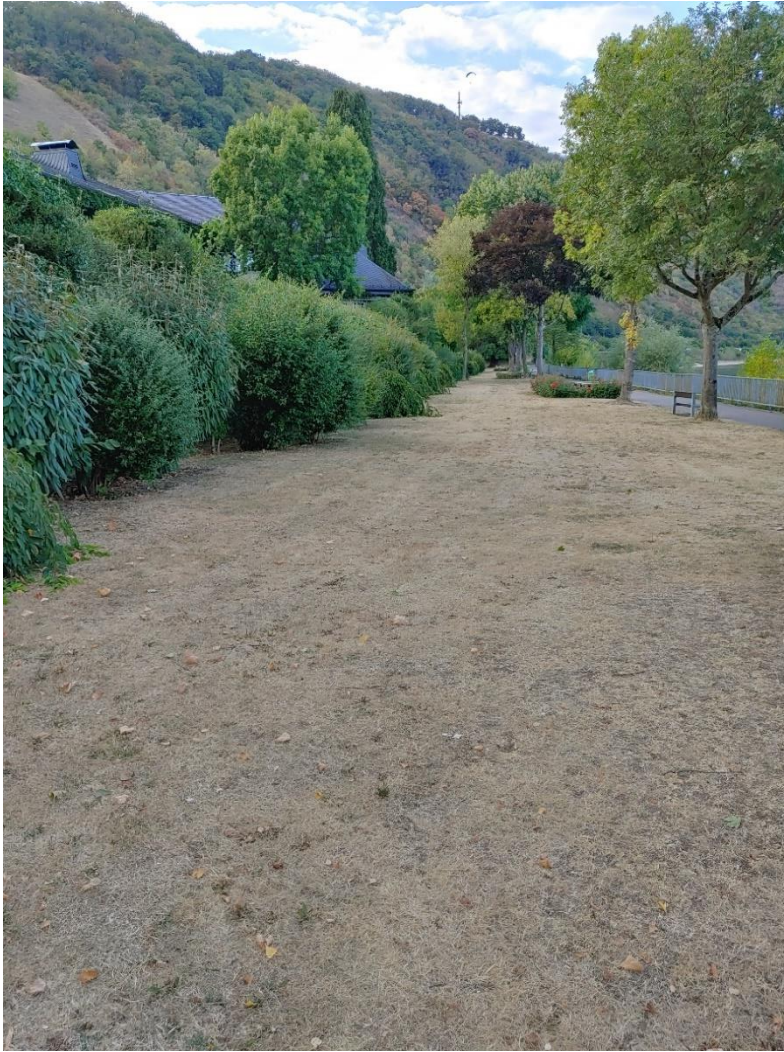


Abbildung 7: Vertrockneter Zierrasen in Bopparder Rheinanlagen nach Dürre im September 2022

### 2.2.2 Abgrenzung

Zierrasen ist im Vergleich zu anderen Rasentypen sehr pflegeintensiv und dazu nicht stark belastbar (s. Abb. 8). Er ist keine Nutzfläche und soll „nur schön“ aussehen, also als Repräsentationsfläche dienen. Die Vorstellung von dieser ansehnlichen Repräsentationsfläche sind eine dichte, teppichartige und kurze Rasennarbe (Lampe, 2017)



Abbildung 8: Pflegeintensität und Belastbarkeit verschiedener Rasentypen (Lampe, 2017, verändert)

Bei anderen Rasentypen wie zum Beispiel einem Landschaftsrassen oder einer Blumenwiese fällt weniger Pflege an, da diese weitaus weniger häufig gemäht werden. Zudem enthalten sie einen höheren Kräuteranteil. Blumenwiesen werden nur ein- bis zweimal im Jahr gemäht, werden nicht bewässert oder gedüngt. Dadurch kann sich höhere Vegetation mit einer Blütenschicht ausbilden, was sich positiv auf die Biodiversität auswirkt.

Weitere Rasentypen sind Sport- und Spielrasen. Diese benötigen ebenfalls intensive Pflege. Sie werden häufig gemäht und weisen kaum Blüten auf. Im Gegensatz zum Zierrassen sind sie aber sehr belastbar, insbesondere der Sportrasen. Die Biodiversität ist hier wegen der hohen Pflegeintensität und der fehlenden Blütenschicht ebenfalls gering.

### 2.2.3 Ökologische Wirkungen (Abiotik, Fauna, Flora, Landschaftsbild)

Typische Rasengräser sind Rotschwingel (*Festuca rubra*) oder feinblättrige Sorten des Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne*) (s. Abb. 9 und 10) (Grosser und Himmelhuber, 1997).



Abbildung 9: Festuca rubra  
(Plantura Magazin)



Abbildung 10: Lolium perenne  
(Plantura Magazin)

Kräuter fehlen überwiegend, oft finden sich z.B. nur Gänseblümchen (*Bellis perennis*) oder andere sehr häufige Arten wie der Kleinköpfige Pippau (*Crepis capillaris*). Eine typische Pflanzengesellschaft bildet z.B. der Gänseblümchen - Rotschwengel-Parkrasen (*Festuco commutatae – Crepidetum capillaris*) (Rausch, 2022).

Artenarmut, häufige Mahd sowie eventueller Pestizideinsatz und Düngungen führen zu Belastungen des Bodens sowie Verlust von Lebensraum für Flora und Fauna. Insbesondere Zierrasenflächen sollen repräsentative und gepflegt aussehen, auf das Landschaftsbild wirken sie jedoch eher monoton, auch durch das Fehlen einer Blütenschicht.

Der Artenreichtum kann durch alternierendes Mähen oder Aussparen von Randbereichen gefördert werden. Die Erneuerung und Nachsaat von Rasen sollte mit artenreichen Saatmischungen erfolgen (Hope, 1983). Dabei ist die Verwendung von autochthonem Saatgut (Regiosaatgut) wünschenswert.

In Städten können große Rasenflächen in der Sommerhitze für einen spürbaren Kühleffekt sorgen, denn durch Evapotranspiration entsteht Verdunstungskälte, die Luft wird gekühlt und befeuchtet. Rasen kann auch Regenwasser speichern und es

langsam wieder an den Boden oder die Atmosphäre abgeben. Dies ist jedoch abhängig von der Dichte und Höhe der Vegetation.

#### Literaturverzeichnis

- Beier, H.E., Niesel, A., Pätzold, H. (2003), Lehr- und Taschenbuch für den Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN 3-8001-4447-6.
- Braune, M. (2017), Gräser-Vorstellung: Lolium Perenne - Deutsches Weidelgras, Rasensamen. <https://www.rasensamen-kaufen.de/graeser-vorstellung-lolium-perenne-deutsches-weidelgras.html>
- Degenbeck, M., (2007), Basiswissen Rasenbau - Anlage und Pflege von Rasenflächen, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abteilung Landespflege.  
[https://www.gartenakademie.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/943E55E5BC2732D9C125783B0051E232/\\$FILE/DEGARasenbau.pdf](https://www.gartenakademie.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/ALL/943E55E5BC2732D9C125783B0051E232/$FILE/DEGARasenbau.pdf)
- Grosser, W., Himmelhuber, P. (1997), Rasen: Zierrasen, Spielrasen, Blumenwiese, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN 3-8001-6609-7.
- Hope, F. (1983), Rasen: Anlage und Pflege von Zier-, Gebrauchs-, Sport- und Landschaftsrasen, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, ISBN 3-8001-5038-7.
- Lampe, C.S. (2017), Rasentypen, Hortipendium, Das Grüne Lexikon.  
Verfügbar auf: <http://www.hortipendium.de/Rasentypen>
- Plantura Magazin, Festuca rubra: Eigenschaften & Verwendung des Rotschwingels. <https://www.plantura.garden/rasen/sorten/festuca-rubra>
- Rausch, R. (2022), Botanik. <https://oekologie-seite.de>
- Seipel, H. (2010), Fachbegriffe des Garten- und Landschaftsbaus, Stuttgart, Holland+Josenhans Verlag, ISBN 978-3-7782-7561-3.

## 2.3 Wildblumen- bzw. Insektenwiesen

*Felix Schön und Michael Bartz*

### 2.3.1 Begriffsbestimmung

Wildblumen- bzw. Insektenwiesen sind artenreiche Formen von Wiesen, die eine Vielzahl von Blühpflanzen aufweisen. Wildblumenwiesen sind in den vergangenen Jahrhunderten durch eine extensive Landwirtschaft entstanden. Durch Beweidung mit Nutztieren oder Mahd wurden den Flächen regelmäßig Nährstoffe entzogen und diese somit ausgemagert. Konkurrenzschwache Arten konnten somit aufgrund der Nährstoffarmut mit wüchsigeren Arten konkurrieren und sich auf Wildblumenwiesen bzw. Magerwiesen etablieren (Nationale Naturlandschaften 2020). Wie andere Offenland-Biotope sind Wildblumenwiesen in Deutschland heute auf anthropogene Nutzung angewiesen und durch diese entstanden, da wildlebende Megaherbivoren heutzutage fehlen (Unterweger 1989). Um eine Verbrachung zu verhindern, ist daher eine Mahd einmal jährlich oder bei den typischen Flachland-Mähwiesen auch zweimal (im Juni nach der ersten Blüte und je nach Witterung nochmals im Herbst) bzw. eine Beweidung als Standweide mit einer geringen Anzahl an Großvieheinheiten bzw. als kurzzeitige Umtriebsweide erforderlich (Nationale Naturlandschaften). Die Nährstoffarmut ermöglicht eine große floristische Artenvielfalt, die das Vorkommen von verschiedenen Insektenarten, darunter Rote-Liste-Arten, begünstigt bzw. bei oligolektischen Wildbienenarten überhaupt erst ermöglicht (Ruoff 2011).

### 2.3.2 Abgrenzung

Wildblumen- bzw. Insektenwiesen lassen sich durch ihre hohe Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten, die durch ihre große Strukturvielfalt ermöglicht wird, von anderen Wiesenarten abgrenzen (Briemle & Fink 2002). Um einer Vielzahl von verschiedenen Lebewesen Lebensraum bieten zu können, muss eine hohe Dichte von Pflanzenarten gegeben sein. Nur so finden Insekten, Vögel und kleinere Säugetiere ausreichend Nahrung und Lebensraum (s. Abb. 11). Im Gegensatz dazu weist ein Zier- oder Nutzrasen nur eine sehr geringe floristische Artenvielfalt auf. Er besteht meist aus wenigen Gras- und anderen Pflanzenarten, die durch regelmäßige Mahd eine maximale Wuchshöhe von etwa 10 cm erreichen (Wolf 1996). Doch selbst auf weniger streng gepflegten Nutzwiesen (bspw. Wiesen in Parks oder an Seen) befinden sich meist neben Gräsern nur wenige Kleearten und tritttolerante Pflanzen wie bspw.

Gänseblümchen. Weiterhin werden diese Rasenflächen regelmäßig gemäht. So wird eine Blüte der Pflanzen häufig verhindert, und somit die Samenbildung unterbunden. Außerdem muss eine Abgrenzung zu intensiv landwirtschaftlich genutzten Wiesen beachtet werden. Diese Wiesen werden häufig für die Silageherstellung genutzt. Dafür werden eiweißreiche Pflanzen wie Kleearten und andere Gräser eingesät und mehrfach im Jahr gemäht. Damit die Flächen nicht ausmagern, wird regelmäßig die Gülle der Nutztiere als Dünger auf die Wiesen aufgebracht. Bei dieser Art der Silagewiese trifft eine geringe Artenvielfalt auf eine hohe Nährstoffkonzentration (Heute 2014).



Abbildung 11: Artenreiche Mähwiese

### 2.3.3 Wissensstand

#### **Abiotik**

Je nach Ausprägung der abiotischen Faktoren wie Wasserverfügbarkeit, Temperatur, Nährstoffverfügbarkeit oder Exposition sind auch Wildblumenwiesen unterschiedlich ausgeprägt. Extensive Feuchtwiesen sind ebenfalls sehr artenreich, jedoch ist der Biomasse-Aufwuchs viel höher als auf Magerwiesen trockener Standorte (Humboldt Universität Berlin, 2019).

Auf nährstoffarmen, mageren und trockenen Standorten entwickeln sich über die Zeit bei entsprechender Bewirtschaftung sehr vielfältige Mager- und Trockenrasen aus (Abfalter et al.).

Werden intensiv genutzte Wiesen, die eine hohe Nährstoffverfügbarkeit aufweisen, extensiviert, setzen sich häufig wenige, sehr konkurrenzstarke Arten durch und dominieren die Flächen, so dass die Artenvielfalt gering bleibt. Hier ist eine Einsaat mit konkurrenzfähigen Arten (Regiosaatgut bzw. Saatgutübertragung von benachbarten artenreichen Wiesen) oder eine Ausmagerung der Fläche mittels Sandes empfehlenswert, um eine hohe Artenvielfalt zu erzielen.

## **Fauna**

Wiesenarten, die als Insektenwiese bezeichnet werden können, weisen aufgrund ihrer strukturellen Vielfalt eine hohe Diversität in Pflanzen- und Tierarten auf. Unterschieden werden Blüten-, Blatt- und Stängel-, Streu- und Bodenschicht, während bei Rasen die Blütenschicht fehlt und die anderen Schichten nur rudimentär ausgebildet sind. Nur auf Grundlage einer vielfältigen Flora, kann sich auch eine hohe Biodiversität in der Fauna entwickeln. Viele Insektenarten sind auf einzelne oder wenige Pflanzen spezialisiert, und können nur Lebensraum finden, wenn diese Pflanzenarten in einem Biotop vorhanden sind. Am Beispiel der in Deutschland heimischen Wildbienen lässt sich das exemplarisch verdeutlichen. So konnten auf extensiv genutzten Wiesen ein Großteil der heimischen Wildbienenarten gefunden werden, unter ihnen sogar 11 Arten, die als gefährdet eingestuft sind oder sich bereits auf der Vorwarnliste finden. Auf intensiv genutzten Flächen, die häufig gemäht werden und als Zier- oder Nutzrasen Verwendung finden, konnte keine dieser 11 Arten gefunden werden (Rouff 2011).

Eher nachteilig wirken sich anthropogen angelegte Blühwiesen oder Ackerrandstreifen mit einer geringeren Artenvielfalt und nicht heimischen Pflanzenarten, z.B. mit Phacelia oder Sonnenblumen, aus. Hier werden trotz hoher Anzahl an Blüten meist nur Honigbienen oder andere Generalisten gefördert, die anders als Wildbienen nicht auf eine spezielle Flora angewiesen sind (Ramseier et al. 2016).

In mehrjährigen Wiesen werden zusätzlich besonders Vögel und Säugetiere gefördert. Gerade Unkrautsamen fressende Vogelarten wie Stieglitze, Bluthänflinge und andere Finkenarten sowie Feldsperlinge, finden in den Wiesen ausreichend Samen und Insekten als Nahrung (Nabu BW, Birdlife AT). Kleine Säugetiere wie Igel, Spitzmäuse

oder sogar je nach Gewässerverfügbarkeit Reptilien wie Blindschleichen oder Ringelnattern finden ebenfalls eine Nahrungs- und Lebensgrundlage (Deutsche Wildtierstiftung). Dafür ist es allerdings unabdingbar, dass die Wiesen mehrjährig bestehen können.

## **Flora**

Die Flora von Wildblumenwiesen ist je nach Standort unterschiedlich stark ausgeprägt, so können auf einer extensiv genutzten Wiese ca. 50 oder mehr Pflanzenarten vorkommen (s. Abb. 12) (Rieger-Hoffmann). Typische Arten auf einer solchen extensiv genutzten Wiese mittlerer und trockener Standorte sind:

- Echtes Johanniskraut (*Hypericum perforatum*)
- Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*)
- Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*)
- Acker-Witwenblume (*Knautia arvensis*)
- Wiesen-Margerite (*Leucanthemum vulgare*)
- Wilde Möhre (*Daucus carota*)
- Kleiner Klappertopf (*Rhinantus minor*)
- Rote Lichtnelke (*Silene dioica*)
- Wiesen-Salbei (*Salvia pratensis*)
- Echtes Labkraut (*Galium verum*)



Abbildung 12: Wildblumenwiese auf trockenem Standort bei Schiesheim (eigene Aufnahme)

Aber auch viele Gräserarten kommen auf Wildblumenwiesen vor (Ollig). Werden Wildblumenwiesen ein- bis zweimal im Jahr nach der Blüte gemäht, so wird das Aussamen der Pflanzen ermöglicht und zeitgleich der natürlichen Sukzession entgegengewirkt (Nationale Naturlandschaften). Nach der Mahd sollte das Schnittgut innerhalb weniger Tage von der Fläche entfernt werden, um diese weiter auszumagern, aber auch um die Wildblumen nicht von Licht und Sauerstoff abzutrennen (Syringa-Pflanzen).

### **Landschaftsbild**

Ein Landschaftsbild entsteht durch die Wahrnehmung der visuellen Eindrücke, Gerüche und Geräusche, die die Umgebung erzeugt. Die Wahrnehmung eines Menschen ist immer individuell und somit auch die Einschätzung und Bewertung (NLWKN Niedersachsen).

Wildblumenwiesen können in allen Teilbereichen der Kulturlandschaft und insbesondere auch in Siedlungsbereichen das Orts- und Landschaftsbild erheblich verbessern. Die Schutzgüter des Landschaftsbildes (Vielfalt, Eigenart, Schönheit, Erholungswert) werden von Wildblumenwiesen unterschiedlich tangiert: Die Vielfalt wird, wenn artenreiche Wildblumenwiesen in umgebende Strukturelemente wie Hecken, Bäume oder Parks integriert werden, in hohem Maße positiv beeinflusst. Die

Eigenart bzw. Unverwechselbarkeit einer Wildblumenwiese ist hingegen nicht als sehr hoch einzustufen, da diese wie eine Rasenfläche in jeder Region wachsen würde. Anders ist es nur, wenn die Wildblumenwiese regional typische und charakteristische Pflanzenarten aufweist. Die Schönheit der Landschaft wird durch die Neuanlage von Wildblumenwiesen sehr stark verbessert. Dies ist vor allem in Siedlungsbereichen zu erkennen, die vor einer Neuanlage lediglich als trist und grau charakterisiert waren, dann aber durch die vielen Blühpflanzen nicht nur farblich aufgewertet wurden. Der Erholungswert von großflächig angelegten Wildblumenwiesen ist als mittelmäßig zu bewerten. Im Gegensatz zu Rasenflächen ist der Zugang zu Wildblumenwiesen durch den höheren Bewuchs stark eingeschränkt und Freizeitaktivitäten wie Sport oder Sonnenbaden nicht möglich. Eine hohe Bewertung des Erholungswertes lässt sich durch einfache Anpassungen in der Neuanlage von Wildblumenwiesen erreichen: So können anstatt großräumiger Flächen kleinere Blühinseln oder sogar Blüh-Labyrinth angelegt werden, die die Vorteile von Rasenflächen und Wildblumenwiesen kombinieren und im Fall des Blüh-Labyrinths eine weitere Erholungsmöglichkeit bieten.



Abbildung 13: Blüh-Labyrinth bei Diez  
(Quelle FNP)

## Literaturverzeichnis

- Abfalter, A., et al, Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung durch abgestuften Wiesenbau  
<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/2021-abgestufter-wiesenbau.pdf>, 24.06.2022, 20:59
- Birdlife AT, Der Feldsperling: nicht nur in Feld und Flur zuhause,  
<https://www.birdlife.at/blog/aktuelles-zur-vogelwelt-1/post/der-feldsperling-nicht-nur-in-feld-und-flur-zu-hause-50>, 24.06.2022, 18:45
- Briemle, G, Fink, C. (2002): Wiesen, Weiden und anderes Grünland: Biotope erkennen, bestimmen und schützen. – Stuttgart
- Deutsche Wildtierstiftung, Ringelnatter: Eine der häufigsten heimischen Schlangen  
<https://www.deutschewildtierstiftung.de/wildtiere/ringelnatter>, 24.06.2022, 21:21
- FNP (2021), Mit den Insekten auf Augenhöhe,  
<https://www.fnp.de/lokales/limburg-weilburg/diez-ort901855/diez-mit-den-insekten-auf-augenhoehe-90904549.html>, 25.06.2022, 13:23
- Harms, A., NLWKN, Landschaftsbild,  
[https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/landschaftsplanung\\_beitrage\\_zu\\_anderen\\_planungen/landschaftsplanung/landschaftsbild/-46154.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/landschaftsplanung_beitrage_zu_anderen_planungen/landschaftsplanung/landschaftsbild/-46154.html), 24.06.2022, 20:59
- Heute, F., Grünland und Landwirtschaft  
<https://www.wildoekologie-heute.de/reviere/gr%C3%BCnland-landwirtschaft/> 24.06.2022, 19:54
- Humboldt-Universität Berlin (2019). Steckbrief für Niedermoorbewirtschaftung bei unterschiedlichen Wasserverhältnissen,  
[https://rs.cms.hu-berlin.de/boku/plugins/api\\_resource/?ref=638&key=jtq2bQxQQEyDZU45k54trdgDS3-Ed4yL1ANC-Lqh7go,&skey=971014cf0e41e38d403e5c475be06af6](https://rs.cms.hu-berlin.de/boku/plugins/api_resource/?ref=638&key=jtq2bQxQQEyDZU45k54trdgDS3-Ed4yL1ANC-Lqh7go,&skey=971014cf0e41e38d403e5c475be06af6) 24.06.2022, 19:35
- Klatt, M. (2016), Blumen für den Stieglitz  
<https://baden-wuerttemberg.nabu.de/news/2016/20520.html> 24.06.2022
- Nationale Naturlandschaften (2020), Fett- und Magerwiese,  
<https://nationale-naturlandschaften.de/aktuelles/2020/fett-und-magerwiese>, 24.06.2022, 19:57
- Ollig, W. (DLR RLP). Aussaatwürdige Gräser und Kräuter,

<https://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/b81d6f06b181d7e7c1256e920051ac19/0a8e06fb6ea91ca3c1256f3800337e29?OpenDocument>,  
24.06.2022, 19:58

Ramseier, H. et al (2016), Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen,

<https://doi.org/10.24451/arbor.6914>, 24.06.22, 19:40

Rieger-Hoffmann, Blumenwiese UG09 Zusammensetzung

[https://www.rieger-hofmann.de/sortiment-shop/mischungen/wiesen-und-saeume-fuer-die-freie-landschaft/01-blumenwiese/detailansicht-blumenwiese.html?tt\\_products%5BbackPID%5D=158&tt\\_products%5Bproduct%5D=5&cHash=1055347efb41bb235aeb3567524341de](https://www.rieger-hofmann.de/sortiment-shop/mischungen/wiesen-und-saeume-fuer-die-freie-landschaft/01-blumenwiese/detailansicht-blumenwiese.html?tt_products%5BbackPID%5D=158&tt_products%5Bproduct%5D=5&cHash=1055347efb41bb235aeb3567524341de), 24.06.2022, 21:01

Ruoff, L. (2011): Auswirkungen der Wiesenmahd auf die Wildbienenfauna

öffentlicher Grünflächen in Tübingen. Diplomarbeit. Evolutionsbiologie der Invertebraten –Tübingen.

Syringa-Pflanzen, Ohne Schnitt keine Blumen,

<https://www.syringa-pflanzen.de/ohne-schnitt-keine-blumen.html>, 24.06.2022,  
20:22

Unterweyer, W.-D. (1989), Die letzten Bauernwiesen, Herford: Busse-Seewald

## 2.4 Staudenpflanzungen

*Helen Faber und Patricia Rühl*

### 2.4.1 Definition

Stauden gehören zu den krautigen Pflanzen und blühen mehrjährig. Im Vergleich zu Sträuchern oder Bäumen verholzen die oberirdischen Pflanzenteile der Stauden nicht. Je nach Art der Staude überwintern sie in Form von Zwiebeln, Knollen oder Rhizomen, aber auch andere Wurzelspeicherorgane sind möglich. Diese Teile der Pflanze können unter der Erdoberfläche, aber auch knapp über der Erdoberfläche liegen, dadurch ist ein Austrieb in der kommenden Vegetationsperiode möglich. Einige Stauden gehören auch zu den wintergrünen oder immergrünen Arten.

### 2.4.2 Systematik der Stauden

Im Allgemeinen werden die Stauden aufgrund ihrer unterschiedlichen Lebensbereiche in sieben Kategorien aufgeteilt. Zum einen gibt es die **Waldstauden**, die am besten im Schutz von Bäumen und Sträuchern wachsen. Sie nutzen das Herbstlaub als Schutz vor Frost und blühen bereits am Anfang des Jahres, wenn die Bäume noch keine Blätter haben. Zu den typischen Waldstauden zählen zum Beispiel Elfenblumen (*Epimedium*), Waldmeister (*Galium odoratum*) oder Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*). Zum anderen gibt es die **Gehölzstauden** (Waldrand- oder Halbschattenstauden), die an offenen Gehölzrändern wachsen und halbschattige Standorte bevorzugen. Die Gehölzstauden blühen ebenfalls sehr früh im Jahr und bilden dichte Blüten- und Blatteppiche. Als Beispiel wäre hier der Pyrenäen-Storchschnabel (*Geranium pyrenaicum*) und der Blaurote Steinsame (*Aegonychon purpureocaeruleum*) zu nennen. Eine weitere Kategorie sind die **Flächenstauden**, die meist auf sonnenexponierten, freien Standorten vorkommen. Als Schutz vor der Sonne bilden sie eine besonders ausgeprägte Cuticula (wachsartiger Überzug) über den eigentlichen Blättern. Sie vermeiden es, im Schatten und in unmittelbarer Nähe zu anderen Pflanzen zu wachsen. Zu den bekanntesten Flächenstauden zählen die Färberkamille (*Anthemis tinctoria*) und die Königskerzen (*Verbascum*). Die nächste Gruppe sind die **Steingartenstauden**. Sie entwickeln sich am besten in der Nähe von Gesteinen, da sie die Rückstrahlung durch die Steine für ein erfolgreiches Wachstum benötigen. Beispiele für die Steingartenstauden sind die Schleifenblumen (*Iberis*) und das Steinkraut (*Alyssum*). Als weitere Kategorie sind die **alpinen Stauden** zu nennen, die wie die Steingartenstauden die Nähe von Steinen aufgrund der Rückstrahlung

bevorzugen. Zu den bekanntesten Arten zählen der Enzian (*Gentiana*) und das Alpen-Edelweiß (*Leontopodium nivale*). Eine weitere Gruppe der Stauden sind die **Prachtstauden** (Beetstauden). Sie besitzen eine lange Blütezeit und außergewöhnliche Wuchs- oder Blattformen, wodurch sie sehr attraktiv für heimische Gärten sind. Die bekanntesten Prachtstauden sind die Rittersporne (*Delphinium*) und die Pfingstrosen (*Paeonia*). Die letzte Kategorie sind die **Uferstauden**, die als Standorte Flachwasserzonen, Sümpfe oder Überflutungsböden benötigen. Zur Kategorie der Uferstauden gehören die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) und der Wiesen-Knöterich (*Bistorta officinalis*).

Die Stauden können zusätzlich in **Schattenstauden** und in **Sonnenstauden** unterteilt werden. Die Schattenstauden benötigen für ein optimales Wachstum einen mäßig feuchten, lockeren, sowie humus- und nährstoffreichen Boden. Der Kalkgehalt des Bodens spielt für diese Gruppe keine Rolle. Die Sonnenstauden hingegen entwickeln sich am besten auf einem trockenen, gut dränierten und mageren, sowie nährstoffarmen Boden. Sie bevorzugen einen warmen und windgeschützten Bereich, sowie als Substrat einen kalkhaltigen Sand-Lehm-Boden.

#### 2.4.3 Standorte

Die wichtigsten Kriterien für eine erfolgreiche Staudenpflanzung sind die richtige Einschätzung des Wasserhaushaltes, des Bodens, der zu erwartenden Niederschlagsmengen und der Lichtverhältnisse der ausgewählten Bepflanzungsfläche. Der vorhandene Boden muss vor der Bepflanzung untersucht werden, ob er ein geeignetes Substrat für die Stauden darstellt. Die Verwendung einer Mulchschicht kann Staudenpflanzungen fördern. Am besten eignet sich ein durchlässiges Substrat aus anorganischem oder organischem Material wie Kies, Schotter, Sand, Split oder Rindenmulch. Dadurch verringert sich die Pflegeintensität, z.B. bei der Unkrautentfernung und bei der Bewässerung. Wichtig ist dabei die Einschätzung der teils extremen urbanen Faktoren, wie die hohe Hitzeabstrahlung von Bauwerken (z.B. durch Glasfenster) und Verkehrsflächen (z.B. Asphalt) sowie die Trockenheit.

#### 2.4.5 Pflanzung

Um Staudenpflanzungen anzulegen, können die Pflanzen gesät oder als bereits gewachsene Stauden in Topfballen in den Boden gesetzt werden. Werden die Stauden

gepflanzt, haben sie im Vergleich zur Saat einen Entwicklungsvorsprung. Durch Saat lassen sich insbesondere heimische Wildstauden etablieren, z.B. über die Verwendung von Regiosaatgut oder die Mahdgutübertragung von benachbarten, artenreichen Wiesen.

Beim Anlegen einer Staudenpflanzung sollten möglichst mehrere Staudenarten kombiniert werden. Dabei sollten zur Förderung der Biodiversität nicht nur exotische, sondern auch heimische Arten verwendet werden. Richtwerte geben eine Pflanzdichte von etwa acht Pflanzen pro Quadratmeter auf humosen Böden oder etwa fünf Pflanzen pro Quadratmeter auf humusarmen, trockenen Böden an.

Die meisten heimischen Staudenarten blühen hauptsächlich von Mai bis Juni. Damit die zu bepflanzende Fläche auch außerhalb dieser Zeiten ansprechend bleibt und z.B. von Bestäuberinsekten genutzt werden kann, sollte die Pflanzung mit frühbeziehungsweise spätblühenden Staudenarten sowie Geophyten (Pflanzen mit unterirdischem Speicherorgan wie z.B. einer Zwiebel) kombiniert werden. So wird die Phase, in der die Pflanzen blühen, verlängert. Im Winter sollten Fruchtstände der Stauden in Kombination mit wintergrünen Stauden Abwechslung schaffen und Lebensraum bieten.

#### 2.4.6 Pflege

Durch Verwendung von heimischen Staudenarten lässt sich der Pflegeaufwand im Vergleich zu exotischen Arten minimieren, da bei heimischen Arten meist die Nützlich-Schädling-Beziehung bereits etabliert ist und sie somit weniger anfällig gegenüber Schädlingen und Krankheiten sind. Allerdings können exotische Staudenarten, die beispielsweise hitzebeständiger und trockenresistenter sind, die Grünfläche besser an wechselnde klimatische Bedingungen und den Klimawandel anpassen.

Wichtig ist zudem das Entfernen des auf der Fläche wachsenden Unkrauts. Generell müssen nährstoffreiche, humose Standorte stärker gejätet werden als nährstoffarme. Ein Rückschnitt ist aus Sicht der Natur nicht notwendig, allerdings zu empfehlen, um die Attraktivität der öffentlichen Fläche zu erhalten. Dieser sollte möglichst im Frühjahr erfolgen, um die Überwinterungsorte von Insekten nicht zu beseitigen oder zu zerstören. Zusätzlich können so die getrockneten Fruchtstände einiger Stauden erhalten werden, die in Kombination mit anderen Staudenarten eine optisch schöne Kombination darstellen.

#### 2.4.7 Biodiversität und Mikroklima

Im Hinblick auf die Biodiversität schaffen Grünflächen mit Staudenpflanzungen wichtige struktur- und blütenreiche Lebensräume, insbesondere für Insekten. Durch die lange Vegetationsperiode mit vielen verschiedenen Staudenarten bietet die Fläche reichlich Nahrung für zum Beispiel Bienen oder Schwebfliegen. Im urbanen Raum stellen die Stauden einen wichtigen Rückzugsort für verschiedenste Tierarten dar. Dicht bepflanzte, hochwüchsige Staudenflächen können zudem mikroklimatische Abkühlungseffekte bewirken.

#### Literaturverzeichnis

- BfN (2021). *Bundesprogramm Biologische Vielfalt*. Von <https://biologischevielfalt.bfn.de/bundesprogramm/ueberblick.html> abgerufen
- Hansen, R., & Stahl, F. (2016). *Die Stauden und ihre Lebensbereiche* (Bd. 6. Auflage). Stuttgart: Ulmer.
- Heinrich, A., & Messer, U. J. (2017). *Staudenmischpflanzungen*. Stuttgart: Ulmer.
- Steiger, P. (2020). *Heimische Wildstauden im Garten*. Stuttgart: Ulmer.

## 2.5 Staudenpflanzungen auf mineralischem Mulch

*Katharina Gries und Luisa Liesenfeld*

### 2.5.1 Begriffsbestimmung

Staudenpflanzungen auf mineralischem Mulch zeichnen sich durch eine Abdeckung der Bepflanzungsschicht mit mineralischen bzw. anorganischen Stoffen aus. Dazu gehören Sande (siehe Abb. 14) und Kiese sowie Splitte, Schieferbrüche und Travertin. Häufig werden auch Mischformen aus Sand-Kies-Gemischen sowie Sand-Splitt-Gemischen verwendet. (Hofmann, 2019). Mineralischer Mulch ist nicht brennbar und verrottet nicht. Rindenmulch stellt eine organische Mulchalternative dar, verrottet aber schnell, entzieht dem Boden dabei Stickstoff und schafft ein saures Bodenmilieu, das nicht alle Staudenarten vertragen. Rindenmulch wird daher in dieser Arbeit als Alternative für Staudenpflanzungen nicht weiter untersucht.



Abbildung 14: Heimische Wildstauden auf Sand-Mulch  
(Hofmann, 2019)

### 2.5.2 Arten und Anwendungen von mineralischem Mulch

Technisch gesehen ist es zweitrangig, welche Gesteinsart verwendet wird. Es gibt jedoch trotzdem einige Unterschiede, die zur Erzielung eines optimalen Ergebnisses beachtet werden können (Hofmann, 2019).

Generell verringert mineralischer Mulch die Verdunstung und somit auch den Wasserverlust. Es gibt aber auch Gesteine, die durch ihre offenporige Oberfläche in sich zusätzlich Wasser speichern können. Beispiele dafür sind z.B. Travertin oder Ziegelsplitt (MDR Garten, 2022).

Auf vollsonnigen Standorten sollte idealerweise kein sehr dunkles Gestein wie etwa Schieferbruch (s. Abb. 15) verwendet werden, da die Pflanzen durch Aufheizungseffekte Verbrennungen erleiden können, sofern der Bewuchs noch nicht dicht genug ist (MDR Garten, 2022).

Zudem sollte auf ohnehin schon sehr bindigen bzw. dichten Böden nicht noch zusätzlich schweres Gestein aufgebracht werden. Leichte Gesteine, wie z.B. Travertin, sind hier sinnvoller (MDR Garten, 2022).

Neben den bereits genannten Gesteinsarten können auch zahlreiche weitere Materialien wie z.B. Muscheln, Lava, Diabas, Splitt oder andere Formen von Kies verwendet werden (MDR Garten, 2022).



Abbildung 15: Staudenbeet mit Schieferbruch  
(MDR Garten, 2022)

Betrachtet man die Kosten ist der Einkaufspreis für Sand am günstigsten, gefolgt von Kies und Splitt. Am teuersten ist in der Regel die Anschaffung von Travertin und Schieferbruch. Diese Angaben beziehen sich auf die aktuellen Marktpreise der Baumärkte im Sommer 2022. Je nach Körnung und Qualität des Materials können die Preise abweichen.

Wenn möglich sollten die verwendeten Gesteine aus der Region bezogen werden, um den ökologischen Fußabdruck gering zu halten.

### 2.5.3 Merkmale

Pflanzen in mineralischem Mulchsubstrat sind dazu gezwungen, ein tiefes und weitreichendes Wurzelwerk auszubilden, um an Wasser zu gelangen. Mit dieser

Anpassung und weiteren Schutzvorrichtungen bilden sie eine natürliche Schutzbarriere gegen Trockenstress aus. Die Pflanzen wachsen dadurch zwar langsamer, sind aber besser an den Standort angepasst. Da keine organische Substanz verrottet, bildet sich zudem nahezu kein Humus. Somit muss deutlich weniger bzw. gar nicht bewässert werden (Hofmann, 2019).

Die Besonderheit des mineralischen Mulchs liegt in seiner pflegeleichten Anwendung. Durch die lange Lebensdauer aufgrund der mineralischen Bestandteile sind einmalige Investitionskosten oft ausreichend. Parallel werden Aufwendungen zur Bekämpfung von Unkraut weniger erforderlich (MDR Garten, 2022).

Eine wichtige Funktion der Mulchschicht zeigt sich in der Verbesserung der mikrobiellen Bodenaktivität unterhalb des Mulchmaterials. Durch die Abdeckung wird die Wärme länger in der darunterliegenden Bodenschicht gehalten. Es stellen sich konstante Temperatur- und Feuchteverhältnisse ein, die für eine optimal angepasste mikrobielle Aktivität sorgen. Damit erhöht sich auch die Nährstoffverfügbarkeit für die Staudenpflanzen (Hofmann, 2019).

Gerade in Bezug auf den voranschreitenden Klimawandel und daraus resultierenden Trockenperioden ist die Reduktion der Verdunstungsrate bedeutsam. Dies ist möglich, weil durch die Mulchschicht die Bodenkapillaren unterbrochen werden. Die wichtigste Funktion des mineralischen Mulchs ist somit die Reduktion von Trockenstress, da im Hinblick auf die zunehmende Trockenheit auch das Wasserdargebot abnimmt. Weiterhin werden durch den mineralischen Mulch bei Staudenpflanzungen Verschlämmungen bei Starkregenfällen verhindert (Hofmann, 2019).

#### 2.5.4 Anlage und Pflege der Mulchschicht

##### **Anlage**

Um eine möglichst gute Anpassung an die jeweiligen Standorte zu gewährleisten, sollten kleine, junge Pflanzen verwendet werden, da diese sich erst am Standort entwickeln und nicht bereits in großen Humustöpfen herangewachsen sind (MDR Garten, 2022).

Der mineralische Mulch kann sowohl vor als auch nach dem Pflanzen aufgebracht werden. Bei sehr hoher Pflanzdichte empfiehlt es sich, den Mulch nach dem Pflanzen aufzubringen, da er sich sonst mit dem Oberboden vermischen könnte. Ist die Pflanzdichte jedoch geringer, kann auch vor der Pflanzung die mineralische Mulchschicht aufgebracht werden (Hofmann, 2019).

Die Schichtdicke der mineralischen Mulchschicht sollte mindestens acht bis zehn Zentimeter betragen. Zu beachten ist, dass feinkörnige Materialien eine höhere Schichtdicke benötigen, da sie sich mehr setzen (Hofmann, 2019). Die Korngröße und Art des Mulchsubstrats sollte an die Pflanzen angepasst sein (MDR Garten, 2022). Unter dem mineralischen Substrat darf keine Folie oder Vlies verlegt werden, da diese das Pflanzenwachstum behindert (Bundesstadt Bonn, 2021).

## **Pflege**

Es genügt, die jährlich anfallenden organischen Reste wie Laubabfall oder Moose zu entfernen. Dies gelingt am effizientesten mit einem Laubbläser oder Laubrechen. Es wird empfohlen, bei hohem Abtrag des Mulchmaterials über die Zeit nachträglich Material aufzubringen, um die minimale Schichtdicke nicht zu unterschreiten (Hofmann, 2019).

Eine unzureichende Abdeckung kann unter Umständen Auswirkungen auf die Mikroklimaverhältnisse unterhalb der Schicht haben und somit den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Staudenpflanzen negativ beeinflussen, indem bspw. die Verdunstungsrate zunimmt (Hofmann, 2019).

Zudem wird bei einer zu dünnen Mulchschicht das Unkraut nur noch unzureichend unterdrückt und kaum noch Wasser gespart. Eine Bewässerung ist in der Regel nur sehr selten, teils auch gar nicht nötig. Außerdem behindert sowohl eine zu dünne als auch eine zu grobkörnige Mulchschicht (zum Beispiel Schotter > 32 mm) das Jäten von Unkraut (Hofmann, 2019).

Generell gilt: Je besser die Mulchschicht angelegt wurde, desto geringer ist der langfristige Pflegeaufwand.

### 2.5.5 Wissensstand

#### 2.5.5.1 Abiotik

Sofern der Gesteinsmulch durch das Pflanzenwachstum nach kurzer Zeit verdeckt wird, sind Aufheizungseffekte nur in der ersten Zeit zu erwarten und spielen später keine Rolle mehr (Bundesstadt Bonn, 2021). Wenn jedoch keine vollständige Vegetationsbedeckung erreicht wird, können sich negative Aufheizungseffekte durch den Mineralmulch ergeben.

Wenn durch den Mineralmulch jedoch das Pflanzenwachstum gefördert wird, ergeben sich durch die Evapotranspiration der Pflanzen und die daraus entstehende

Verdunstungskälte, welche zu Abkühlungseffekten führt, positive Effekte für das Mikroklima (Bundesstadt Bonn, 2021).

Durch die konstanten Feuchte- und Temperaturverhältnisse unterhalb der Mulchschicht wird der Boden vor dem Austrocknen geschützt und somit das Bodenleben gefördert (Hofmann, 2019).

#### 2.5.5.2 Fauna

Die im mineralischen Mulch wachsenden Stauden stellen eine wichtige Futterquelle für Insekten dar (Bundesstadt Bonn, 2021). Gerade in sehr stark bebauten Bereichen ist für Insekten nahezu kein Nahrungsangebot mehr vorhanden, sodass Staudenpflanzungen eine wichtige Rolle beim Erhalt der Biodiversität in Städten spielen. Um diesen positiven Effekt zu verstärken, sollten möglichst über die gesamte Vegetationsperiode Blühaspekte vorhanden sein, die sich gegenseitig ablösen. So gibt es ein konstantes Nahrungsangebot über die gesamte Vegetationsperiode hinweg. Werden die Stauden über den Winter nicht zurückgeschnitten, können sie auch Versteckmöglichkeiten oder Überwinterungsplätze für Insekten und Kleintiere bieten.

#### 2.5.5.3 Flora

Es werden Pflanzen benötigt, die periodische Trockenheit, aber auch Starkregenniederschläge vertragen und winterhart sind. Somit sind mediterrane Arten weniger geeignet, da sie u.a. zu einer Sommerruhe, also einer Blühpause im Hochsommer neigen, welche für Insekten nicht förderlich ist. Auch Pflanzen, die aus sommerfeuchten Klimaten stammen, sind nicht geeignet, da sie ohne Bewässerung nicht überleben würden.

Großes Potenzial bieten hingegen Präriestauden aus Nordamerika oder Asien sowie Savannenvegetation, denn ihr Blühhöhepunkt liegt im Gegensatz zur europäischen Vegetation im Sommer (Hofmann, 2019).

Beispiele für solche Arten sind die Prachtkerze (*Gaura lindheimeri*), Sonnenhut (*Echinacea paradoxa*) oder die Indianernessel (*Monarda*) und Ziergräser. Negativ könnte sich hier jedoch auswirken, dass es sich nicht um heimische Arten handelt und Insekten und andere Kleintiere möglicherweise nicht so gut an diese Arten angepasst sind. Zudem besteht das Risiko, dass sich gepflanzte, nicht heimische Arten als Neophyten ausbreiten und evtl. invasiv werden. Dieses Risiko zeigen etablierte bzw. bislang unbeständige neophytische Vorkommen z.B. von Kissenaster (*Aster*

*dumosus*), Kokardenblume (*Gaillardia aristata*) und Goldgarbe (*Achillea filipendulina*), die als Stauden häufig gepflanzt werden (Floraweb 2022). Allerdings können durch Staudenpflanzungen auch heimische Wildstauden gefördert werden wie z.B. der Steppensalbei (*Salvia nemorosa*) (s. Abb. 16). Dies gilt auch für gefährdete Arten wie z.B. das Silberährengras (*Achnatherum calamagrostis*), Kugellauch (*Allium sphaerocephalon*) und Berg-Aster (*Aster amellus*) (alle Gefährdungsgrad 3 in der Roten Liste Deutschland).



Abbildung 16: Steppensalbei auf Mulchschicht aus Kies  
(NDR Garten, 2021)

#### 2.5.5.4 Landschaftsbild

Staudenflächen mit mineralischem Mulch können eine deutliche Aufwertung des Landschaftsbilds bewirken. Während die Flächen in der ersten Zeit nach der Pflanzung durch die Dominanz des Gesteins noch etwas trist wirken können, entwickeln sie sich in den Folgejahren zu einer Blütenpracht, welche den Mineralmulch nahezu vollständig bedeckt (Bundesstadt Bonn, 2021).

Gerade in dicht bebauten Stadtteilen können solche Flächen eine Abwechslung zu den oft grauen Fassaden darstellen und somit ein angenehmes Stadtbild fördern (s. Abb. 17). Dabei fügen sich feinere Korngrößen meist besser in das Stadtbild ein als grobe Siebungen, welche oft optisch unruhig wirken (Hofmann, 2019).



Abbildung 17: Prärie-Wildstauden  
(Hofmann, 2019)

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt ist auch, dass Hunde das Gestein meiden und die Grünflächen somit weniger mit Hundekot verschmutzt werden (MDR Garten, 2022).

Problematisch ist jedoch der Winteraspekt. Die Stauden ziehen im Winter ein und werden oft auch zurückgeschnitten, so dass der Gesteinsmulch je nach Gräseranteil stark sichtbar wird (s. Abb. 18). Dann können die Beete mit Mineralmulch durchaus wie Schottergärten wirken. Hierbei ist auch zu bedenken, dass die öffentlichen Grünflächen oft eine starke Vorbildfunktion für die Bürger und die Gestaltung der privaten Gärten haben.



Abbildung 18: Staudenpflanzungen auf Schotter im Winter

## Literaturverzeichnis

Bundesstadt Bonn (2021). *Staudenbeete*. Von Bonn. Umwelt. Natur. Grüne Stadt:

<https://www.bonn.de/themen-entdecken/umwelt-natur/staudenbeete.php>

abgerufen am 09.06.2022

Floraweb (2022): *Daten und Informationen zu Wildpflanzen Deutschlands*. Von

<https://www.floraweb.de> abgerufen am 5.9.2022.

Hofmann, T. (2019). *Erfahrungen mit Staudenpflanzungen und Mulchstoffen - Wege*

*aus der Trockenheit*. Von [https://neuelandschaft.de/artikel/wege-aus-der-](https://neuelandschaft.de/artikel/wege-aus-der-trockenheit-12812.html)

[trockenheit-12812.html](https://neuelandschaft.de/artikel/wege-aus-der-trockenheit-12812.html) abgerufen am 09.06.2022

MDR Garten (2022). *Der richtige Mulch fürs Staudenbeet*. Von mdr.de:

[https://www.mdr.de/mdr-garten/pflegen/mulchmaterial-mulchen-rindenmulch-](https://www.mdr.de/mdr-garten/pflegen/mulchmaterial-mulchen-rindenmulch-schiefer-folie-kakaoschalen-100.html)

[schiefer-folie-kakaoschalen-100.html](https://www.mdr.de/mdr-garten/pflegen/mulchmaterial-mulchen-rindenmulch-schiefer-folie-kakaoschalen-100.html) abgerufen am 09.06.2022

NDR Garten (2021). *Präriegarten anlegen und pflegen*. Von ndr.de:

[https://www.ndr.de/ratgeber/garten/zierpflanzen/Praeriegarten-anlegen-und-](https://www.ndr.de/ratgeber/garten/zierpflanzen/Praeriegarten-anlegen-und-pflegen,praeriegarten104.html)

[pflegen,praeriegarten104.html](https://www.ndr.de/ratgeber/garten/zierpflanzen/Praeriegarten-anlegen-und-pflegen,praeriegarten104.html) abgerufen am 21.06.2022

### 3 Material und Methodik

*Aaron Ahr, Marie Lauth, Carina Kruse und Jule Völlmecke*

#### 3.1 Untersuchungsflächen Ingelheim

In Ingelheim wurden am 11.05.2022 Messungen auf insgesamt neun unterschiedlichen Grünflächen durchgeführt. Die Flächen wurden mit Hilfe von Daniel Diehl, Projektmitarbeiter KlimPraxIng bei der Stadtverwaltung Ingelheim, ausgewählt. Es handelt sich um die Grünflächentypen Stauden auf Mineralmulch, Stauden auf Erde, Schotter, Rasen und Wiese. Eine Übersicht über die Flächen und deren Lage bietet Abbildung 19. An allen Standorten wurden von etwa 15:30 bis 16:45 Uhr sowohl das Mikroklima als auch die Biodiversität untersucht. Das Wetter war sehr warm und sonnig mit nur vereinzelt Wolken.



Abbildung 19: Untersuchungsflächen Ingelheim

An den Standorten „Wiese 3“, „Schotter 2“, „Stauden auf Erde 1“ und „Mineralmulch 3“ wurde mit Hilfe von Klimastationen gemessen. An den übrigen Standorten kamen Handmessgeräte zum Einsatz.



Abbildung 20: Mineralmulch 2  
(Michael Bartz)



Abbildung 21: Mineralmulch 3  
(Verena Öffner)

Für den Grünflächentyp (Stauden auf) Mineralmulch wurden zwei Standorte untersucht. An beiden Standorten ist, wie in den Abbildungen 20 und 21 zu sehen, die Fläche mit hellem Mineral und lückigem Pflanzenwuchs bedeckt.



Abbildung 22: Schotter 2 (Sven Schmitt)



Abbildung 23: Schotter 3 (Mari Kühlheim)

Bei der Betrachtung der Schotterstandorte hingegen gibt es unterschiedliche Ausgangssituationen. Bei Schotterfläche 2 handelt es sich um einen hellen Schotter (s. Abb. 22) und bei Schotterfläche 3 um einen dunklen Schotter (s. Abb. 23).



Abbildung 24: Wiese 2 (Michael Bartz)



Abbildung 25: Wiese 1 (Mari Kühlheim)



Abbildung 26: Wiese 3  
(Susanne Ruhl)

Auch die untersuchten Rasen- und Wiesenstandorte sind durch verschiedene Gegebenheiten geprägt. Bei dem Standort Wiese 1 (s. Abb. 24) handelt es sich um einen Rasen, der durch niedrigwüchsiges, teilweises lückiges und artenarmes Gras mit vielen Gänseblümchen gekennzeichnet ist. Die Wiese 2 (s. Abb. 25) ist ebenfalls ein artenarmer, niedrigwüchsiger Rasen, allerdings ohne das Vorhandensein von Gänseblümchen. Der Standort Wiese 3 (s. Abb. 26) ist eine höherwüchsige Wiese.



Abbildung 28: Stauden auf Erde 1  
(Vivian Faria Marques da Rocha)



Abbildung 27: Stauden auf Erde 2  
(Vivian Faria Marques da Rocha)

Ebenfalls wurden zwei Standorte mit Stauden auf Erde untersucht. Dabei handelt es sich um Staudenpflanzungen ohne Mineral- oder sonstiger Mulchschicht. Bei dem Standort Stauden auf Erde 1 (s. Abb. 27) handelt es sich um eine Fläche mit dichtem, niedrigerem Bewuchs und bei dem Standort Stauden auf Erde 2 (s. Abb. 28) um eine lückige, höher bewachsene Fläche.

### 3.2 Untersuchungsflächen Budesheim

Die Messungen in Bingen-Budesheim wurden am 14. Mai 2022 von 13:10 Uhr bis 14:20 Uhr bei sehr warmer und sonniger Witterung auf vier verschiedenen Standorten, welche der Abbildung 29 zu entnehmen sind, durchgeführt. Ausgewählt wurden die Standorte mit Hilfe von B.Sc. Sven Schmitt, der im Rahmen seiner Masterarbeit eine Gesamtkartierung von Budesheim durchgeführt hat. Gemessen wurde jeweils mit Handmessgeräten und mit Klimastationen.

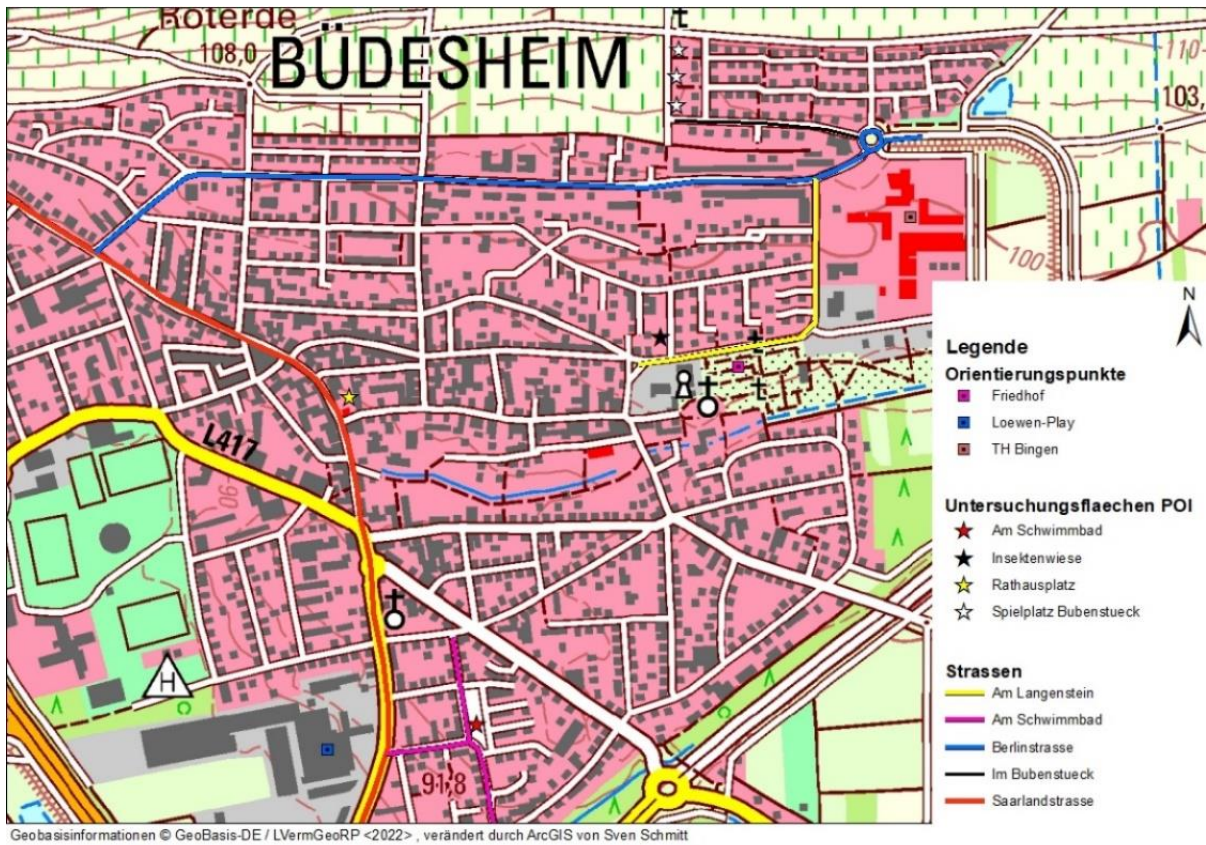


Abbildung 29: Untersuchungsflächen Budesheim

(Grafik von Sven Schmitt)

Am Schwimmbad werden auf einer Wiesenfläche mit höherwüchsiger, dichter Vegetation und einer hellen Schotterfläche sowohl das Mikroklima als auch die Biodiversität untersucht (s. Abb. 30 und 31).



Abbildung 30: Standort am Schwimmbad  
(Marina Bernhard)



Abbildung 31: Messstation Am Schwimmbad  
(Marina Bernhard)

Eine weitere Untersuchungsfläche war die Insektenwiese gegenüber dem Friedhof (s.



Abbildung 33: Messstation an der Insektenwiese  
(Foto: Vincent Butscher)



Abbildung 32: Überblick Insektenwiese  
(Foto: Vincent Butscher)

Abb.32 und 33). Dort wurde nur bereichsweise gemäht, so dass Mikroklima und Biodiversität im hohen Gras und auf einer gemähten Fläche gemessen werden konnten (s. Abb. 34).



Abbildung 34: Grasinsel und gemähte Fläche auf Insektenwiese  
(Foto: Vincent Butscher)

Die Untersuchungen am Rathausplatz fanden auf einer hellen Schotterfläche und einer Fläche mit Stauden auf Erde in den Hochbeeten statt (s. Abb. 35 und 36). Letztere ist mit bereits verblühten Stiefmütterchen und Tulpen lückig bepflanzt. Die Biodiversität wird zusätzlich zu den beiden Grünflächentypen auch auf einem Gemüsehochbeet mit blühenden Pflanzen (Thymian, Boretsch und Schnittlauch) erfasst (s. Abb. 37).



Abbildung 35: Messstation am Rathausplatz  
(Andriana Rizos)

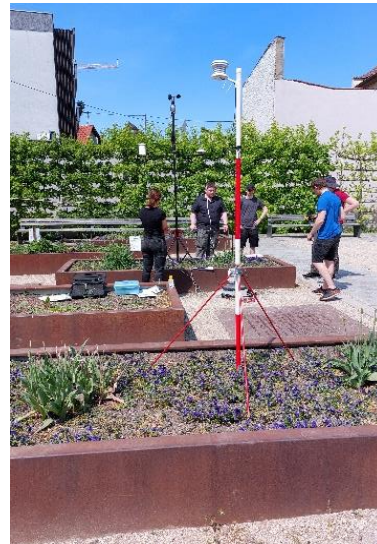


Abbildung 36: Messungen am Rathausplatz  
(Marina Bernhard)



Abbildung 37: Gemüsebeet am Rathausplatz (Marina Bernhard)

Auf dem Spielplatz Bubenstück wurden die Mikroklimamessungen auf dem Rasen (s. Abb. 38 und 40) und dem hellen Schotterweg (s. Abb. 39) durchgeführt. Die Biodiversität wird auf dem Rasen, auf Rindenmulch (s. Abb. 41) sowie auf einer hochwüchsigen Grasböschung (Wiese) (s. Abb. 42) untersucht.



Abbildung 38: Rasen am Spielplatz  
(Jule Völlmecke)



Abbildung 39: Schotterweg am Spielplatz  
(Jule Völlmecke)



Abbildung 40: Messstation am Spielplatz  
(Jule Völlmecke)



Abbildung 42: Rindenmulch am Spielplatz  
(Carina Kruse)



Abbildung 41: Wiese (Grasböschung) am Spielplatz  
(Carina Kruse)

### 3.3 Geräte

Für die Untersuchung der Grünflächentypen wurden verschiedene meteorologische Variablen untersucht. Hierzu zählen die Messung der Windgeschwindigkeit, der Lufttemperatur in zwei Metern Höhe, der Oberflächentemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit sowie die Messung der vom Gesamtsystem absorbierten photosynthetisch aktiven Strahlung. Dafür werden die in Tabelle 1 aufgelisteten Geräte verwendet.

Tabelle 1: *Verwendete Geräte*

|                     | <b>Gerät</b>                      | <b>Hersteller</b>     | <b>Variable (Einheit)</b>                    |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|
| Handmessgeräte      | Hitzedraht-Anemometer             | TROTEC<br>TA300       | Windgeschwindigkeit<br>(m/s)                 |
|                     | Luxmeter                          | Testo 545             | Lichtstärke (Lux)                            |
|                     | HOBO-Messeinrichtung              | MX2302A               | Lufttemperatur (°C)                          |
|                     |                                   |                       | Relative Feuchte (%)                         |
|                     | Wärmebildkamera                   | FLIR                  | Oberflächentemperatur<br>(°C)                |
| Mobile Klimastation | Schalenstern-Anemometer           | Theodor<br>Friedrichs | Windgeschwindigkeit<br>(m/s)                 |
|                     | Pyranometer                       | Kipp & Zonen<br>CMP6  | Strahlungsintensität<br>(W/m <sup>2</sup> )  |
|                     | Temperatur-/<br>Feuchtemessfühler | Theodor<br>Friedrichs | Lufttemperatur (°C),<br>Relative Feuchte (%) |

Die mobilen Klimastationen auf den in Kap. 3.1 und 3.2 beschriebenen Standorten nehmen während des Versuchs fortlaufend mit einem Mittelungsintervall von einer Minute Daten auf. Um ergänzende Messungen an weiteren Standorten durchführen zu können, wird zusätzlich mittels Handmessgeräten gemessen. In Ingelheim wird dafür zunächst vier Mal alle 10 Minuten an einem Standort gemessen. Danach werden die Messungen für einen anderen Standort durchgeführt, da pro Messdurchgang nur die Hälfte der Standorte betrachtet wird. In Büdesheim werden die Messungen pro Fläche abwechselnd durchgeführt. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Messbedingungen der Handmessungen für die Orte Ingelheim und Büdesheim.

Um die reflektierte und vom Gesamtsystem (Vegetation und Boden) absorbierte Energie zu erfassen, wurden mit dem Luxmeter die einfallende und die reflektierte Lichtstärke gemessen.

Zur Messung der Windgeschwindigkeit wird ein Hitzedraht-Anemometer verwendet. Dies wird in zwei Metern Höhe in den Wind gehalten und misst über die Temperaturdifferenz zwischen Lufttemperatur und einem beheizten Draht die Windgeschwindigkeit.

Mit Hilfe eines Thermo-Hygrometers werden die Lufttemperatur sowie die Luftfeuchte erfasst. Dazu werden Stative mit den Messeinrichtungen aufgestellt. Die Messungen finden parallel auf den Untersuchungsflächen statt, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können. Zur Bedienung der Messeinrichtungen und um die Daten auszulesen, wird die App HOBObconnect® verwendet.

Mit Hilfe der Wärmebildkamera werden von jedem Grünflächentyp einmalig Thermalbilder erstellt. Dabei wird immer, unabhängig vom Untergrund, mit dem angenommenen Emissionsgrad von 0,95 gemessen. Nächtliche Wärmemessungen werden ausschließlich in Büdesheim auf Rindenmulch, Sand, Schotter (hell), Stauden auf Erde sowie niedriger Vegetation (Rasen) und hoher Vegetation (Wiese) durchgeführt. Die Messungen sind in der Nacht vom 15.05.22 zwischen 3:08 Uhr und 3:36 Uhr erfolgt.

### 3.4 Auswertung Mikroklima

#### 3.4.1 Grünflächentypen und Korrekturfaktoren

Um die Daten der Mikroklimamessungen auswerten zu können, werden die Messwerte der mobilen Klimastationen den Grünflächentypen zugeordnet, auf denen sie sich befanden. In Ingelheim handelt es sich um die Grünflächentypen (vgl. Abb. 19):

- „Stauden auf Mineralmulch“ (Mineralmulch 2 und 3)
- „Schotter (dunkel)“ (Schotter 3)
- „Schotter (hell)“ (Schotter 2)
- „Stauden auf Erde“ (Stauden auf Erde 1 und 2)
- „niedrige Wiese“ (niedrige Rasen-Vegetation auf Wiese 1 und 2), in der Gesamtbewertung als Rasen bezeichnet
- „hohe Wiese“ (hohe Vegetation auf Wiese 3), in der Gesamtbewertung als Wiese bezeichnet

In Büdesheim wurden die Grünflächentypen (vgl. Abb. 29) zu Gruppen mit zu erwartenden ähnlichen Auswirkungen auf die mikroklimatischen Bedingungen zusammengefasst:

- „niedrige Vegetation“ (Beete mit Stauden auf Erde am Rathausplatz, Rasenflächen), in der Gesamtbewertung als Rasen bezeichnet
- „höhere Vegetation“ (Insektenwiese und höherwüchsige Wiesen am Schwimmbad und Spielplatz), in der Gesamtbewertung als Wiese bezeichnet

- „Schotterflächen“ (nur helle Schotterflächen)
- „lückige Vegetation“ (sehr lückige Vegetationsflächen am Schwimmbad und am Rathaus) (nur Thermalbilder am Tag)
- Sand und Rindenmulch (nur Thermalbilder nachts)

Damit die systematischen Abweichungen der einzelnen Geräte das Ergebnis nicht verzerren und die Werte vergleichbar sind, wird eine „Cross-Calibration“ durchgeführt. Es werden Korrekturfaktoren ermittelt, mit denen im ersten Schritt die Messwerte korrigiert werden. Die Werte eines Gerätes oder einer Messstation müssen korrigiert werden, wenn die Abweichung der Messwerte größer ist als die in den Datenblättern der Geräte angegebene Messgenauigkeit des Gerätes (s. Tab. 2). Die ermittelten Korrekturfaktoren sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 2: Messgenauigkeiten der Geräte

| Gerät                                       | Variable              | Messgenauigkeit   | Quelle                           |
|---|-----------------------|---|----------------------------------|
| Wärmebildkamera                             | Oberflächentemperatur | $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bzw. $\pm 2 \%$ des Ablesewertes | FLIR Systems, 2010               |
| Hitzedraht-Anemometer                       | Windgeschwindigkeit   | $\pm 5 \%$ + eine Stelle  | Trotec GmbH, n.d.                |
| Luxmeter                                    | Lichtstärke           | $\pm 5 \%$  | Testo GmbH & Co., 1999           |
| HOBO-Messeinrichtung                        | Temperatur            | $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$                                | Onset Computer Corporation, 2022 |
|   | Relative Feuchte      | $\pm 2,5 \%$ (bei 10-90 %)                                      |                                  |
|   | Relative Feuchte      | $\pm 3,5 \%$ (bei <10 % und >90 %)                              |                                  |
| Klimastation: Schalenstern-Anemometer       | Windgeschwindigkeit   | $\pm 0,3 \text{ m/s}$   | Theodor Friedrichs & Co., n.d.   |
|   | Windgeschwindigkeit   | $\pm 2 \%$ (bei $v > 15 \text{ m/s}$ )                          |                                  |
| Klimastation: Pyranometer                   | Strahlungsintensität  | $\pm 5 \%$  | Kipp & Zonen B.V., n.d.          |
| Klimastation: Temperatur-/Feuchtemessfühler | Temperatur            | $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$                                | Theodor Friedrichs & Co., 2015   |
|   | Relative Feuchte      | $\pm 1,5 \%$ (bei 10-90 %)                                      |                                  |

| Gerät                      | Variable         | Messgenauigkeit                | Quelle |
|----------------------------|------------------|--------------------------------|--------|
|                            | Relative Feuchte | ± 2 % (bei <10 %<br>und >90 %) |        |
| Klimastation:<br>Windfahne | Windrichtung     | unbekannt                      |        |

Tabelle 3: Korrekturfaktoren

| Gerät/Variable                 | Gerätenummer/Farbe | Korrekturfaktor               |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Luxmeter                       | Gerät 3            | $y = 1,2455 \cdot x - 635,03$ |
| Klimastation: Globalstrahlung  | Grün               | $y = 0,7878 \cdot x + 62,157$ |
|                                | Rot                | $y = 0,873 \cdot x + 61,563$  |
| Klimastation: Temperatur       | Grün               | $y = 0,9158 \cdot x + 1,887$  |
| Klimastation: Relative Feuchte | Gelb               | $y = 0,8914 \cdot x + 7,0527$ |
|                                | Grün               | $y = 0,6617 \cdot x + 20,74$  |
|                                | Rot                | $y = 0,9407 \cdot x + 2,7755$ |

Die Daten der mobilen Klimastationen werden dann, wenn vorhanden, mit denen der Handmessungen gemittelt, sodass sich für jede Uhrzeit bei jedem Grünflächentyp ein Mittelwert ergibt.

### 3.4.2 Strahlung

Bei den Daten der Globalstrahlung kann kein Mittelwert aus den Handmessungen und den mobilen Klimastationen gebildet werden, da die Einheiten nicht ineinander umgerechnet werden können und die Daten somit nicht direkt vergleichbar sind. Daher werden bei der Auswertung ausschließlich die Daten der Handmessgeräte verwendet. Der Anteil der absorbierten Strahlung wird aus der einfallenden Strahlung (ES) und der reflektierten Strahlung (RS) berechnet. Diese ergibt sich aus Gleichung 1.

$$\text{Absorbierte Strahlung [\%]} = \frac{ES-RS}{ES} * 100 \% \quad (\text{Gleichung 1})$$

### 3.4.3 Thermalbilder

Da es bei den Messungen mit der Wärmebildkamera neben den drei oben bereits genannten Grünflächentyp-Gruppen in Budesheim auch einige Messungen auf Flächen mit lückiger Vegetation gibt, werden diese einem separaten Typ, der „lückigen Vegetation“, zugeordnet (vgl. Kap. 3.4.1). Bei den Thermalbildern in Budesheim werden alle Näherungswerte der Temperaturen gemittelt, die sich zu einzelnen Grünflächentyp-Gruppen zusammenfassen lassen. In Ingelheim hingegen wird pro Standort ein Mittelwert berechnet und dieser dann den Grünflächentypen zugeordnet.

### 3.4.4 Signifikanztests

Werden Unterschiede bei den Grünflächentypen gemessen, wird geprüft, ob diese Unterschiede signifikant sind. Für alle Grünflächentypen (in Budesheim: Grünflächentyp-Gruppen) werden zunächst die Abweichungen der Mittelwerte berechnet und diese dann mit den Herstellerangaben zu den Messungenauigkeiten verglichen. Ist die Abweichung größer als die vom Hersteller angegebene Messgenauigkeit (s. Tab. 2) kann der Unterschied nicht auf das Gerät zurückgeführt werden, sondern es muss sich um einen tatsächlichen Unterschied handeln. Mit Hilfe von zweiseitigen T-Tests mit unterschiedlicher Varianz wird nun bei einem Signifikanzniveau von fünf Prozent geprüft, ob die Unterschiede signifikant sind. Dabei ist zu beachten, dass bei der Durchführung der T-Tests für die Temperatur, die relative Luftfeuchte und die Strahlung eine Normalverteilung angenommen wird.

Um eine Übergewichtung einzelner Standorte zu vermeiden, werden bei den Werten von Ingelheim für die T-Tests bei den Standorten, deren Grünflächentyp auch eine Referenzfläche mit Handmessungen hatte, die Messwerte der mobilen Klimastation zu dem Zeitpunkt, an dem auch die Handmessung stattgefunden hat, berücksichtigt. Bei Wiese 3 und Schotter 2 gibt es für den Grünflächentyp keine Referenzfläche, weshalb alle Klimastationsdaten einbezogen werden.

Da die Windgeschwindigkeit nicht normalverteilt ist und die verschiedenen Stichproben unabhängig voneinander sind, muss hier der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (kurz: U-Test) angewendet werden. Zunächst müssen die Messwerte in aufsteigender Reihenfolge geordnet und den Werten ihre Ränge zugeordnet werden. Anschließend werden die Rangsumme der ersten Stichprobe  $R_1$  und die Rangsumme der zweiten Stichprobe  $R_2$  berechnet. Mit Hilfe der Gleichungen 2 und 3 werden dann die U-Werte

der beiden Stichproben ermittelt. Dabei stellt  $n_1$  den Stichprobenumfang der ersten Stichprobe und  $n_2$  den Stichprobenumfang der zweiten Stichprobe dar.

$$U_1 = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (\text{Gleichung 2})$$

$$U_2 = n_1 * n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (\text{Gleichung 3})$$

Im nächsten Schritt wird  $U_{min}$  bestimmt, welcher dem kleineren der beiden U-Werte entspricht. Mit Hilfe der Gleichung 4 wird der z-Wert ermittelt. Dabei wird eine approximierete Normalverteilung angenommen. Daher ergeben sich  $\mu$  und  $\sigma$  aus den Gleichungen 5 und 6 (DATAtab Team, 2022).

$$z = \frac{U_{min} - \mu}{\sigma} \quad (\text{Gleichung 4})$$

$$\mu = \frac{n_1 n_2}{2} \quad (\text{Gleichung 5})$$

$$\sigma = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} \quad (\text{Gleichung 6})$$

Im Anschluss daran werden der kritische z-Wert (Microsoft, 2022) und der p-Wert (Exceljet, n.d.) berechnet. Ist der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$ , so liegt ein signifikanter Unterschied vor.

Um die Vergleichbarkeit der Messdaten zu gewährleisten, wird der Stichprobenumfang für die Klimastationsdaten von Ingelheim auf die Zeiten, an denen auch die Handmessungen durchgeführt wurden, runtergebrochen. Bei den Grünflächentypen „Schotter (hell)“ und „hohe Wiese“ werden alle zehn Minuten-Werte von 15:35 Uhr bis 16:45 Uhr verwendet.

### 3.4.5 Darstellung der Ergebnisse

Zum Vergleich werden schließlich die Werte der einzelnen Grünflächentypen über den gesamten Messzeitraum für die Variablen Lufttemperatur, absorbierte Strahlung, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit gemittelt und in vier Säulendiagrammen mit Fehlerbalken abgebildet. Auch die Daten der Wärmebildkamera werden in Säulendiagrammen dargestellt.

Um abschließend alle Grünflächentypen in Ingelheim und in Budesheim vergleichen zu können, werden zunächst aus den Messwerten Mittelwerte zwischen Budesheim und Ingelheim gebildet. Bei den Grünflächentypen, die ausschließlich an einem der betrachteten Standorte vorkommen, wird der Mittelwert des Standortes übernommen. Danach wird eine Delta-Berechnung durchgeführt. Dafür wird als Referenzfläche die hohe Vegetation angenommen, bei der von optimalen Auswirkungen für das Mikroklima ausgegangen wird. Daraus ergeben sich für die anderen Grünflächentypen

Abweichungen, die aussagen, wie sehr sich die anderen Grünflächentypen von der hohen Vegetation unterscheiden.

### 3.5 Biodiversität

Die Messung der Biodiversität wird pro Fläche viermal im Untersuchungszeitraum durchgeführt, indem jeweils fünf Minuten eine circa vier Quadratmeter große Teilfläche untersucht wird. Dabei werden alle Arthropoden und andere Kleintiere, die auf der Fläche präsent sind, in ihrer Abundanz (Artengruppen und Individuenanzahlen pro Artengruppe) erfasst. Insbesondere Arthropoden sind meist wenig mobil und bilden häufig geschlossene Metapopulationen auf kleinen Flächen. Sie sind daher als Indikatoren für die Habitatqualität kleinräumiger Grünflächen besonders gut geeignet. Die Ergebnisse der Messungen werden im Anschluss für jeden Grünflächentypen aufsummiert. Wie bei der Betrachtung des Mikroklimas wird ein U-Test durchgeführt, um auch hier die Messergebnisse der verschiedenen Standorte auf signifikante Unterschiede zu prüfen.

Für Ingelheim werden die Messorte den Grünflächentypen wie in Tabelle 4 zugeordnet (entsprechend Kap. 3.4.1) Die Zuordnung der Grünflächentypen für die Bewertung der Biodiversität in Budesheim ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 4: Ingelheim Zuordnung: Grünflächentyp - Messort

| <b>Grünflächentyp</b>   | <b>Messort</b>           |
|---|--------------------------|
| Schotter (hell)   | Schotter 2               |
| Schotter (dunkel)   | Schotter 3               |
| Niedrige Wiese<br>(in der Gesamtbewertung als Rasen bezeichnet) | Wiese 1 und 2            |
| Stauden auf Mineralmulch  | Mineralmulch 2 und 3     |
| Stauden auf Erde  | Stauden auf Erde 1 und 2 |
| Hohe Wiese  | Wiese 3                  |

Tabelle 5: Budesheim Zuordnung: Grünflächentyp - Messort

| <b>Grünflächentyp</b>  | <b>Messort</b>  |
|------------------------|---|
| Schotterflächen (hell) | Rathausplatz, am Schwimmbad, am Spielplatz Bubenstück |

|  |  |
|--|--|
| Niedrige Vegetation<br>(in der Gesamtbewertung als Rasen bezeichnet) | Rasenfläche am Spielplatz Bubenstück, frisch gemähte Teilflächen der Insektenwiese                 |
| Rindenmulch  | Am Spielplatz Bubenstück   |
| Stauden auf Erde   | Rathausplatz   |
| Hohe Vegetation<br>(in der Gesamtbewertung als Wiese bezeichnet)     | Wiese am Schwimmbad, Grasböschung am Spielplatz Bubenstück, ungemähte Teilfläche der Insektenwiese |

Die Ergebnisse der Biodiversitätsmessungen werden in Säulendiagrammen dargestellt. Diese geben jeweils Aufschluss über die Gesamtanzahl der erfassten Individuen sowie die Diversität der Artengruppen.

Zur vergleichenden Bewertung werden die Ergebnisse der Biodiversitätsmessungen von Budesheim und Ingelheim für die Grünflächentypen am jeweiligen Standort gemittelt. Für die Grünflächentypen, die sowohl in Ingelheim als auch in Budesheim vorkommen, wird ein Mittelwert aus den bereits berechneten Mittelwerten gebildet.

Abschließend wird, wie bei Auswertung des Mikroklimas, eine Delta-Berechnung mit der hohen Vegetation (Wiese) als Referenzfläche durchgeführt, da hier von optimalen Auswirkungen für die Biodiversität ausgegangen wird. Daraus ergeben sich für die anderen Grünflächentypen Abweichungen, die aussagen, wie sehr sich die anderen Grünflächentypen von der hohen Vegetation unterscheiden

### Literaturverzeichnis

DATA tab Team (2022). Mann-Whitney U-Test. DATA tab: Online Statistics Calculator.

DATA tab e.U. Graz, Austria. URL <https://datatab.de/tutorial/mann-whitney-u-test>.

FLIR Systems (2010). FLIR b50.

Exceljet (n.d.). Excel NORM.S.DIST Function. URL <https://exceljet.net/excel-functions/excel-norm.s.dist-function>.

Kipp & Zonen B.V. (n.d.). Pyranometer. Zur genauen Messung der Solarstrahlung.

Microsoft (2022). NORM.S.INV (Funktion).

URL <https://support.microsoft.com/de-de/office/norm-s-inv-funktion-d6d556b4-ab7f-49cd-b526-5a20918452b1>.

Onset Computer Corporation (2022). HOBO® MX2302A Data Logger. External Temperature/RH Sensor.

Testo GmbH & Co. (1999). testo 545. Luminous intensity measuring instrument.  
Instruction manual.

Theodor Friedrichs & Co. (2015). Temperatur/Feuchte Messfühler in  
Strahlungsschutzhütte.

Theodor Friedrichs & Co. (n.d.). Messwertgeber für Windgeschwindigkeit.

Trotec GmbH (n.d.). Bedienungsanleitung Hitzedraht-Anemometer TA300.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse Stadtklima Ingelheim

*Andriana Rizos und Christopher Trumpp*

Für Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und adsorbierte Strahlung wurde der zweiseitige T-Test zu einem Signifikanzniveau von 5% verwendet. Für die Windgeschwindigkeit wurde der U-Test durchgeführt.

#### 4.1.1 Thermalbilder

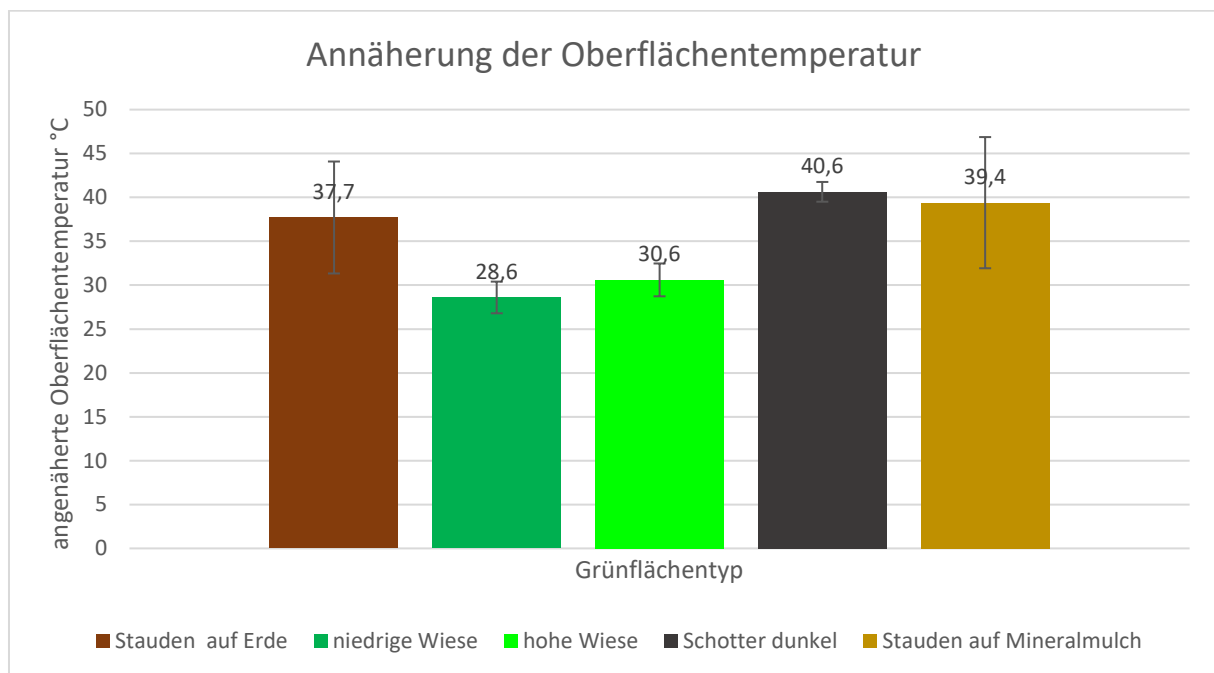


Abbildung 43: Näherungen der Oberflächentemperaturen der Grünflächentypen in Ingelheim gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim

In Abbildung 43 sind die Mittelwerte der Messungen mit der Thermalkamera für die verschiedenen Grünflächentypen dargestellt. Für den Standort Schotter 2 mit hellem Schotter wurden keine Werte erfasst. Bei der Oberflächentemperatur handelt es sich nur um Annäherungen, da der Emissionskoeffizient immer auf 0,95 eingestellt war.

#### 4.1.2 Mittelwerte nach Grünflächentypen

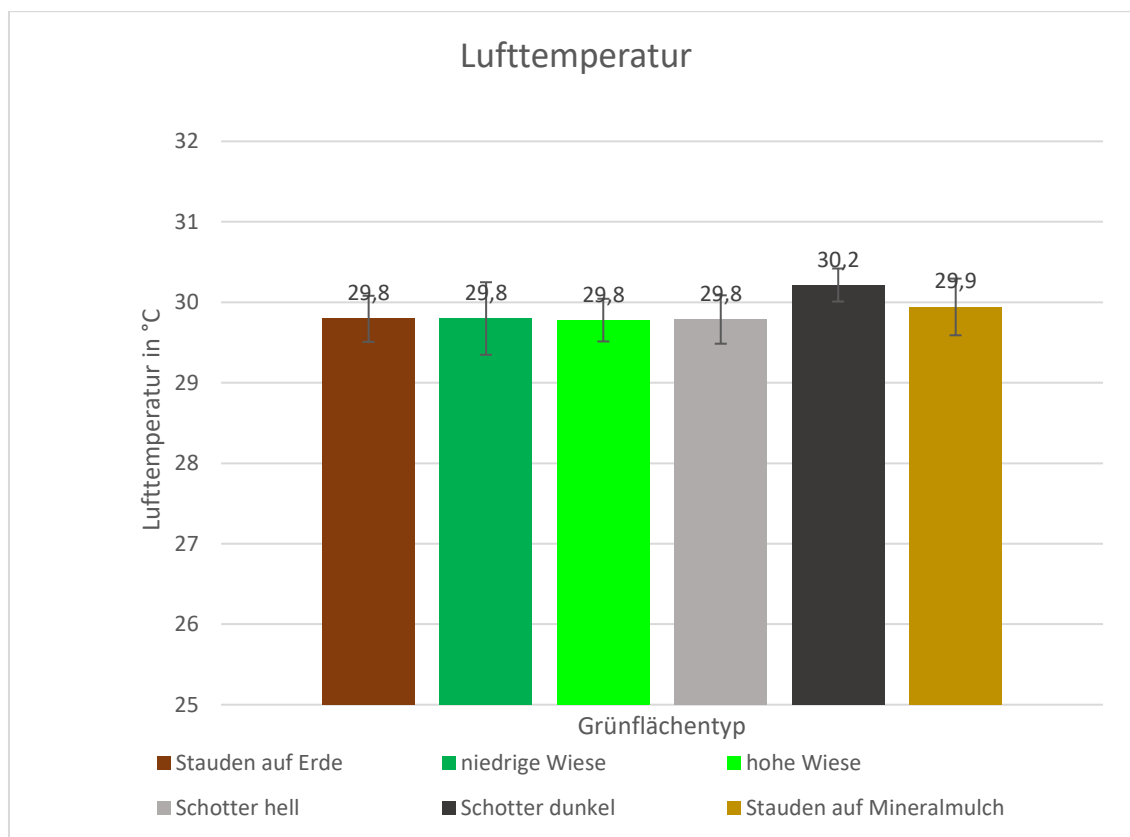


Abbildung 44: Lufttemperatur in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim

Abbildung 44 zeigt die gemittelten Lufttemperaturen nach Grünflächentypen. Bei dem Grünflächentyp „Schotter dunkel“ wurde mit 30,2 °C die höchste Durchschnittstemperatur ermittelt. Die Temperaturunterschiede des dunklen Schotters zu den Grünflächentypen „niedrige Wiese“, „hohe Wiese“ und „Schotter hell“ sind als signifikant anzusehen.

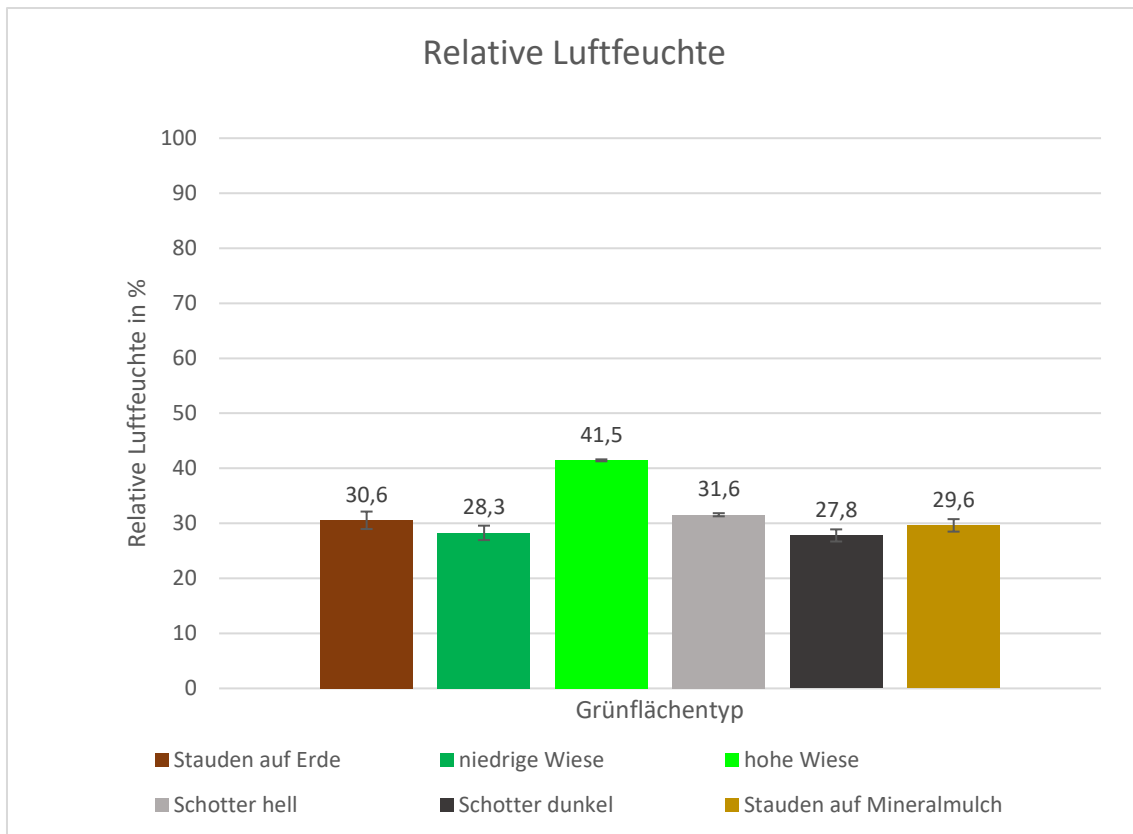


Abbildung 45: Relative Luftfeuchte in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim

In Abbildung 45 wird die nach Grünflächentypen gemittelte relative Luftfeuchte dargestellt. Die hohe Wiese stellt mit einer relativen Luftfeuchte von 41,5 % den feuchtesten Standort dar. Sie unterscheidet sich signifikant von allen anderen Grünflächentypen. Weitere Signifikanzen liegen vor für den Vergleich von Schotter dunkel und Schotter hell sowie Schotter dunkel und Stauden auf Erde.

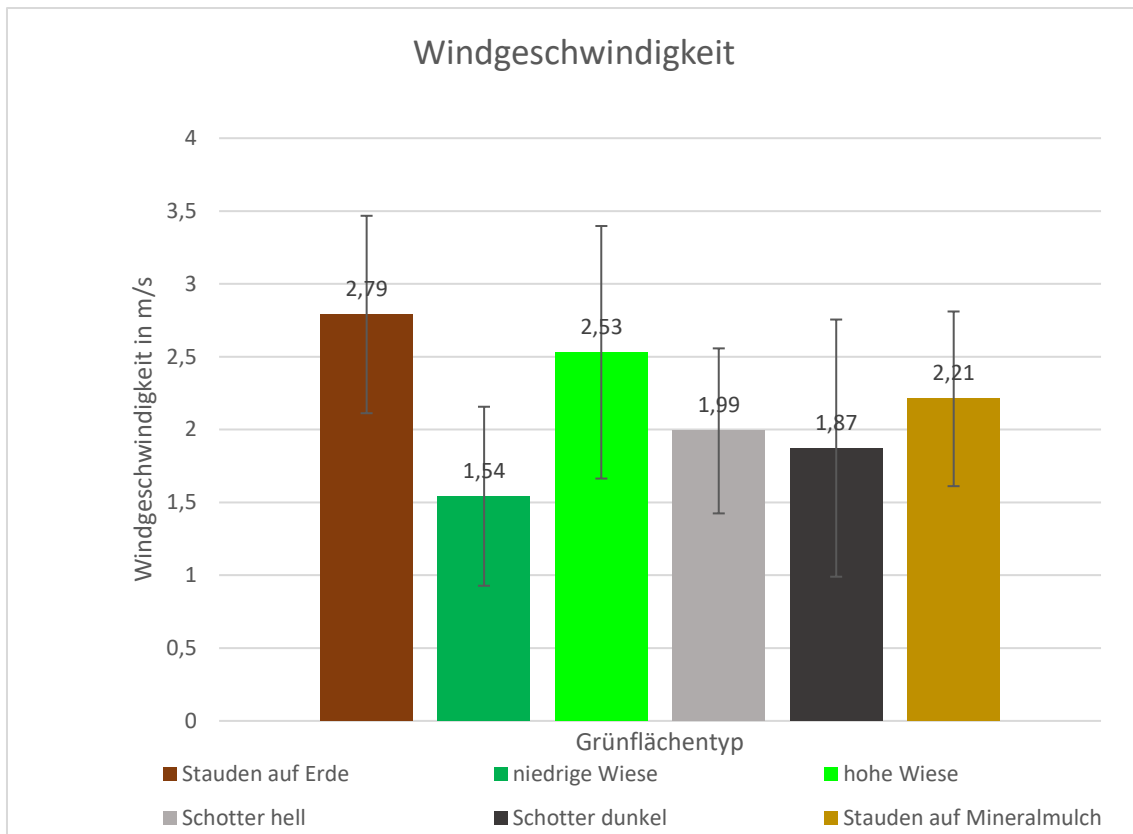


Abbildung 46: Windgeschwindigkeit in 2m Höhe nach Grünflächentypen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim

Die nach Grünflächentypen gemittelten Windgeschwindigkeiten sind in Abbildung 46 dargestellt. Die höchste Windgeschwindigkeit herrschte bei „Stauden auf Erde“ mit 2,79 m/s und die niedrigste bei „niedrige Wiese“ mit 1,54 m/s. Signifikante Unterschiede bestehen zwischen „Stauden auf Erde“ und „niedrige Wiese“, zwischen „Stauden auf Erde“ und „Schotter hell“, zwischen „hohe Wiese“ und „Stauden auf Mineralmulch“, zwischen „hohe Wiese“ und „Schotter hell“ sowie zwischen „hohe Wiese“ und „niedrige Wiese“.

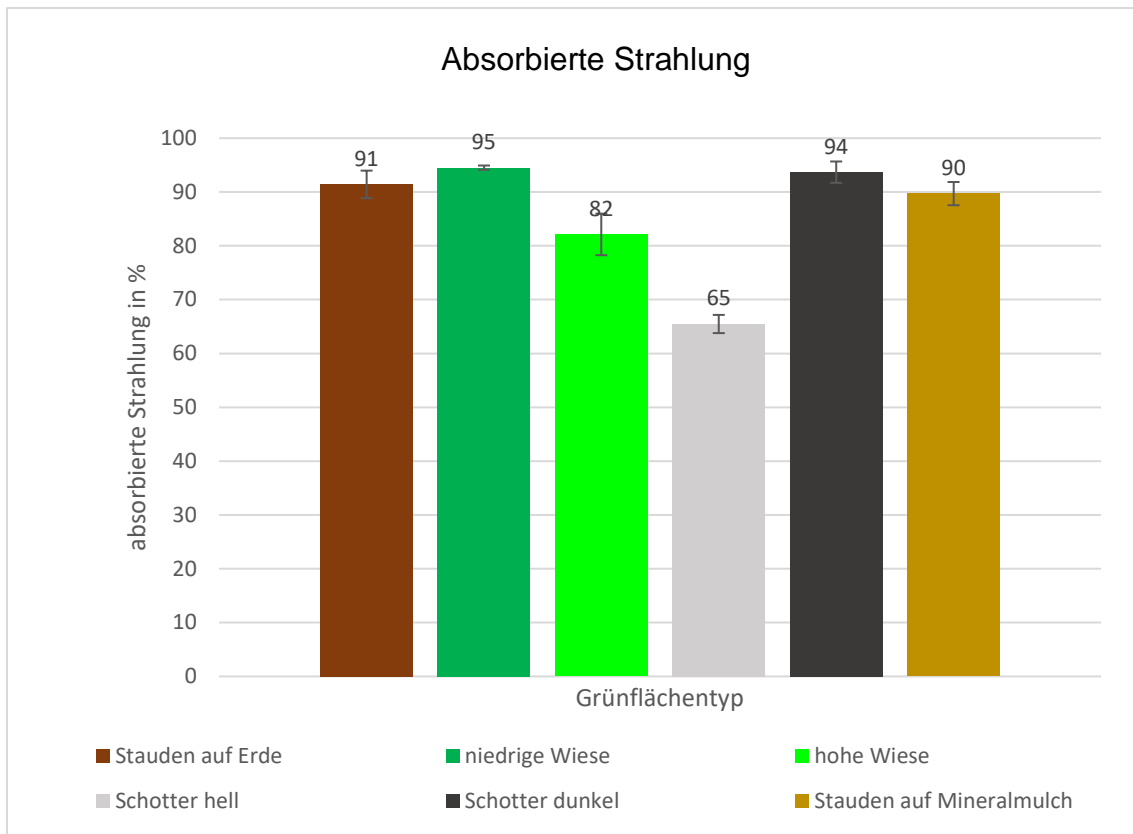


Abbildung 47: absorbierte Strahlung nach Grünflächentypen gemittelt; gemessen in ca. 1m bis 1,2m Höhe Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Ingelheim

Abbildung 47 stellt die durchschnittliche absorbierte Strahlung nach Grünflächentypen dar. Die meiste Strahlung wurde mit 95 % auf der niedrigen Wiese absorbiert, knapp weniger (94 %) wurde bei dunklem Schotter gemessen. Die geringste durchschnittlich absorbierte Strahlung des hellen Schotters (65 %) unterscheidet sich signifikant in allen Kombinationen zu den anderen Grünflächentypen. Außerdem weisen die Kombinationen hohe Wiese und niedrige Wiese sowie hohe Wiese und dunkler Schotter Signifikanzen auf.

### 4.1.3 Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen

Tabelle 6: *Signifikante Abweichungen Mikroklima in Ingelheim*

| Folgende Grünflächentypen unterscheiden sich bei folgenden Variablen signifikant (Signifikanzniveau von 5 %) und weichen im Mittel weiter voneinander ab, als es die Messunsicherheiten der Messgeräte erklären könnten. |                                |  |  |   |
|--|--------------------------------|--|--|---|
|  | Temperatur<br>[°C]<br>(T-Test) | Rel.<br>Luftfeuchte<br>[%]<br>(T-Test) | Windgeschwindigkeit<br>[m/s]<br>(U-Test) | absorbierte<br>Strahlung<br>[%]<br>(T-Test) |
| Stauden a. M. - Schotter dunkel  |                                |  |  |   |
| Stauden a. M. - Stauden a. Erde  |                                |  |  |   |
| Stauden a. M. - niedrige Wiese   |                                |  |  |   |
| Stauden a. M. - höhere Wiese   |                                | WAHR                                   |  |   |
| Stauden a. M. - Schotter hell  |                                |  |  | WAHR  |
| Schotter hell - Stauden a. Erde  |                                |  | WAHR                                     | WAHR  |
| Schotter hell - niedrige Wiese   |                                |  | WAHR                                     | WAHR  |
| Schotter hell - höhere Wiese   |                                | WAHR                                   |  | WAHR  |
| Schotter hell - Schotter dunkel  | WAHR                           | WAHR                                   |  | WAHR  |
| Schotter dunkel - Stauden auf<br>Erde  | WAHR                           | WAHR                                   |  |   |
| Schotter dunkel - niedrige Wiese   |                                |  |  |   |
| Schotter dunkel - höhere Wiese   | WAHR                           | WAHR                                   |  | WAHR  |
| Stauden auf Erde - niedrige<br>Wiese   |                                |  | WAHR                                     |   |
| Stauden auf Erde - höhere Wiese  |                                | WAHR                                   |  |   |
| niedrige Wiese - höhere Wiese  |                                | WAHR                                   | WAHR                                     | WAHR  |

In Tabelle 6 sind diejenigen Kombinationen bei den entsprechenden Klimavariablen mit „WAHR“ gekennzeichnet, bei denen durch die statistische Prüfung (Signifikanzniveau = 5 %) eine signifikante Abweichung festgestellt wurde und die Abweichung der Mittelwerte zueinander außerhalb der Messunsicherheiten der Geräte (nach Herstellerangabe, s. Tab. 2) liegt. Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und absorbierte Strahlung wurden mit dem T-Test geprüft, die Windgeschwindigkeit mit dem U-Test.

## 4.2 Ergebnisse Stadtklima Budesheim

*Andriana Rizos und Christopher Trumpp*

Für Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und adsorbierte Strahlung wurde der zweiseitige T-Test zu einem Signifikanzniveau von 5 % verwendet. Für die Windgeschwindigkeit wurde der U-Test durchgeführt.

### 4.2.1 Thermalbilder

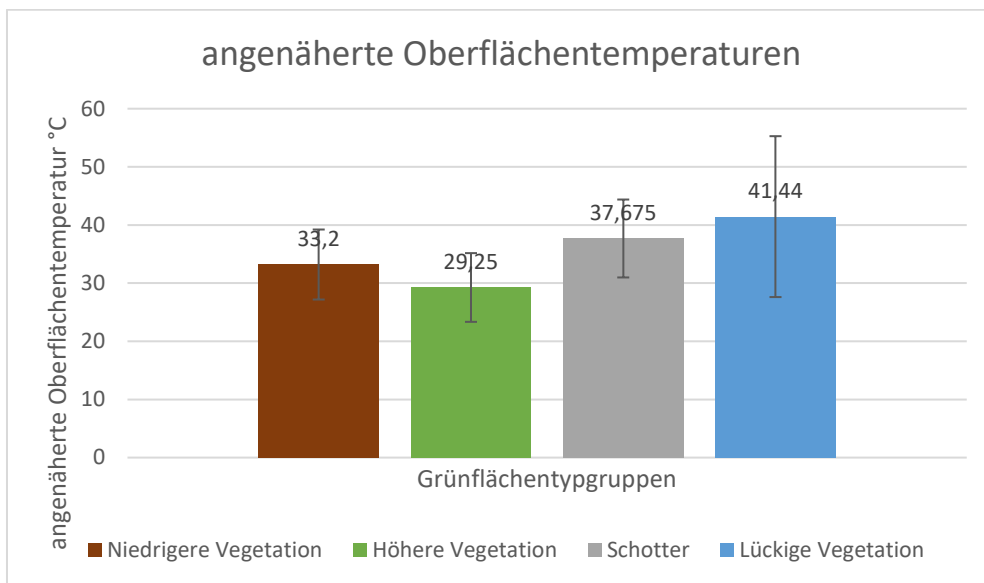


Abbildung 48: Näherungen der Oberflächentemperaturen der Grünflächentypgruppen; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim

In Abbildung 48 sind die Mittelwerte der Messungen mit der Thermalkamera für die verschiedenen Grünflächentypgruppen dargestellt. Es handelt sich nur um Näherungen, da der Emissionskoeffizient immer auf 0,95 eingestellt war.

## 4.2.2 Mittelwerte nach Grünflächentypen

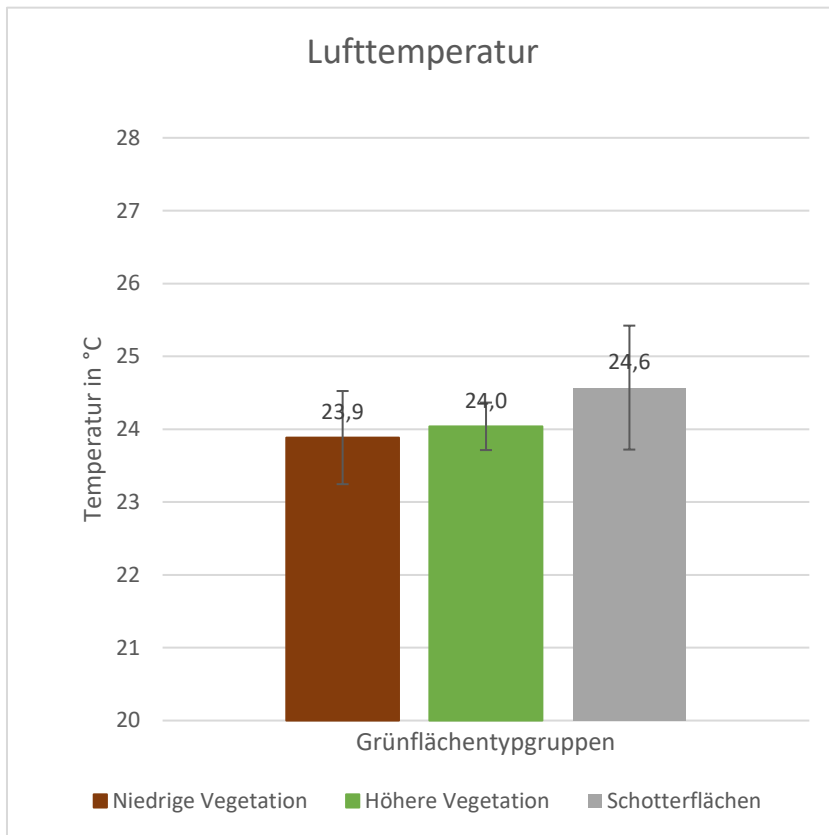


Abbildung 49: Lufttemperatur in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Büdesheim

Abbildung 49 stellt die gemittelten Lufttemperaturen nach Grünflächentypgruppen dar. Der höchste Wert liegt mit 24,6 °C bei den Schotterflächen vor, am kältesten war die niedrige Vegetation mit 23,9 °C. Zwischen diesen beiden Grünflächentypgruppen (Schotter und niedrige Vegetation) besteht ebenfalls ein signifikanter Unterschied.

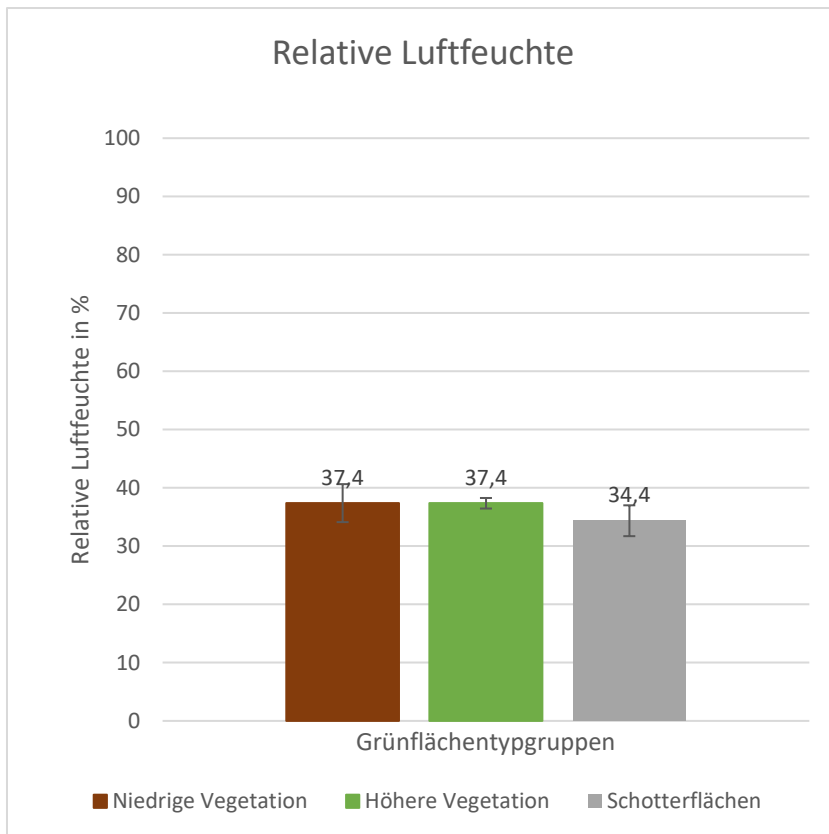


Abbildung 50: Relative Luftfeuchte in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Büdesheim

In Abbildung 50 wird die auf den Grünflächentypgruppen durchschnittliche relative Luftfeuchte abgebildet. Diese war sowohl bei der niedrigen als auch bei der höheren Vegetation mit 37,4 % am höchsten und bei den Schotterflächen mit 34,4 % am niedrigsten. Der Unterschied von Schotter zu hoher Vegetation und zu niedriger Vegetation ist jeweils signifikant.

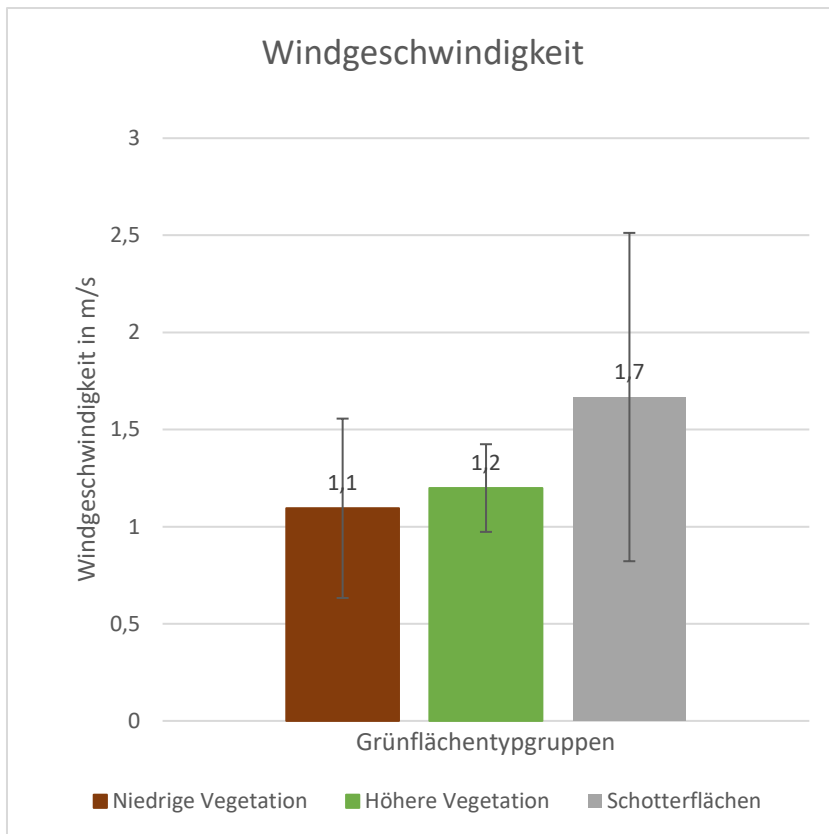


Abbildung 51: Windgeschwindigkeit in 2m Höhe nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Büdesheim

Abbildung 51 zeigt die nach Grünflächentypgruppen gemittelte Windgeschwindigkeit. Die höchste Windgeschwindigkeit wurde mit 1,7 m/s auf den Schotterflächen gemessen, am niedrigsten war diese bei der niedrigen Vegetation (1,1 m/s). Zwischen diesen beiden Grünflächentypgruppen bestand auch ein signifikanter Unterschied (s. Tab. 7).

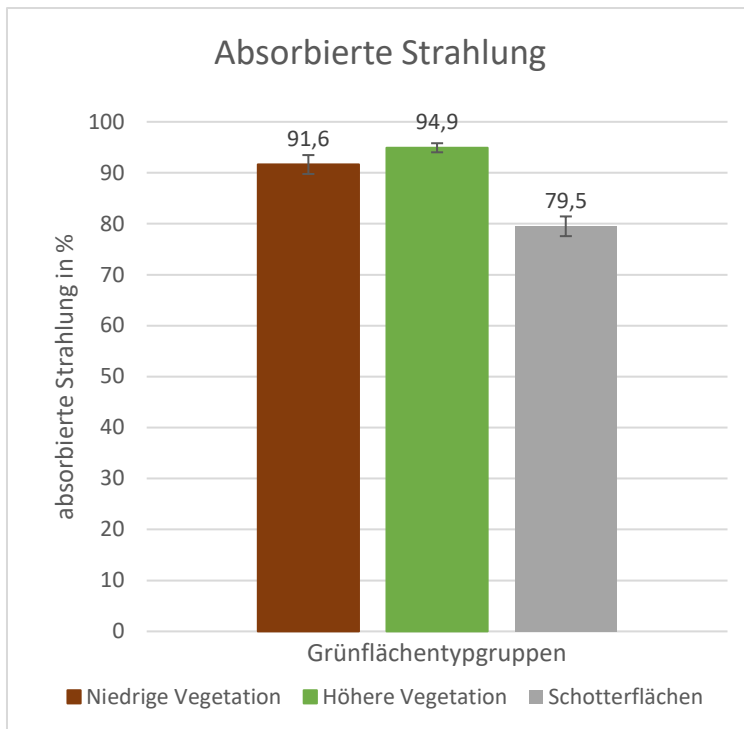


Abbildung 52: absorbierte Strahlung nach Grünflächentypgruppen gemittelt; Messung in ca. 1m bis 1,2m Höhe; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messort Budesheim

Die Abbildung 52 stellt die auf den Grünflächentypgruppen mittlere absorbierte Strahlung dar. Die größte Absorption fand mit 94,9 % bei der höheren Vegetation statt und die niedrigste bei Schotterflächen mit 79,5 %. Die absorbierte Strahlung der Schotterflächen ist signifikant niedriger als die von niedriger und als die von höherer Vegetation.

#### 4.2.3 Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen

Tabelle 7: Signifikante Abweichungen Mikroklima in Budesheim

| <b>Folgende Grünflächentypen unterscheiden sich bei den folgenden Variablen signifikant (Signifikanzniveau von 5 %) und weichen im Mittel weiter voneinander ab, als es die Messunsicherheiten der Messgeräte erklären könnten.</b> |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
|   | <b>Temperatur<br/>[°C]<br/>(T-Test)</b> | <b>Rel. Luftfeuchte<br/>[%]<br/>(T-Test)</b> | <b>Windgeschwindigkeit<br/>[m/s]<br/>(U-Test)</b> | <b>absorbierte Strahlung [%]<br/>(T-Test)</b> |
| <b>Niedrige - höhere Vegetation</b>   |   |  |   |   |
| <b>Niedrige Vegetation - Schotter</b>   | WAHR                                    | WAHR   | WAHR  | WAHR  |
| <b>Höhere Vegetation - Schotter</b>   |   | WAHR   |   | WAHR  |

In Tabelle 7 sind diejenigen Kombinationen bei den entsprechenden Klimavariablen mit „WAHR“ gekennzeichnet, bei denen durch die statistische Prüfung (Signifikanzniveau = 5 %) eine signifikante Abweichung festgestellt wurde und die Abweichung der Mittelwerte zueinander außerhalb der Messunsicherheiten der Geräte (nach Herstellerangabe) liegt. Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und absorbierte Strahlung wurden mit dem T-Test geprüft, die Windgeschwindigkeit mit dem U-Test.

#### 4.2.4 Nächtlliche Wärmemessungen

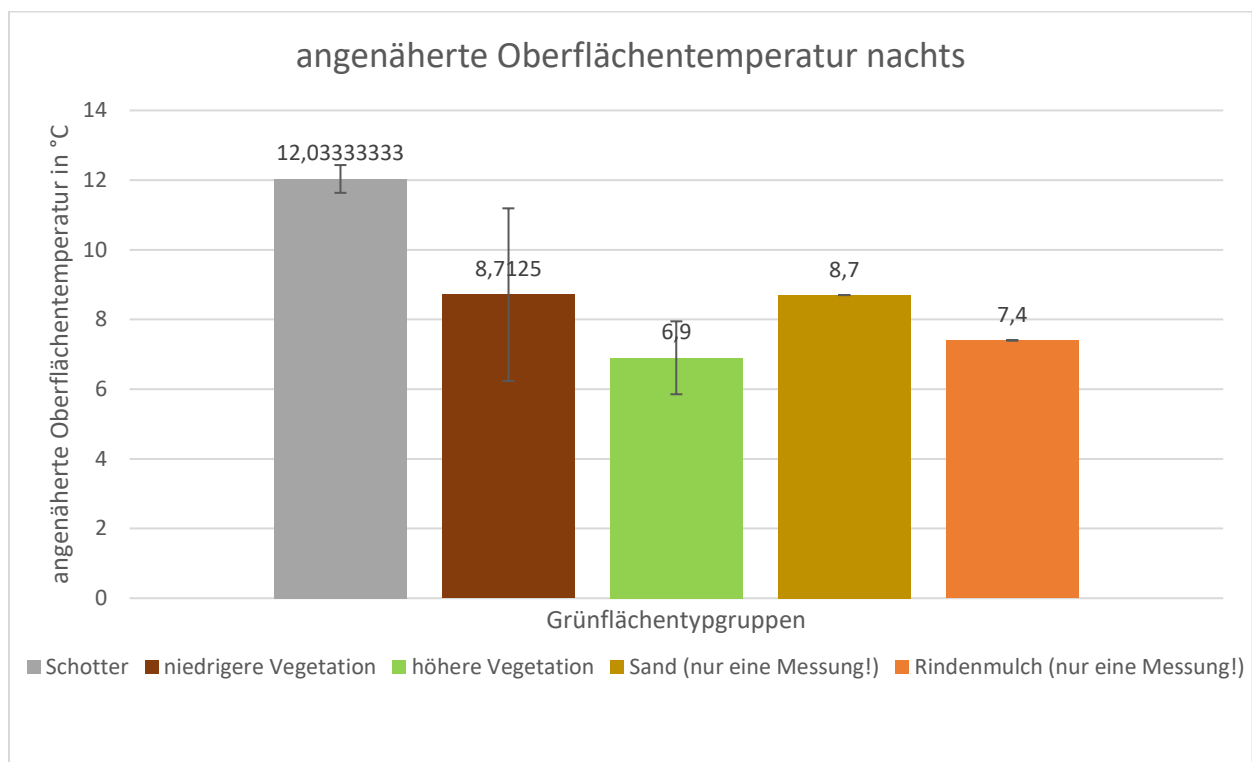


Abbildung 53: Näherungen der Oberflächentemperaturen gemittelt nach Grünflächentypen; Fehlerbalken zeigen Standardabweichung; Messzeitpunkt 15.05.22 zwischen 3:08 Uhr und 3:36 Uhr, Messort Budesheim

Abbildung 53 zeigt die nach Grünflächentypen gemittelten Oberflächentemperaturen. Die Messungen sind nachts zwischen 3:08 Uhr und 3:36 Uhr erfolgt und zeigen, wie stark die Wärme in den verschiedenen Grünflächentypen nachts gespeichert wird. Wie bei den anderen Messungen mit der Thermalkamera sind diese lediglich als Näherungen zu verstehen, da der Emissionskoeffizient bei allen Messungen auf 0,95 eingestellt war. Auf Schotter war die Oberflächentemperatur mit 12,0 °C am wärmsten, während sie bei „höhere Vegetation“ mit 6,9 °C den kältesten Wert erreichte.

## 4.3 Ergebnisse Biodiversität Ingelheim

*Alissa Gehrig und Mari Külheim*

### 4.3.1 Grünflächentyp: Schotter (hell)

In Abbildung 54 wird der Grünflächentyp „Schotter (hell)“ beschrieben. Dies war der Messort „Schotter 2“. In oranger Farbe dargestellt ist die Individuenanzahl insgesamt und die Anzahl der beobachteten Artengruppen. Es wurden bei den Messungen insgesamt 8 Individuen in zwei verschiedenen Artengruppen erfasst. Wie anhand der blauen Balken zu erkennen, wurden innerhalb der vier Messungen Individuen der Artengruppen Ameisen und Fliegen erfasst.

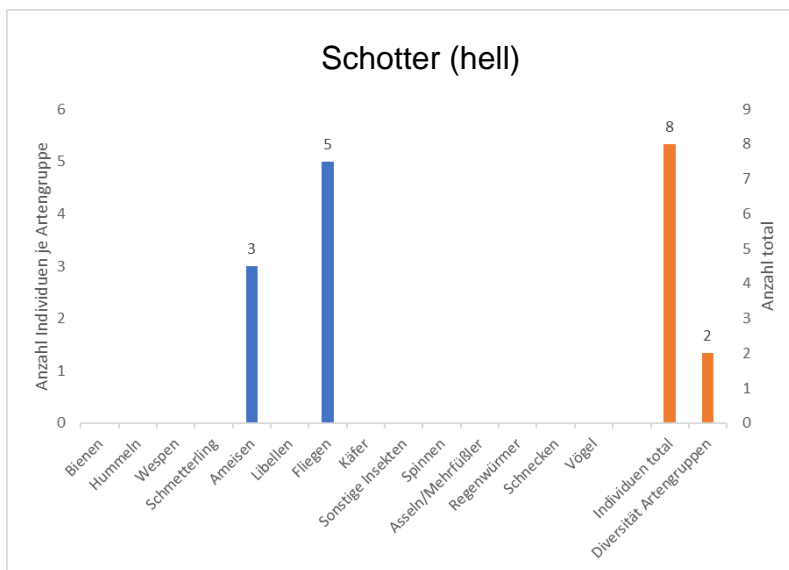


Abbildung 54: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Schotter (hell)" am Messort Schotter 2

### 4.3.2 Grünflächentyp: Schotter (dunkel)

In Abbildung 55 wird der Grünflächentyp „Schotter (dunkel)“ dargestellt. Dies war die Messort „Schotter 3“. In oranger Farbe dargestellt ist die Individuenanzahl insgesamt und die Anzahl der beobachteten Artengruppen. Es wurden bei den Messungen insgesamt 4 Individuen in zwei verschiedenen Artengruppen erfasst. Wie anhand der blauen Balken zu erkennen, wurden innerhalb der vier Messungen Individuen der Artengruppen Fliegen und sonstige Insekten erfasst.

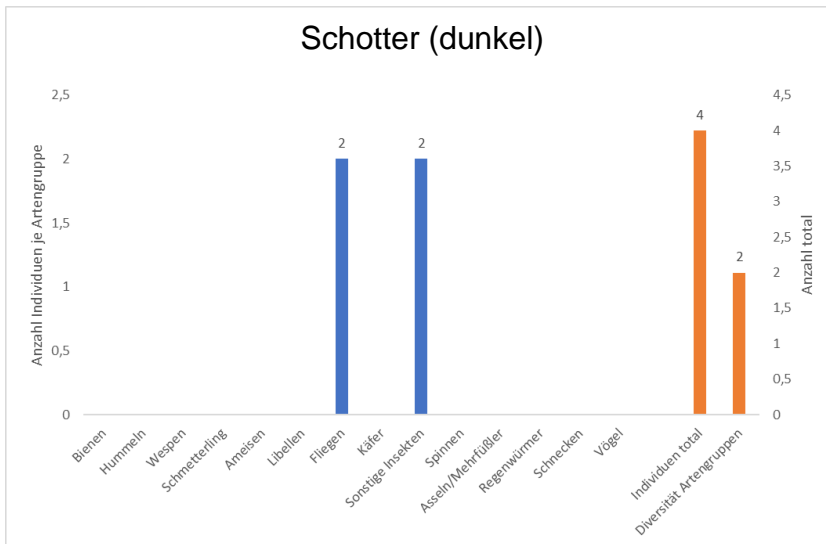


Abbildung 55: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Schotter (dunkel)" am Messort Schotter 3

#### 4.3.3 Grünflächentyp: Niedrige Wiese

Der Grünflächentyp „Niedrige Wiese“ war an den Messorten „Wiese 1 und 2“ aufzufinden. Hier wurden bei den Messungen 55 Individuen und eine Diversität von 6 Artengruppen gezählt (s. Abb. 56). Diese setzen sich aus Bienen, Ameisen, Fliegen, Käfern, sonstigen Insekten und Vögeln zusammen. Während Ameisen, Fliegen und sonstige Insekten häufig vorkamen, wurden Bienen, Käfer und Vögel seltener gesichtet.

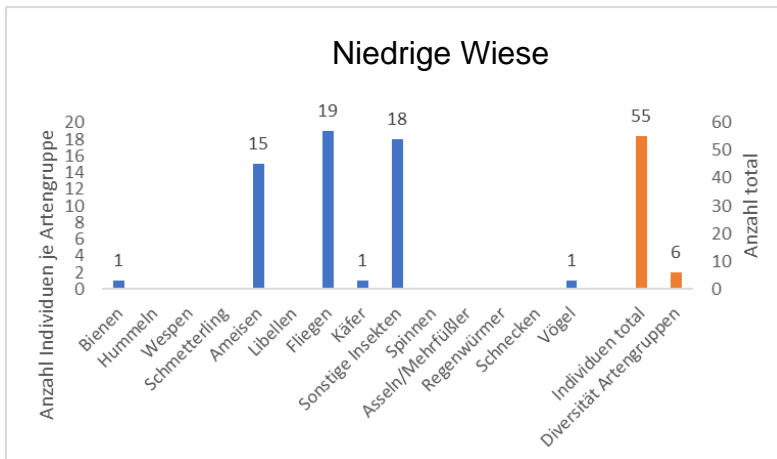


Abbildung 56: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Niedrige Wiese" an den Messorten Wiese 1 und 2

#### 4.3.4 Grünflächentyp: Stauden auf Mineralmulch

In Abb. 57 wird der Grünflächentyp „Stauden auf Mineralmulch“ dargestellt. Dies waren die Messorte „Mineralmulch 2 und 3“. In oranger Farbe dargestellt ist die Individuenanzahl insgesamt und die Anzahl der beobachteten Artengruppen. Es wurden bei den Messungen insgesamt 136 Individuen in 8 verschiedenen Artengruppen erfasst. Wie anhand der blauen Balken zu erkennen, wurden innerhalb der vier Messungen Individuen der Artengruppen Bienen, Hummeln, Wespen, Ameisen, Fliegen, Käfer, Sonstige Insekten und Spinnen erfasst. Am häufigsten traten Fliegen auf. Seltener waren dagegen Spinnen, Hummeln und Wespen vertreten.

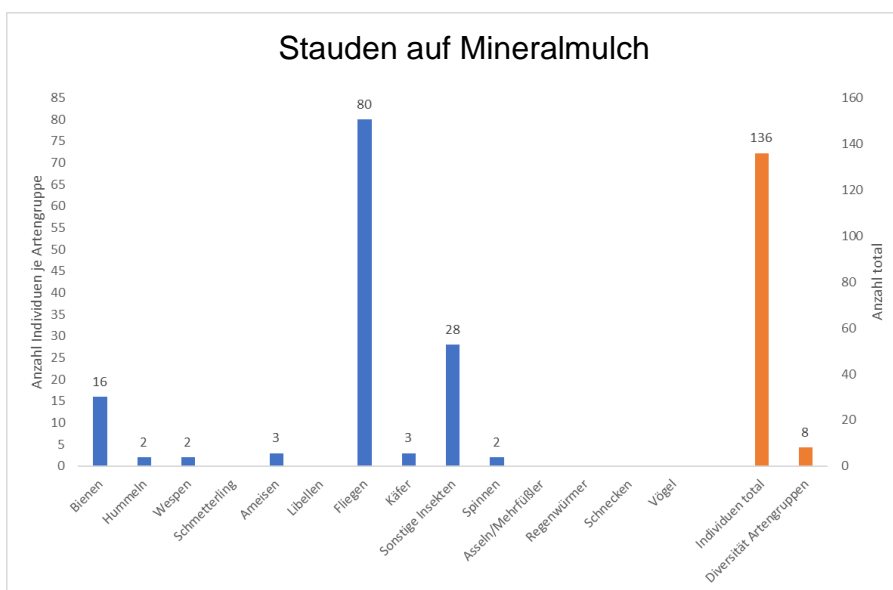


Abbildung 57: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Stauden auf Mineralmulch" an den Messorten Mineralmulch 2 und 3

#### 4.3.5 Grünflächentyp: Stauden auf Erde

In Abb. 58 wird der Grünflächentyp „Stauden auf Erde“ an den Messorten „Stauden auf Erde 1 und 2“ dargestellt. Wie in oranger Farbe zu erkennen, konnten innerhalb der vier Messdurchläufe 82 Individuen gezählt werden. Diese unterteilen sich in 9 verschiedene Artengruppen. Die Artengruppen werden in der Grafik in blau dargestellt. An beiden Messstandorten wurden Bienen, Hummeln, Wespen, Ameisen, Libellen, Fliegen, Käfer, sonstige Insekten und Spinnen kartiert. Auffällig ist hierbei, dass vor allem Fliegen und Ameisen vorkamen.

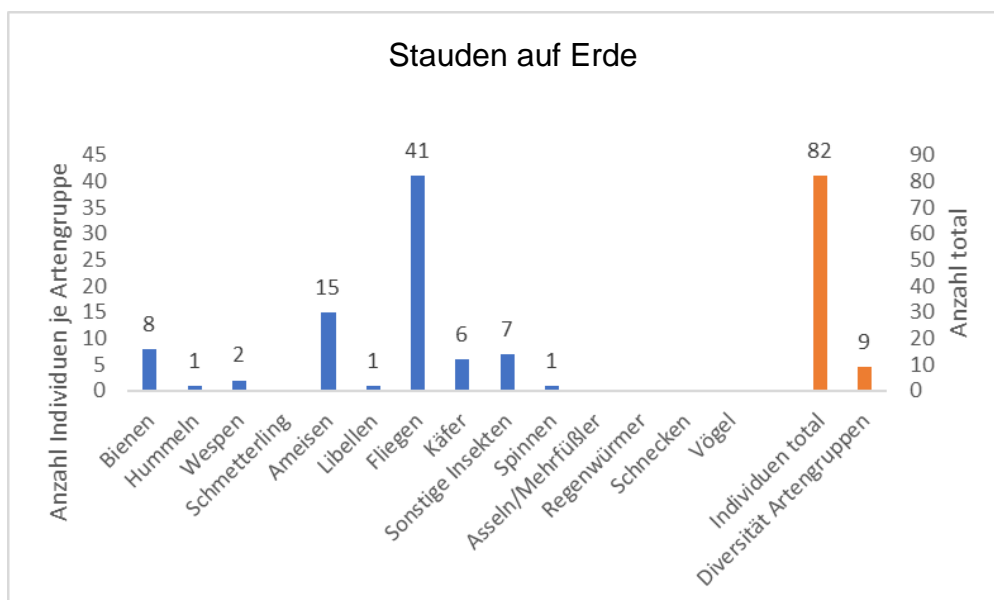


Abbildung 58: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Stauden auf Erde" an den Messorten Stauden auf Erde 1 und 2

#### 4.3.6 Grünflächentyp: Hohe Wiese

In Abb. 59 wird der Grünflächentyp „Hohe Wiese“ am Messort Wiese 3 dargestellt. Es wurden insgesamt 102 Individuen festgestellt sowie eine Diversität von 10 Artengruppen. Es waren Bienen, Hummeln, Wespen, Ameisen, Fliegen, Käfer, sonstige Insekten, Spinnen und sogar Schnecken, Vögel, Motten und Eidechsen aufzufinden. Auf häufigsten traten die Schnecken und Bienen auf. Eidechsen waren dagegen selten zu entdecken.

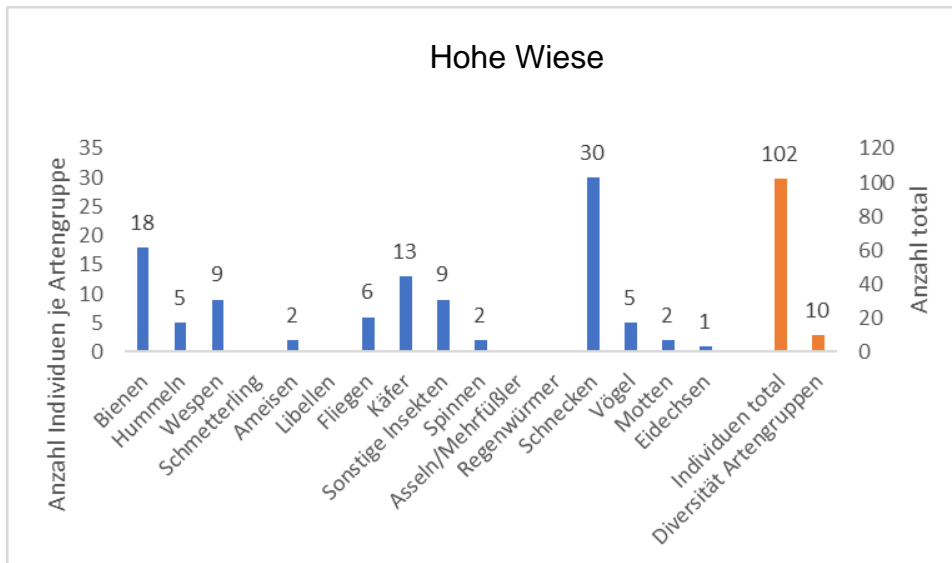


Abbildung 59: Biodiversität auf dem Grünflächentyp "Hohe Wiese" am Messort Wiese 3

#### 4.3.7 Signifikante Abweichungen der Grünflächentypen

Tabelle 8: Signifikante Abweichungen Biodiversität in Ingelheim

| Die Verteilungen sind signifikant unterschiedlich (Signifikanzniveau 5%), wenn hier "WAHR" steht |             |
|--|-------------|
|  |             |
| <b>Stauden auf Erde - Schotter hell</b>  | <b>WAHR</b> |
| <b>Stauden auf Erde - Schotter dunkel</b>  | <b>WAHR</b> |
| <b>Stauden auf Erde - Niedrige Vegetation</b>  | FALSCH      |
| <b>Stauden auf Erden - Hohe Vegetation</b>   | <b>WAHR</b> |
| <b>Stauden auf Erde - Stauden auf Mineralmulch</b>   | FALSCH      |
|  |             |
| <b>Niedrige Vegetation - Schotter hell</b>   | FALSCH      |
| <b>Niedrige Vegetation - Schotter dunkel</b>   | FALSCH      |
| <b>Niedrige Vegetation - Hohe Vegetation</b>   | FALSCH      |
| <b>Niedrige Vegetation - Stauden auf Mineralmulch</b>  | FALSCH      |
|  |             |
| <b>Hohe Vegetation - Stauden auf Mineralmulch</b>  | FALSCH      |
| <b>Hohe Vegetation - Schotter hell</b>   | <b>WAHR</b> |
| <b>Hohe Vegetation - Schotter dunkel</b>   | <b>WAHR</b> |
|  |             |
| <b>Stauden auf Mineralmulch - Schotter hell</b>  | FALSCH      |
| <b>Stauden auf Mineralmulch - Schotter dunkel</b>  | FALSCH      |
|  |             |
| <b>Schotter hell - Schotter dunkel</b>   | FALSCH      |

In Tabelle 8 sind diejenigen Kombinationen der Grünflächentypen mit „WAHR“ gekennzeichnet, bei denen durch die statistische Prüfung mit dem U-Test (Signifikanzniveau = 5 %) eine signifikante Abweichung festgestellt wurde. Signifikante Unterschiede bestehen zwischen Stauden auf Erde und Schotterflächen, Stauden auf Erde und hoher Vegetation und zwischen hoher Vegetation und Schotterflächen.

#### 4.4 Ergebnisse Biodiversität Budesheim

*Simon Walter und Laura Wörner*

##### 4.4.1 Schotterflächen (hell)

In Budesheim wurden an drei Standorten helle Schotterflächen auf das Vorkommen von Tierarten untersucht. Die Messorte lagen am Rathausplatz, am Schwimmbad und am Spielplatz im Bubenstück. Abbildung 60 zeigt die Ergebnisse der Biodiversitätsmessungen zusammenfassend für alle drei Standorte. Die blauen Balken stellen die Summe der während den vier Messdurchgänge gezählten Tiere je Artengruppe dar. Am häufigsten wurden Fliegen und Ameisen gefunden. Insgesamt wurden während der vier Messdurchgänge auf den drei Flächen 82 Individuen gezählt, die 6 verschiedenen Artengruppen zugehörten.

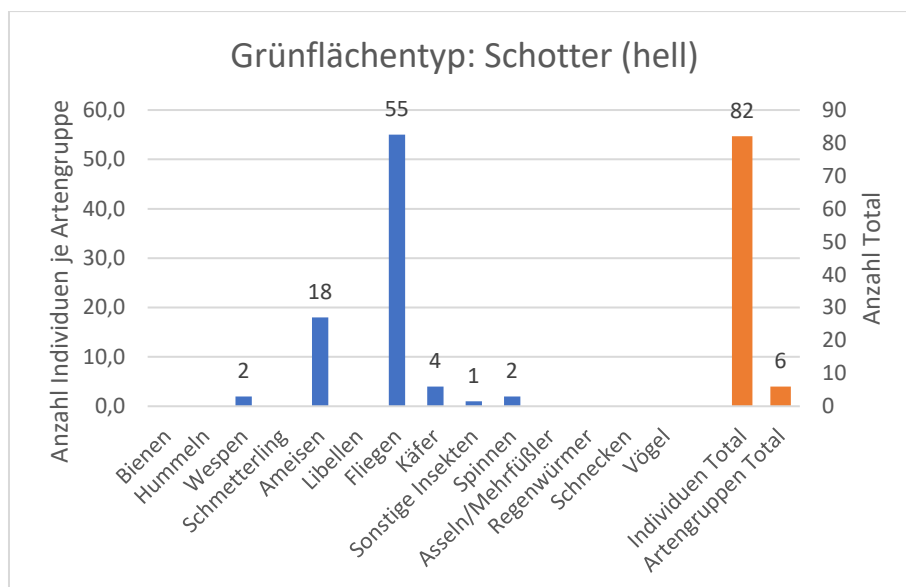


Abbildung 60: Biodiversität auf Schotterflächen in Budesheim

##### 4.4.2 Niedrige Vegetation

Weiterhin wurden drei Rasenflächen auf ihre Biodiversität untersucht. Eine Fläche lag am Spielplatz im Bubenstück. Bei den anderen beiden handelte es sich um zwei frisch

gemähte Insektenwiesen, von denen eine im Schatten lag und die andere besonnt war. Am häufigsten wurden wieder Fliegen und Ameisen gezählt, gefolgt von sonstigen Insekten sowie Bienen (s. Abb. 61). Insgesamt ergibt sich bei 101 gefundenen Tieren aus 11 verschiedenen Artengruppen eine hohe Diversität.

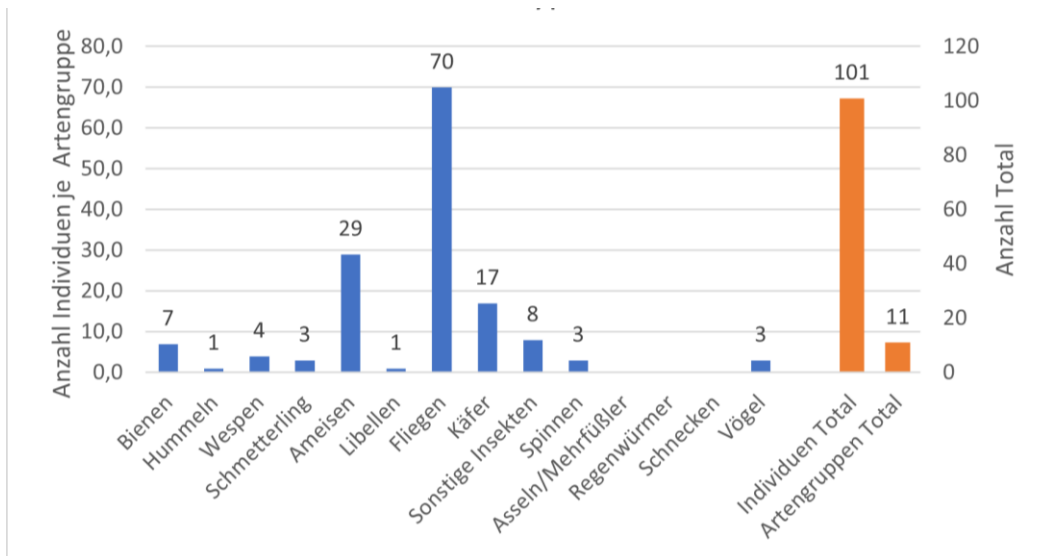


Abbildung 61: Biodiversität auf niedriger Vegetation in Büdesheim

#### 4.4.3 Rindenmulchfläche

Am Spielplatz im Bubenstück wurde eine Fläche mit Rindenmulch auf ihr Artenvorkommen untersucht. Hier konnten nur drei verschiedene Artengruppen gefunden werden (s. Abb. 62).

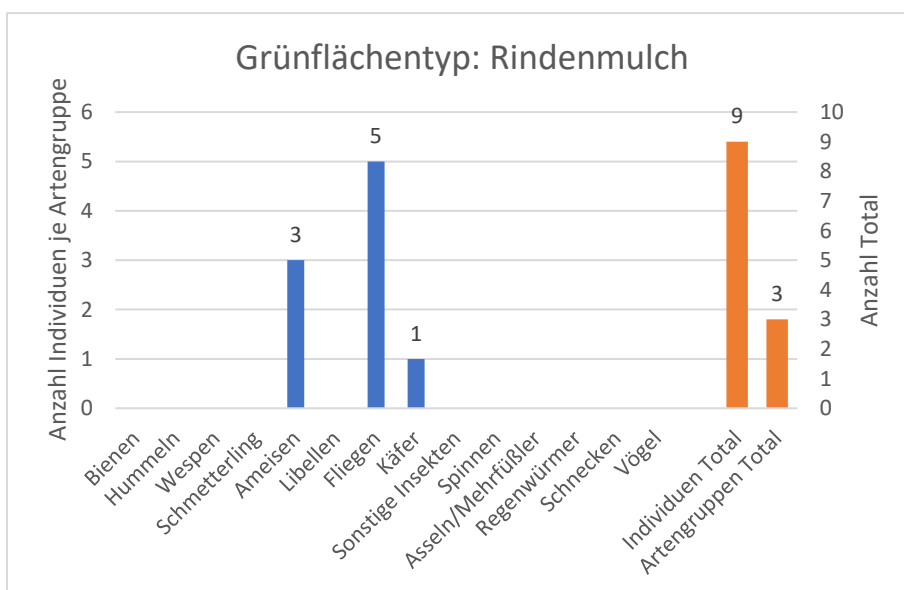


Abbildung 62: Darstellung der Biodiversitätsmessungen auf Rindenmulch in Büdesheim

#### 4.4.4 Stauden auf Erde

Auf dem Rathausplatz in Budesheim wurden Staudenpflanzungen auf Erde mit Stiefmütterchen und Tulpen angelegt. Bei den Messungen wurden neben Fliegen vereinzelt Bienen, eine Hummel und eine Spinne gefunden. Die hohe Individuenzahl der Artengruppe „sonstige Insekten“ ist zahlreichen Blattläusen geschuldet, die an den Tulpen saßen. Dementsprechend ergibt sich eine sehr hohe Individuenzahl, jedoch eine geringe Diversität der Arten (s. Abb. 63).

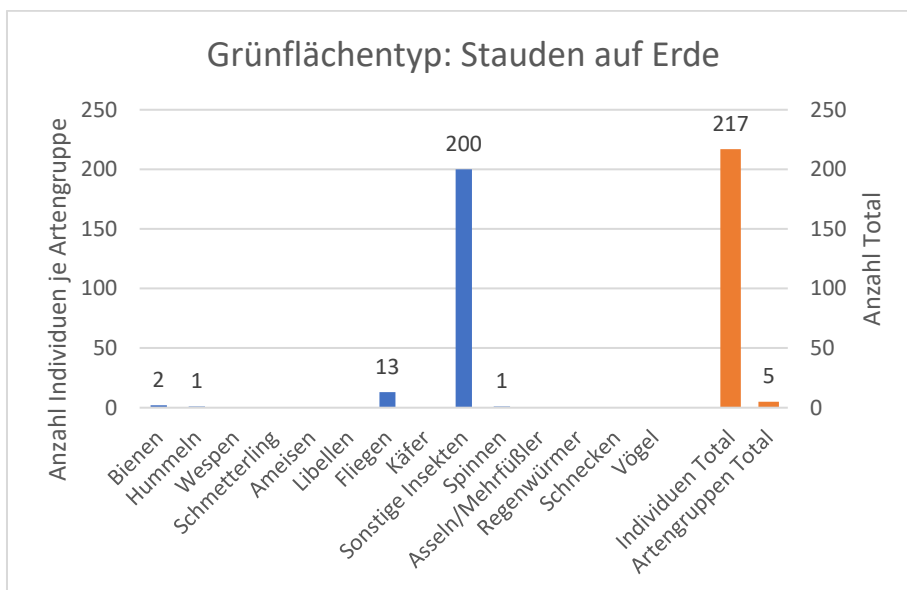


Abbildung 63: Darstellung der Biodiversitätsmessungen auf Stauden in Budesheim

#### 4.4.5 Hohe Vegetation

In Budesheim wurden an vier Standorten hohe Vegetationsflächen auf die dort vorkommenden Artengruppen untersucht. Am häufigsten wurden Fliegen, Ameisen und sonstige Insekten gezählt (s. Abb. 64). Es kamen jedoch auch Artengruppen wie Bienen, Käfer, Hummeln und Schmetterlinge vor, die auf den anderen Flächen nicht so häufig vertreten waren. Hervorzuheben ist auch, dass auf der Insektenwiese am Friedhof Insekten in Larvenstadien gefunden wurden (gezählt zu „sonstige Insekten“), was zeigt, dass auf der Fläche auch Reproduktion stattfindet. Insgesamt wurden 234 Individuen aus 11 verschiedenen Artengruppen gezählt.

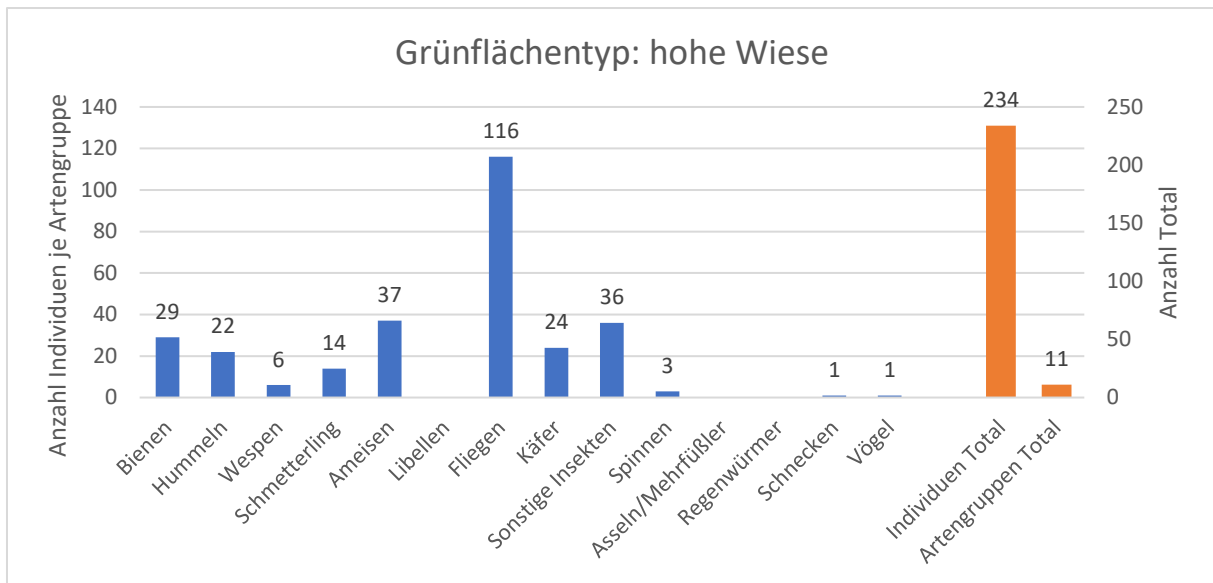


Abbildung 64: Darstellung der Biodiversitätsmessung auf vier hohen Insektenwiesen in Büdesheim

#### 4.4.6 Signifikante Abweichungen bei den Grünflächentypen

Tabelle 9: *Signifikante Abweichungen Biodiversität in Budesheim*

|  |  |        |
|--|--|--------|
| Die Verteilungen sind signifikant unterschiedlich (Signifikanzniveau 5%), wenn hier "WAHR" steht |  |        |
| Hohe Vegetation - Niedrige Vegetation  |  | FALSCH |
| Hohe Vegetation - Rindenmulch  |  | WAHR   |
| Hohe Vegetation - Schotter hell  |  | WAHR   |
| Hohe Vegetation - Stauden auf Erde   |  | WAHR   |
|  |  |        |
| Schotter - Stauden auf Erde  |  | FALSCH |
| Schotter - Niedrige Vegetation   |  | FALSCH |
| Schotter - Rindenmulch   |  | FALSCH |
|  |  |        |
| Stauden auf Erde - Niedrige Vegetation   |  | WAHR   |
| Stauden auf Erde - Rindenmulch   |  | FALSCH |
|  |  |        |
| Niedrige Vegetation - Rindenmulch  |  | WAHR   |

In Tabelle 9 sind diejenigen Kombinationen der Grünflächentypen mit „WAHR“ gekennzeichnet, bei denen durch die statistische Prüfung mit dem U-Test (Signifikanzniveau = 5 %) eine signifikante Abweichung festgestellt wurde. Signifikante Unterschiede bestehen zwischen hoher Vegetation und Rindenmulch, Schotter und Stauden auf Erde. Ebenfalls signifikant sind die Unterschiede zwischen Stauden auf Erde und niedriger Vegetation sowie Rindenmulch und niedriger Vegetation.

## 5 Diskussion und Gesamtbewertung

### 5.1 Vergleichende Bewertung der Grünflächentypen

*Markus Arnold und Sven Gasiorek*

#### 5.1.1 Allgemeines

Die Untersuchungsflächen weisen nur eine geringe Größe auf und sind daher stark durch Randeffekte angrenzender Flächen und Strukturen (Straßenzüge, Gebäude, sonstige versiegelte Flächen) beeinflusst. Dennoch konnten teilweise sogar signifikante Unterschiede bei den Grünflächentypen gemessen werden. Es ist daher davon auszugehen, dass auch kleine Grünflächen das Stadtklima und die Biodiversität beeinflussen können.

Im Folgenden sollen die Auswirkungen der untersuchten Grünflächentypen diskutiert werden. Dabei werden zunächst die Messergebnisse der Handmessungen und mobilen Klimastationen zu den einzelnen mikroklimatischen Variablen (Luftfeuchte, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und Strahlungsbilanz) und dann die Oberflächentemperaturen der Grünflächentypen beleuchtet. Im Anschluss folgt die Diskussion der Ergebnisse zur Biodiversität. Das Kapitel schließt mit einer vergleichenden Gesamtbewertung der Grünflächentypen.

#### 5.1.2 Relative Luftfeuchte

Die Messungen der relativen Luftfeuchte in 2 m Höhe mit nur geringen Unterschieden zwischen den Standorten zeigen, dass die Betrachtungsräume kleinflächig sind. Daher konnten auf den Budesheimer Flächen nur geringe Differenzen zwischen den verschiedenen Messpunkten festgestellt werden. Es konnte aber nachgewiesen werden, dass Schotterflächen eine signifikant niedrigere Luftfeuchte aufweisen als niedrige und hohe Vegetation. Dies konnte auch bei den Untersuchungen in Ingelheim bestätigt werden. Hier wurde über der hohen Wiese die signifikant höchste Luftfeuchte im Vergleich zu den anderen Grünflächentypen gemessen. Besonders gering ist die Luftfeuchte über dunklen Schotterflächen, hier ist der Unterschied auch im Vergleich zu hellen Schotterflächen signifikant.

Diese Ergebnisse sind plausibel und zeigen, dass auf begrünten Flächen die Pflanzentranspiration die Luftfeuchte erhöht. Dennoch können die Messergebnisse auch durch die teilweise unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten, z.B. bedingt durch angrenzende Straßenzüge mit Windkanaleffekt, durch die Luftfeuchte abtransportiert wird, beeinflusst worden sein.

### 5.1.3 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur in 2 m Höhe ist in Büdesheim über den hellen Schotterflächen (hier wurden keine dunklen Schotterflächen gemessen) signifikant höher als über den Vegetationsflächen, auch wenn die Unterschiede mit insgesamt 0,7 °C im Mittel nur gering sind. Dies hängt mit der Kleinflächigkeit der Untersuchungsflächen zusammen. In Ingelheim sind die dunklen Schotterflächen signifikant wärmer als alle Vegetationsflächen und auch als die hellen Schotterflächen. Auch Stauden auf Mineralmulch sind wärmer als die anderen Vegetationsflächen (inklusive Stauden auf Erde) und interessanterweise auch wärmer als heller Schotter. Die Temperaturunterschiede sind allerdings auch hier wegen der Kleinflächigkeit der untersuchten Bereiche sehr gering.

### 5.1.4 Windgeschwindigkeit

Die Messungen zur Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe sind stark von den die Messflächen umgebenden Strukturen abhängig, z.B. Gebäuden und Straßen. Zudem wurden die Messungen immer im Abstand von 10 min durchgeführt, sodass kurzzeitige Winde vermutlich zu den stark schwankenden Messergebnissen geführt haben. In Büdesheim war die Windgeschwindigkeit über den Schotterflächen am höchsten, während die Windgeschwindigkeit über den Schotterflächen in Ingelheim eher niedrig war. Wegen der starken Randeffekte, der Inkonsistenzen in den Messergebnissen und der Spannweite der Messdaten wird die Windgeschwindigkeit in der Gesamtbewertung nicht weiter betrachtet. Zudem ist davon auszugehen, da auf den untersuchten Grünflächentypen selbst keine höheren Strukturen wie z.B. Bäume mit Einfluss auf die Windgeschwindigkeit vorhanden sind, dass Auswirkungen der kleinflächigen Grünflächentypen auf die Windgeschwindigkeit insgesamt weitgehend fehlen.

### 5.1.5 Strahlungsbilanz

Die Strahlungsbilanz gibt die Differenz zwischen der einfallenden und reflektierten Strahlung wieder. Ist die Strahlungsbilanz gering, wird viel Strahlung reflektiert. Je mehr Strahlung absorbiert wird, desto stärker erwärmen sich die Flächen.

Sowohl in Ingelheim als auch in Büdesheim hat heller Schotter die signifikant niedrigste Strahlungsbilanz. Am meisten Strahlung wird dagegen bei dunklen Schotterflächen sowie bei niedriger Wiese (Ingelheim) bzw. höherer Vegetation (Büdesheim)

absorbiert. Dabei ist zu beachten, dass dies v.a. durch die Helligkeit und Färbung, also die Albedo der Grünflächentypen beeinflusst wird. Je heller die Färbung, desto mehr Strahlung wird reflektiert. Dies zeigt sich klar bei den hellen Schotterflächen im Vergleich zu dunklem Schotter. Bei begrünten Flächen variiert die Färbung. Bei Wiesen z.B. je nach Anteil an trockenen, braunen Altgrasbeständen, die heller gefärbt sind als frisches dunkelgrünes Gras. Auch je nachdem wie geschlossen die Vegetationsdecke ist oder ob dunkle Erde bei lückiger Vegetation sichtbar ist, variiert die Strahlungsbilanz. Dies erklärt zum einen den hohen Wert absorbierter Strahlung bei den niedrigen und teilweise lückigen, dunkle Erde zeigenden Wiesen in Ingelheim sowie den hohen Wert absorbierter Strahlung bei der höheren, eher dunkelgrün und noch nicht durch Altgrasbestände gekennzeichneten Vegetation in Budesheim.

#### 5.1.6 Oberflächentemperaturen

Mithilfe der Thermalkamera wurden die Oberflächentemperaturen auf allen Grünflächentypen tags sowie in Budesheim auch nachts gemessen. Bei den gemessenen Werten handelt es sich um Annäherungen an die tatsächliche Oberflächentemperatur, da der Emissionskoeffizient bei der Kamera immer auf 0,95 eingestellt war. Unterschiedliche Materialien weisen jeweils unterschiedliche Emissionskoeffizienten auf. Da sich die untersuchten Flächen jedoch aus unterschiedlichen Materialien zusammensetzen und jeweils nur die Temperaturunterschiede zwischen den Grünflächentypen relevant sind, kann der Emissionskoeffizient vorliegend vernachlässigt werden.

Tagsüber wiesen dunkle Schotterflächen und Stauden auf Mineralmulch in Ingelheim die höchsten Oberflächentemperaturen auf, während Wiesen, aber auch Stauden auf Erde deutlich kühler waren. Die Thermalaufnahmen in Budesheim zeigen, dass auch helle Schotterflächen deutlich wärmer sind als begrünte Flächen. Am wärmsten war dort allerdings lückige Vegetation, wobei es sich um Flächen handelt, bei denen die Vegetation nur wenig Boden bedeckt und der dunkle offene Boden viel Strahlung absorbieren und sich dadurch stark erwärmen kann.

Die nächtlichen Thermalaufnahmen in Budesheim zeigen, dass Schotterflächen nicht nur tagsüber, sondern auch nachts mit Abstand die höchsten Oberflächentemperaturen aufweisen. Schotterflächen erwärmen sich also tagsüber stark und kühlen nachts nur langsam ab, sind also mikroklimatisch im Vergleich zu begrünten Flächen deutlich ungünstiger. Dabei hat die Helligkeit des Gesteins einen

großen Einfluss, aber auch die Korngröße. Je größer das verwendete Schottermaterial, desto langsamer kühlt es ab, wie der Vergleich mit der Thermalaufnahme einer Sandfläche in Budesheim zeigt, die nachts mit 8,7 °C deutlich stärker abgekühlt war als der helle Schotter mit 12 °C. Auch Rindenmulch war nachts deutlich kühler als Sand oder Schotter. Dies sollte bei der Verwendung von mineralischem Mulch bei Staudenpflanzungen berücksichtigt werden.

Die geringsten nächtlichen Oberflächentemperaturen wiesen die Grünflächen mit höherer, geschlossener Vegetation auf, während niedrige Vegetation etwas höhere Oberflächentemperaturen zeigt.

Insgesamt zeigt sich, dass auch kleinflächige, begrünte Bereiche in den Siedlungen zur nächtlichen Abkühlung und Kaltluftproduktion beitragen, während Schotterflächen die urbanen Hitzeinseleffekte verstärken.

#### 5.1.7 Biodiversität

Der Schwerpunkt der Biodiversitätsmessungen lag auf den Arthropodenuntersuchungen, da die dazugehörigen Artengruppen oft wenig mobil sind, geschlossene Populationen in kleinflächigen Lebensräumen bilden und daher besser als andere Tierartengruppen geeignet sind, die Habitatqualität von kleinen Grünflächentypen anzuzeigen. Zudem stehen die Arthropoden in der Nahrungskette unten, so dass viele Arthropoden die Flächen auch für andere Artengruppen z.B. der Vögel, Reptilien oder Säugetiere interessant machen.

Die Anzahl der gefundenen Artengruppen ist entscheidend für die Biodiversität. Daneben zeigt die Anzahl an Individuen und insbesondere die Gleichverteilung der Individuen auf die Artengruppen (Evenness) eine hohe Biodiversität an.

Die Ergebnisse zeigen große Unterschiede zwischen begrünten und unbegrünten Flächen. Die hohe Vegetation (Wiese) weist sowohl in Ingelheim als auch in Budesheim die höchste Anzahl an Artengruppen und die höchste Evenness auf. Hier kommen auch die meisten ökologisch wertvollen Artengruppen der Bestäuberinsekten vor. Dazu zählen z.B. Bienen, Hummeln, Wespen und Schmetterlinge. Ein weiterer Hinweis für ein funktionierendes Ökosystem sind die unterschiedlichen Lebensstadien der vorkommenden Insekten. So konnten in Budesheim bei der hohen Vegetation neben der Imago auch Tiere im Larvenstatus beobachtet werden. Das zeigt, dass nur hier die Habitatqualität Reproduktion ermöglicht. Die geringe Pflegeintensität der Wiesen wirkt sich klar positiv auf die Biodiversität aus.

Bei der niedrigen Vegetation in Ingelheim lässt sich ein Rückgang solcher ökologisch wertvoller Artengruppen erkennen. Der Einbruch dieser Zahlen rührt daher, dass durch die intensivere Mahd und Pflege dieser Rasenflächen Futterpflanzen, insbesondere Blüten für Bestäuberinsekten, fehlen und der Lebensraum insgesamt weniger strukturreich ist. Schwerpunktmäßig kommen hier noch Artengruppen wie Fliegen und Ameisen vor, die sehr anpassungsfähig sind und daher häufig in Siedlungen vorkommen. Bei der niedrigen Vegetation in Budesheim sind Anzahl der Artengruppen und Individuenzahlen deutlich höher, dies liegt aber nur daran, dass hier auch frisch gemähte Teilflächen der Insektenwiese mit betrachtet wurden, deren Biodiversität durch die insgesamt geringe Pflegeintensität auf der Fläche trotzdem noch hoch ist. Die Staudenpflanzungen sowohl auf Mineralmulch als auch auf Erde weisen ebenfalls eine hohe Biodiversität auf, jedoch deutlich geringer im Vergleich zu hoher Wiese. Dies kann mit der höheren Anzahl nicht heimischer Arten in Staudenpflanzungen zusammenhängen. Bei den untersuchten Staudenpflanzungen in Budesheim hängt dies sicherlich auch mit der besonderen Ausprägung (verblühte Stiefmütterchen und Tulpen, nur lückige Vegetation) zusammen.

Die Biodiversität ist auf Schotterflächen insgesamt am schlechtesten und signifikant geringer als bei Staudenpflanzungen und hoher Wiese. Wegen der fehlenden Begrünung sind die Flächen nur für extrem anpassungsfähige Artengruppen geeignet und überwiegend Fliegen und Ameisen treten hier auf. Helle Schotterflächen zeigen dabei tendenziell eine etwas höhere Biodiversität im Vergleich zu dunklen Schotterflächen, vermutlich weil die starken Aufheizungseffekte bei dunklem Schotter die Habitatqualität weiter verschlechtern. Die vereinzelt festgestellten Individuen sonstiger Artengruppen auf Schotter haben sich wahrscheinlich während der Messungen nur zufällig auf den Flächen aufgehalten, die Flächen z.B. gequert. Auch die Rindenmulchflächen haben bezüglich der Biodiversität schlecht abgeschnitten.

#### 5.1.8 Gesamtbewertung Mikroklima und Biodiversität

Es wurden zuerst die Mittelwerte eines jeden Grünflächentyps berechnet. Da die mikroklimatischen Auswirkungen sowie die Biodiversität der hohen Vegetation / Wiese am besten abschneiden, wurde dieser Grünflächentyp als Referenzfläche festgelegt. Mithilfe von Delta-Berechnungen konnte dann anschaulich dargestellt werden, inwieweit die Messergebnisse der anderen Grünflächentypen von dieser Referenzfläche abweichen. Für die Gesamtbewertung wurden nur die

Oberflächentemperaturen und die Biodiversität einbezogen, weil sich hier die größten Unterschiede zwischen den Grünflächentypen zeigen. Die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte, die Windgeschwindigkeit sowie die absorbierte Strahlung wurden zwar wegen der relativ geringen Unterschiede nicht einbezogen, allerdings unterstützen auch hier die Ergebnisse die Gesamtbewertung.

Bei der Biodiversität der niedrigen Vegetation wurden nur die Werte aus Ingelheim berücksichtigt, da die Werte aus Budesheim auf den frisch gemähten Teilflächen der Insektenwiese nicht typisch für niedrige Vegetationsflächen (Rasen) sind.

Da für die Grünflächentypen Sand und Rindenmulch nur sehr wenige Messdaten vorliegen, wurden diese in die Gesamtbewertung ebenfalls nicht einbezogen.

Für die Gesamtbewertung wurden die gemittelten Messdaten zu Oberflächentemperaturen sowie zur Biodiversität in Kategorien eingeteilt (vgl. Tab. 10). Die Gesamtbewertung wurde zur besseren Übersichtlichkeit für die Grünflächentypen in Ampelfarben dargestellt.

Tabelle 10: Gesamtbewertung Mikroklima und Biodiversität

| Grünflächentyp              | Mikroklima                                     |  | Biodiversität                  |  | Gesamtbewertung<br>Mikroklima | Gesamtbewertung<br>Biodiversität |
|-----------------------------|--|--|--------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|
|                             | Oberflächentemperatur<br>Tag (Mittelwert) (°C) | Oberflächentemperatur<br>Nacht (Mittelwert) (°C) | Individuenzahl<br>(Mittelwert) | Anzahl<br>Artengruppen<br>(Mittelwert) |                               |                                  |
| Wiese<br>(Referenzfläche)   | 29,9   | 6,9  | 54,7                           | 10,5                                   |                               |                                  |
|                             | Δ-Oberflächen-<br>temperatur Tag (°C)          | Δ-Oberflächen-<br>temperatur Nacht (°C)          | Δ-<br>Individuenzahl           | Δ- Anzahl<br>Artengruppen              |                               |                                  |
| Rasen                       | + 1,0  | + 1,8  | - 23,5                         | - 4                                    |                               |                                  |
| Schotter hell               | + 7,5  | + 5,1  | - 37,1                         | - 6,5                                  |                               |                                  |
| Schotter dunkel             | + 10,7   | -  | - 52,7                         | - 8,5                                  |                               |                                  |
| Stauden auf<br>Mineralmulch | + 9,5  | -  | + 13,2                         | - 2,5                                  |                               |                                  |
| Stauden auf Erde            | + 7,8  | + 3,6  | - 13,7                         | - 1,5                                  |                               |                                  |
| Bewertungsschema:           |  |  |                                |  |                               |                                  |
|                             |  | Gut  | Mittel                         |  | Schlecht                      |                                  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Gesamtbewertung Mikroklima:</b></p> <p><b>Gut:</b> Oberflächentemperatur tags &lt;30°C, nachts &lt;8°C</p> <p><b>Mittel:</b> Oberflächentemperatur tags 30-39 °C, nachts 8-13 °C</p> <p><b>Schlecht:</b> Oberflächentemperatur tags &gt;39 °C, nachts &gt;13 °C</p> | <p><b>Gesamtbewertung Biodiversität:</b></p> <p><b>Gut:</b> &gt;8 Artengruppen, Individuenzahl &gt;40</p> <p><b>Mittel:</b> 6-8 Artengruppen, Individuenzahl 20-40</p> <p><b>Schlecht:</b> &lt;6 Artengruppen, Individuenzahl &lt;20</p> |
|---|--|

## 5.2 Empfehlungen, rechtliche Umsetzung, Beratung und Förderung

### 5.2.1 Handlungsempfehlungen

*Thomas Ennenbach & Lars Dunkel*

Im Folgenden werden positive und negative Auswirkungen der Grünflächentypen tabellarisch zusammengestellt und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Tabelle 11: *Handlungsempfehlungen*

| Grünflächen-<br>typ                             | Positiv  | Negativ  | Empfehlung  |
|---|--|--|---|
| <b>Wiese (Hohe Vegetation) (Referenzfläche)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Höchste Biodiversität</li> <li>- Habitatqualität ermöglicht Reproduktion verschiedener Arten</li> <li>- Im Vergleich geringste Durchschnittstemperatur und daher kühlendes Mikroklima</li> <li>- Mehr Pflanzen-<br/>transpiration und daher höhere Luftfeuchte (Kozlowski, 2012)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlender Effekt auf umliegende Flächen bei kleinflächigen Wiesen gegeben, aber besser bei großen Wiesen</li> <li>- Je nach Helligkeit der Färbung (frisches dunkles Gras, hellere Altgrasbestände) variiert die absorbierte Strahlung und damit die Erwärmung der Wiesen</li> <li>- Flächen mit geringer Pflegeintensität werden teilweise als unsauber, unordentlich oder sogar verwahrlost wahrgenommen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiesen mit geringer Pflegeintensität (Mahd 1-2 x jährlich, alternierende Mahd) sind für das städtische Klima sowie für eine reiche Biodiversität die beste Wahl und sollten möglichst großflächig angelegt werden.</li> <li>- Altgrasbestände verringern wegen heller Färbung die Erwärmung, sind gut für die Biodiversität (z.B. überwintern manche Insekten in den hohlen Stängeln) und sollten daher zumindest randlich oder auf Teilflächen stehen bleiben.</li> <li>- Infotafeln zur Steigerung der Akzeptanz bei geringer Mahdhäufigkeit, alternierender Mahd oder Belassen von Altgrasstreifen</li> </ul> |

| Grünflächen-<br>typ               | Positiv  | Negativ  | Empfehlung   |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Rasen<br>(Niedrige<br>Vegetation) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Größere Belastbarkeit im Vergleich zu Wiesen</li> <li>- Mittlere Temperaturen ähnlich wie bei Wiesenflächen, aber nächtliche Oberflächentemperatur etwas höher</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Häufige Pflege notwendig</li> <li>- Biodiversität ist durch regelmäßige Mahd im Vergleich zu Wiesen sehr deutlich eingeschränkt</li> <li>- Mahdroboter können Igel oder andere Kleintiere gefährden</li> <li>- Kühlender Effekt auf umliegende Flächen erfordert große Rasenflächen</li> <li>- Bei lückiger Vegetation deutlich höhere Temperaturen</li> <li>- Weniger Pflanzentranspiration und daher geringere Luftfeuchte als bei Wiesen</li> <li>- Sehr empfindlich gegenüber Sommertrockenheit bzw. fehlender Bewässerung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rasenflächen sollten für das Mikroklima und die Biodiversität aufgewertet werden, indem nur bereichsweise Flächen regelmäßig gemäht werden, die eine hohe Belastbarkeit erfordern, z.B. als Liege- oder Sportrasen. Ansonsten sollten Altgrasstreifen und -inseln belassen werden oder zumindest sollte nur alternierend gemäht werden.</li> <li>- Blühinseln / -streifen fördern die Biodiversität</li> <li>- Zur Optimierung des Mikroklimas ist unbedingt auf eine geschlossene Vegetationsdecke zu achten.</li> </ul> |

| Grünflächen-<br>typ         | Positiv  | Negativ  | Empfehlung   |
|-----------------------------|--|--|--|
| <b>Stauden auf<br/>Erde</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich mehr Biodiversität als auf Rasenflächen</li> <li>- Biodiversität vergleichbar mit Stauden auf Mineralmulch (abhängig von Bewuchsdichte und Pflanzenarten)</li> <li>- Mittlere Temperaturen etwas kühler im Vergleich zu Stauden auf Mineralmulch</li> <li>- relative Luftfeuchte wegen ähnlichem Pflanzenaufwuchs vergleichbar mit Stauden auf Mineralmulch und höher als bei Rasen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich weniger Biodiversität im Vergleich zu Wiese</li> <li>- Deutlich wärmer als Wiese und Rasen</li> <li>- Deutlich weniger Luftfeuchte als Wiese</li> <li>- Für das Mikroklima wichtige geschlossene Vegetation erfordert intensivere Pflege im Vergleich zu Stauden auf Mineralmulch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschlossene Bepflanzung sorgt für mehr Transpiration und bedeckt gleichzeitig den dunklen Boden</li> <li>- Es sollten einheimische Staudenpflanzen integriert werden, die sich mit vermehrtem Anflug und der Besiedelung von verschiedenen Insektenarten bewährt haben (Kleinod et al., 2018)</li> <li>- Stauden auf Erde sind im Vergleich zu Stauden auf Mineralmulch mikroklimatisch günstiger</li> </ul> |

| Grünflächen-<br>typ                 | Positiv  | Negativ   | Empfehlung   |
|-------------------------------------|--|---|--|
| <b>Stauden auf<br/>Mineralmulch</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich mehr Biodiversität als bei Rasenflächen, vergleichbar mit der Biodiversität bei Stauden auf Erde (abhängig von Bewuchsdichte und Pflanzenarten)</li> <li>- Relative Luftfeuchte wegen ähnlichem Pflanzenaufwuchs vergleichbar mit Stauden auf Erde</li> <li>- Weniger pflegeintensiv im Vergleich zu Stauden auf Erde</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich weniger Biodiversität im Vergleich zu Wiese</li> <li>- Mittlere Temperaturen etwas höher als bei Stauden auf Erde, deutlich wärmer als Wiese und Rasen</li> <li>- Deutlich weniger Luftfeuchte als Wiese</li> <li>- Geschlossene Vegetation erfordert intensive Pflege</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschlossene Bepflanzung sorgt für mehr Transpiration und bedeckt gleichzeitig den dunklen Boden</li> <li>- Es sollten einheimische Staudenpflanzen integriert werden, die sich mit vermehrtem Anflug und der Besiedelung von verschiedenen Insektenarten bewährt haben (Kleinod et al., 2018)</li> <li>- Wegen des ungünstigeren Mikroklimas sollte genau überlegt werden, ob Staudenflächen mineralisch gemulcht werden, auch wenn der Pflegebedarf dadurch etwas reduziert wird. Wiese ist deutlich weniger pflegeintensiv.</li> <li>- Der Winteraspekt ist besonders zu beachten. Liegen die Mineralmulchflächen dann offen, weil die Stauden eingezogen sind bzw. zurückgeschnitten wurden, dann wirken die Flächen wie Schotterflächen und stellen ein sehr ungünstiges Vorbild für die Bürger dar</li> </ul> |

| Grünflächen-<br>typ | Positiv   | Negativ  | Empfehlung  |
|---------------------|---|--|---|
| Schotter hell       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch hellen Schotter wird deutlich mehr Strahlung reflektiert, wodurch sich die Fläche tags weniger erhitzt als dunkler Schotter</li> <li>- Relative Luftfeuchte etwas höher im Vergleich zu dunklem Schotter</li> <li>- Tendenziell wegen der geringeren Aufheizung etwas günstiger für die Biodiversität im Vergleich zu dunklem Schotter</li> <li>-</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich wärmer als begrünte Flächen</li> <li>- Flächen speichern Wärme über die Nacht und kühlen kaum ab</li> <li>- Relative Luftfeuchte deutlich geringer als bei begrünten Flächen wegen fehlender Pflanzentranspiration</li> <li>- Größere Steine speichern mehr Wärme (Li, 2002) und tragen daher besonders stark zur Aufheizung bei</li> <li>- Insgesamt starker Beitrag zu Hitzeinseleffekt in Siedlungen</li> <li>- Negativ für Biodiversität, da keine Lebensraumqualität</li> <li>- Bei Folien unter dem Schotter keine Versickerung von Wasser möglich (Chemnitz &amp; Weigelt, 2015)</li> <li>- Pflegeintensität kurzfristig gering, bei durchwachsendem Unkraut aber hoch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf Schotterflächen verzichten</li> <li>- Möglichst alle Freiflächen im Siedlungsbereich begrünen</li> <li>- Wenn Schotter verwendet wird, dann nur heller Schotter, möglichst feinkörnig und ohne Folienversiegelung im Untergrund</li> </ul> |

| Grünflächen-<br>typ | Positiv | Negativ   | Empfehlung  |
|---------------------|---------|---|---|
| Schotter<br>dunkel  |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutlich wärmer als begrünte Flächen und als heller Schotter</li> <li>- Flächen speichern Wärme über Nacht und kühlen kaum ab (von Aster, 2019)</li> <li>- Relative Luftfeuchte deutlich geringer als bei begrünten Flächen wegen fehlender Pflanzentranspiration</li> <li>- Insbesondere große Korngrößen speichern mehr Wärme (Li, 2000) und tragen daher besonders stark zur Aufheizung bei</li> <li>- Insgesamt starker Beitrag zu Hitzeinseleffekt in Siedlungen</li> <li>- Negativ für Biodiversität, da keine Lebensraumqualität</li> <li>- Bei Folien unter dem Schotter keine Versickerung von Wasser möglich (Chemnitz &amp; Weigelt, 2015)</li> <li>- Pflegeintensität kurzfristig gering, bei durchwachsendem Unkraut aber hoch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verzicht auf Schotterflächen, insbesondere Verzicht auf dunklen Schotter</li> <li>- Möglichst alle Flächen im Siedlungsbereich begrünen</li> </ul> |

## 5.2.2 Rechtliche Umsetzung am Beispiel der Stadt Mainz

*Frederik Wallau*

Die Umsetzung von Begrünung über eine Gestaltungssatzung stellt eine rechtliche Möglichkeit für Kommunen dar. Jedoch ist eine solche Satzung nur auf Neubauten anwendbar, bestehende Flächen haben Bestandsschutz.

Dieses Beispiel orientiert sich an der neuen Begrünungs- und Gestaltungssatzung der Stadt Mainz.

Dort wurden folgende Punkte festgehalten:

- Flachdächer ab 15 m<sup>2</sup> müssen zumindest extensiv (leicht und kostengünstig) begrünt werden (§6 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz). Eine Kombination mit Solaranlagen ist zulässig (§6 Nr. 2 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz)
- Außenwände ab einer zusammenhängenden Fläche von 20 m<sup>2</sup>, die einen vorhandenen oder herstellbaren Bodenanschluss haben, müssen begrünt werden. Abweichung von der Regelung ist mit zusätzlicher Begrünung mit Sträuchern möglich. Grenzständige Außenwände und Tordurchfahrten sind ausgenommen. (§7 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz)
- Schüttungen aus Kies oder Schotter, die Verwendung von Folien und Textilgeweben sind nicht zulässig (§4 Nr. 3 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz).
- 15 % des Baugrundstücks sind mit Sträuchern zu bepflanzen, bereits vorhandene werden angerechnet (§4 Nr. 5 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz).
- Je angefangener 200 m<sup>2</sup> der nicht mit Gebäuden überbauten Grundstücksfläche ist mindestens ein Baum zu pflanzen (§4 Nr. 4 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz).
- Es werden Pflanzlisten mit Empfehlungen zur Artenauswahl ausgearbeitet und zur Verfügung gestellt (§9 Nr.1, Anlage 2 Begrünungs- und Gestaltungssatzung Mainz).

(Satzung über die Begrünung und Gestaltung von bebauten Grundstücken innerhalb der Stadt Mainz (Begrünungs- und Gestaltungssatzung, 17.06.2022)

Die Satzung ist auf Vorhaben anzuwenden, für die ein Bauantrag gestellt wird sowie für genehmigungsfreie Vorhaben nach §62 Landesbauordnung (LBauO und Vorhaben im Freistellungsverfahren nach § 67 LBauO).

Untersuchungsergebnisse aus Forschungsprojekten zu Dachgrün der TH Bingen zeigen, dass semi-intensive, bewässerte Dachbegrünungen mit höherer, arten- und blütenreicherer Vegetation sowohl für das Mikroklima als auch für die Biodiversität deutlich besser sind als extensive Dachbegrünungen (Hietel et al. 2020). Dies zeigt auch, dass die positiven Ergebnisse dieses Untersuchungsberichts in Bezug auf Wiesenflächen / höhere Vegetation plausibel sind. Daher sollte in Satzungen die Dachbegrünung nicht nur auf extensiv begrenzt werden, sondern es sollten unbedingt semi-intensive und intensive Begrünungen mitberücksichtigt werden. Nach den Ergebnissen des vorliegenden Berichts sollte in den Satzungen auch die Anlage von Wiese statt Rasen auf einem möglichst großen Anteil der Grundstücksfläche vorgesehen werden. Schotterflächen sollten ausgeschlossen werden.

Bei Staudenpflanzungen im öffentlichen Raum haben die Kommunen selbst die Möglichkeit, mikroklimatisch günstiger auf Mineralmulch zu verzichten, ohne rechtliche Vorgaben.

### 5.2.3 Beratung zu klimaangepassten, biodiversen Grünflächen

*Susanne Ruhl*

Nicht nur Öffentlichkeitsarbeit im Allgemeinen, sondern die aktive Beratung der Bürger ist besonders wichtig, um einen Wissenstransfer zu erlangen. Beratung kann z.B. in Form von Infoveranstaltungen, Schulungen und Kampagnen erfolgen.

#### Infoveranstaltungen

Zielgruppen für Infoveranstaltungen sind Bürger mit bereits bestehenden Gärten, sowie Interessenten für Neubaugebiete. Ziel der Infoveranstaltungen sollte sein, dass die Teilnehmer das Verständnis für die Relevanz klimaangepasster Gärten in der Stadt sowie praktische Tipps und Handlungsempfehlungen für ihre eigenen Gärten erhalten. Besonders Neubaugebiete sollten als Vorbildfunktion für die gesamte Stadt dienen und Fortschritt in der Klimaanpassung bewusst präsentieren.

Folgende Fragen sollten durch Veranstaltungen und Aktionen beantwortet werden:

- Warum ist es für die Stadt wichtig, wie ich meinen Garten gestalte?
- Wie kann ich das Stadtklima mit meinem Garten beeinflussen?

- Wie kann ich meinen Garten kostengünstig (um-)gestalten, sodass er zur Biodiversität und einem positiven Mikroklima beiträgt?

Diese Fragen können in Form von Workshop-Reihen (vgl. z.B. Transferstelle Bingen (TSB) in der ITB gGmbH, 2014) oder Aktionstagen aufgearbeitet und beantwortet werden.

Beispiel: Infomarkt mit Beispielflächen nach dem Motto „So könnte Ihr Garten aussehen“ mit Hinweisen auf stadteigene Förderprogramme

### Schulungen

Zielgruppe von Schulungen sind Mitarbeiter des städtischen Bauhofs. Ziel der Schulungen sollte sein, Mitarbeiter des städtischen Bauhofs dafür zu sensibilisieren, wie hoch die Relevanz städtischer Grünflächen für das Stadtklima ist. Hier kann eine Kooperation mit ortsansässigen Garten- und Landschaftsbau-Betrieben erfolgen, indem gartenbauliches Fachwissen mit Expertenwissen über Klima und Biodiversität (ggf. in Zusammenarbeit mit Professoren oder Absolventen von Hochschulen oder Universitäten der Umgebung) verknüpft und vermittelt wird. Das Angebot der Zusammenarbeit dieser Parteien sollte nicht temporär bleiben, sondern zu einem gegenseitigen Unterstützungssystem werden.

### Kampagnen

Kampagnen lassen sich in unterschiedlichen Formen umsetzen. Einerseits kann über Plakate prägnantes Wissen und Tipps über die private Gartengestaltung vermittelt werden, andererseits sind auch Punkte-Sammel-Aktionen ein Mittel der Wahl. Eine Punkte-Sammel-Aktion kann so gestaltet werden, dass Privatpersonen Punkte erhalten, wenn sie bestimmte Elemente in ihre Gartengestaltung einbringen (z.B. heimische Wildblumen, Wiese statt Rasen, Baumpflanzungen, Verzicht auf Schotterflächen). Bei Erhalt einer gewissen Punktzahl bekommen die Bürger eine städtische Prämie. Ein geeigneter Anreiz könnte die finanzielle Unterstützung bei weiterer Umgestaltung des Gartens sein oder auch materielle Prämien in Form von Insektenhotels oder Nistkästen.

#### 5.2.4 Beispiel für ein Förderprogramm

*Vanessa Lache*

Ziel der Förderung ist es, den Bürger\*innen einen Anreiz zu verschaffen, versiegelte Flächen und Schotterflächen so umzugestalten, dass diese eine überwiegend flächendeckende Vegetation aufweisen. Dadurch sollen die entsiegelten Flächen ihre

natürliche Bodenfunktion wieder aufnehmen, Platz für Insekten und andere Tiere bieten und die Hitzeinseleffekte im Siedlungsbereich reduzieren. Auch die Umwandlung von Rasen in Wiese sollte gefördert werden.

Die durchgeführte Untersuchung der TH-Bingen zum Thema Mikroklima und Biodiversität auf städtischen Grünflächen zeigt deutlich, dass Schottergärten die Biodiversität verdrängen und das Stadtklima aufheizen. Auch Rasenflächen sind ungünstig.

### **Gegenstand der Förderung**

Die Änderung folgender Versiegelungsarten ist Gegenstand der Förderung:

Vollversiegelung: Wasserundurchlässige Flächen wie zum Beispiel betonierte oder asphaltierte Wege.

Teilversiegelung: Undurchlässige Flächen mit wasserdurchlässigen Bereichen und teildurchlässiger Flächenversiegelung. Zum Beispiel Rasengittersteine, Pflasterung, offene Fugen und Schotterflächen. (Stadt Recklinghausen, 2021)

Zudem sollte die Umwandlung von artenarmen, häufig gemähten Rasenflächen in Wiesen Gegenstand der Förderung sein.

### **Gefördert werden:**

- Entsorgungskosten für das anfallenden Abbruchmaterial
- Gärtnerische Dienstleistungen und Gerätschaften
- Anschaffung von Pflanzen für die Neugestaltung, z.B. heimische Wildstauden, Regiosaatgut für die Anlage von Blumenwiesen
- Kauf von Materialien für die Schaffung weiterer Lebensräume für heimische Arten, z.B. Insektenhotels, Nistkästen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass diese Nisthilfen naturnah und funktionstüchtig sind. Eine Orientierung dazu bietet z.B. die NABU-Homepage.

### **Voraussetzungen der Förderung**

Gefördert wird die Renaturierung von Schotter und/oder versiegelten Flächen sowie Rasenflächen auf Privatgrundstücken. Die Städte legen eine Mindestgröße der umzuwandelnden Flächen innerhalb eines Grundstückes fest. Diese könnte zum Beispiel 15 m<sup>2</sup> groß sein, wovon mindestens 90 % renaturiert werden müssten. Um die

Förderung zu erhalten, können mehrere Teilflächen addiert werden. Es müssen jedoch mindestens 10 m<sup>2</sup> umgestaltet werden. Weitere Voraussetzungen sind:

- das Grundstück befindet sich in der Kommune,
- der/die Antragsteller\*in ist Grund- oder Hauseigentümer\*in,
- die Maßnahme muss freiwillig sein und darf nicht aus vorangegangenen Verpflichtungen erfolgen, wie zum Beispiel dem Erfüllen der Auflagen der Baugenehmigungen
- durch die Entsiegelung darf keine Grund- und Bodenwassergefährdung entstehen
- dass auf den Boden kommende Niederschlagswasser muss versickern können

### **Höhe der Förderung**

Die Städte müssen jeweils einen Gesamtförderbetrag festlegen, sowie einen Prozentsatz über die Höhe der zu übernehmenden Kosten. Dabei ist es sinnvoll einen allgemeinen Förderhöchstbetrag pro Antrag festzulegen, der pro Grundstück zählt. Ebenfalls ist es sinnvoll einen Zeitrahmen festzulegen, indem die mit Fördermitteln umgestalteten Fläche/n nicht verändert werden dürfen, sodass keine erneute Versiegelung oder ein Vegetationsverlust entsteht.

### **Antragstellung**

Bei der Erstellung des Antrages ist es wichtig auf eine gewisse Bedienungsfreundlichkeit des Formulars einzugehen, wie zum Beispiel der Möglichkeit das Formular online beantragen zu können und ein unkompliziertes Ausfüllen zu gewährleisten.

Um die Bürger\*innen über die Fördermöglichkeit zu informieren, könnten zu Beginn der Fördermaßnahme Artikel in den regionalen Medien, beispielsweise der Zeitung, Zeitungsbeilagen, eine Werbeanzeige über Facebook/Instagram geschaltet werden oder eine Vortrags-/Workshopreihe stattfinden.

### **Gesplittete Abwassergebühr**

Eine weitere Option die Versiegelung von Flächen unattraktiver zu gestalten, bietet das System der gesplitteten Abwassergebühr. Hierbei wird die Abwassergebühr in eine Schmutzwassergebühr und Niederschlagswassergebühr aufgeteilt.

- Die Schmutzwassergebühr beinhaltet alle Kosten für die Beseitigung des anfallenden Schmutzwassers. Pro verbrauchtem Kubikmeter Frischwasser fallen dann verursacherabhängig Gebühren an.
- Die Niederschlagswassergebühr deckt die Kosten für die Beseitigung, Ableitung, Behandlung und Reinigung von Niederschlagswasser. Die individuell anfallenden Gebühren berechnen sich nach der Größe der Versiegelung, der Versiegelungsart auf dem Grundstück oder nach befestigten sowie überbauten Flächen, von denen das Niederschlagswasser eingeleitet wird. Die Gebühr wird in Euro je Quadratmeter erhoben.

Durch das Prinzip fallen für versickerungsfähige, begrünte Flächen im Gegensatz zu Schotterflächen / versiegelten Flächen keine Abwassergebühren für die Bürger\*innen mehr an. (Kovacic Ingenieure, 2022)

## Literatur

### Literatur Handlungsempfehlungen

von Aster, E.-L. (2019). Schottergärten - Ein ökologischer Sündenfall. deutschlandfunkkultur.de/schottergaerten-e. Abgerufen am 05.06.2022

Chemnitz, C. & Weigelt, J. (2015). Bodenatlas, Daten und Fakten über Acker, Land und Erde (3. Auflage Aufl.). Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.

Kipp & Zonen B.V. (2016). CMP6 Pyranometer datapage. Manual document number: V1610. <https://www.kippzonen.com/Product/12/CMP6-Pyranometer#.YtbR2LaZO3B>. Abgerufen 19.07.2022

Kleinod, B. et. al. (2018). Schön wild! attraktive Beete mit heimischen Wildstauden im Garten: 22 Gestaltungsideen für jeden Standort, 2. Auflage. Darmstadt: pala verlag, 2018.

Kozłowski, T.T. (2012). Additional Woody Crop Plants V7. Band 7. Verlag Elsevier 2012. ISBN 0323158560. 9780323158565

Li, Xiao-Yan (2002). Effects of gravel and sand mulches on dew deposition in the semiarid region of China. Journal of Hydrology 260/1, 2002. S. 151-160

Nachbarschaftsverband Stuttgart 1992: Klimauntersuchung für den Nachbarschaftsverband Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart (Klimaatlas). Stuttgart.

Rothenbühler, E. (2017). Schottergärten und Landschaft, Dynamik – Akteure – Instrumente. Bern: Universität Bern.

Spektrum.de. Albedo - Lexikon der Geographie 2001. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. [Spektrum.de/lexikon/geographie/albedo/241](https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/albedo/241). Abgerufen 04.06.2022

### Literatur Rechtliches

Hietel, E., Panferov, O., Rößner, U., Seelos, K., Lorenz-Haas, C., Warnecke, B. & Wustmann, J. (2020): Semi-intensive Dachbegrünung - Ein innovatives Klimaanpassungs- und Umweltschutzinstrument. – Transforming Cities, H. 3 / 2020, S. 64-71.

LBauO Rheinland-Pfalz (<https://landesrecht.rlp.de/bsrp/document/jlr-BauORPraehmen>) abgerufen am: 06.07.2022

Satzung über die Begrünung und Gestaltung von bebauten Grundstücken innerhalb der Stadt Mainz (Begrünungs- und Gestaltungssatzung), Stand 17.06.2022, <https://mainz.de/verzeichnisse/ortsrecht/begrueunungs-und-gestaltungssatzung-vom-17.06.2022.php> abgerufen am: 15.07.2022

### Literatur Beratung

Transferstelle Bingen (TSB) in der ITB gGmbH. (2014). KSI: Klimaschutzteilkonzept der Stadt Ingelheim am Rhein „Anpassung an die Folgen des Klimawandels – Strategien und Maßnahmen für die Stadt Ingelheim“. Bingen.

### Literatur Förderprogramme

Kovacic Ingenieure GmbH (2022). Infobroschüre - Gesplittete Abwassergebühr. Sigmaringen. Von

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2q2Y3\\_j4AhWshv0HHXJHC9QQFnoECA0QAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.kovacic.de%2Fwpk%2Fgesplittete-abwassergebuehr-neuregelung-der-abwassergebuehr%2F&usq=AOvVaw1GrZVzrorOEcq3EgxwsXWI](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2q2Y3_j4AhWshv0HHXJHC9QQFnoECA0QAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.kovacic.de%2Fwpk%2Fgesplittete-abwassergebuehr-neuregelung-der-abwassergebuehr%2F&usq=AOvVaw1GrZVzrorOEcq3EgxwsXWI)

abgerufen am 14.07.2022, 18:11

Kreisverwaltung Mainz-Bingen (2022). Förderprogramm des Landkreises. Ingelheim am Rhein. Von <https://www.mainz-bingen.de/de/Aemter-Abteilungen/bauen-umwelt/Umwelt-und-Energieberatungszentrum/Klimaschutz/Foerderung/Foerderung-Landkreis.php> abgerufen am 07.07.2022, 23:00

Pannicke-Prochnow, N., Krohn, C., Albrecht, Dr. J., Thinius, K., Ferber, Dr. U., Eckert, K. (2021). Umweltbundesamt. Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und Klimaanpassung. Dessau-Roßlau. Von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bessere-nutzung-von-entsiegelungspotenzialen-zur>

abgerufen am 06.07.2022, 10:14

Stadt Recklinghausen (2021). Förderprogramm zur Umgestaltung von Schottergärten und versiegelten Flächen in naturnahe Gärten in Recklinghausen. Recklinghausen. Von

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiE1vGss0P5AhUvgv0HHXRIAxcQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Frecklinghausen.de%2FInhalte%2FStartseite%2FKlima\\_Mobilitaet%2FDokumente%2FF-rderrichtlinie\\_Schotterg-rten.pdf&usq=AOvVaw3AhzY5OLcdkzHb5zEWptL0](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiE1vGss0P5AhUvgv0HHXRIAxcQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Frecklinghausen.de%2FInhalte%2FStartseite%2FKlima_Mobilitaet%2FDokumente%2FF-rderrichtlinie_Schotterg-rten.pdf&usq=AOvVaw3AhzY5OLcdkzHb5zEWptL0)

abgerufen am 07.07.2022, 14:28

Umweltbundesamt (2022). Bodenversiegelung. Von

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#ermittlung-der-bodenversiegelung>

abgerufen am 07.07.2022, 22:56

## 6 Fazit

*Johanna Surges*

Die anfänglich aufgestellten Hypothesen lassen sich durch die vorgenommenen Untersuchungen bestätigen: Erstens fällt bei hellen Flächen die Aufheizung geringer aus und zweitens führt hochwüchsige, dichte Vegetation (Wiese) zu verringerter Aufheizung. Zudem stimmt drittens die Annahme, dass die Biodiversität auf höherwüchsig begrünten Flächen mit insektenfreundlichen Blühpflanzen am höchsten ist.

Sofern im Siedlungsbereich Baumpflanzungen nicht möglich sind, sollten daher auch auf kleinen Flächen Wiesen angelegt werden. Diese Wiesen schneiden sowohl mikroklimatisch als auch in Bezug auf die Biodiversität im Ranking der Grünflächentypen am besten ab und sind daher für die Begrünung in Siedlungsbereichen besonders zu empfehlen. Ein Vorteil ist auch, dass sie nur einen geringen Pflegebedarf haben. Möglicherweise müssen aber bei den kommunalen Bauhöfen und Grünflächenämtern neue Mahdgeräte für eine adäquate Pflege der hochwüchsigen Flächen beschafft oder auch Entsorgungsmöglichkeiten für das anfallende Mahdgut geschaffen werden, das anders als bei Rasenflächen nicht als Mulch auf den Flächen verbleiben sollte, um eine Nährstoffanreicherung zu vermeiden. Bei Akzeptanzproblemen sollte versucht werden, über Beratung oder z.B. Infoschilder auf den Flächen die Akzeptanz der Bürger zu erhöhen. Es ist auch darauf zu achten, dass die Wiesenflächen groß genug sind, damit der positive Effekt nicht durch angrenzende versiegelte Flächen neutralisiert wird.

Rasenflächen sind mikroklimatisch ungünstiger und bieten deutlich weniger Lebensraum als Wiesen. Sie lassen sich durch Reduktion der Mahdhäufigkeit auf max. 1 – 2 mal jährliches Mähen (Ende Juni und im Herbst) in Wiesen umwandeln. Wenn dies wegen der vorgegebenen Nutzung bzw. Belastung nicht möglich ist, sollten zumindest Grasstreifen am Rand oder Grasinseln aus der häufigen Mahd ausgespart werden.

Staudenbepflanzungen bieten ebenfalls eine hohe Biodiversität, diese Flächen eignen sich jedoch dann besonders zur Reproduktion von Arthropoden bzw. dienen als Nahrungsgrundlage, wenn einheimische, insektenfreundliche Stauden gewählt werden. Die Bepflanzung sollte möglichst geschlossen sein, da lückige Vegetation mikroklimatisch schlecht ist. Da Stauden auf Mineralmulch mikroklimatisch

ungünstiger sind als Stauden auf Erde, sollte überlegt werden auf den Mineralmulch zu verzichten, trotz des dann etwas höheren Pflegebedarfs für die Staudenpflanzungen. Zudem stellen die mineralgemulchten Staudenflächen wegen der Ähnlichkeit des Aspekts v.a. im Winter zu Schottergärten ein schlechtes Vorbild für die Bürger dar.

Vollständig abzuraten ist von der Verwendung von Schotter, da diese Flächen keine Grundlage für die Biodiversität bieten und durch die wärmespeichernde Eigenschaft von Stein auch nachts stetig Wärme abgeben. Sie besitzen keine kühlende Wirkung, weil keine Transpiration von Wasser durch Bepflanzung stattfindet. Ein weiterer negativer Aspekt ist, dass Niederschlag bei der Verwendung von Folien unter dem Schotter nicht im Boden versickern kann und so die Gefahr von Überschwemmungen z.B. bei Starkregen erhöht wird. Hervorzuheben ist auch, dass der Pflegeaufwand solcher Schotterflächen über die Zeit sehr hoch wird, da aufwachsendes Unkraut nur schwer entfernt werden kann. Gerade hierzu werden die Bürger oft auch von Garten- und Landschaftsbaufirmen fachlich falsch beraten.

Fragen der mikroklimatisch und für die Biodiversität besonders günstigen Stadtbegrünung sowie der besonders wirksamen Auswahl von zu begrünenden Flächen in Siedlungen (Flächengröße und Flächenverteilung) haben weiter einen großen Forschungsbedarf. Insbesondere vor dem Hintergrund von fortschreitendem Klimawandel und Biodiversitätsverlust spielen alle Siedlungsbereiche hier eine wesentliche Rolle. Auch multidisziplinäre Faktoren wie Erholung, Nutzbarkeit, visuelles Erscheinungsbild und Wasserrückhalt müssen neben dem Mikroklima und der Biodiversität in die Forschung einbezogen werden. Sicher ist jedoch, dass eine Optimierung des Stadtgrüns im Hinblick auf Klimaanpassung und Biodiversität einen erheblichen Beitrag zu Lebensqualität, Wohlbefinden und Gesundheit der Stadtbewohner leisten kann.