

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT IUNR

**SMART?Roofs: Biodiversität und Solaranlagen – Biomonitoring mit
Heuschrecken und Käfern auf Kombinationsanlagen Dachbegrünung
und PV-Nutzung in Basel**



Bachelorarbeit

Von

Nadine Schnellmann

Bachelorstudiengang 2018

Abgabedatum 13.01.2022

Urbane Ökosysteme

Dr. Szallies, Alexander
ZHAW, Wädenswil

Dr. Stephan Brenneisen
ZHAW, Wädenswil

Zusammenfassung

Der Rückgang der Biodiversität und die Klimaerwärmung sind globale Herausforderungen der gegenwärtigen Zeit und werden immer drängender. Durch die Annahme des revidierten Energiegesetzes und den damit verbundenen Zielen und Gesetzen wie die Begrünung von Flachdächern, werden wichtige Meilensteine gesetzt, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Aktuell ist ein naturverträglicher Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere von Photovoltaikanlagen, noch nicht zwingend Status Quo. Jedoch geht aktuell ein Umdenken von statten, ebenso findet die gemeinsame Betrachtungsweise, der Förderung der Biodiversität auf Ausgleichs- und Ersatzflächen und die Nutzung derselben Fläche durch PV-Panels zur Gewinnung von sauberer Energie vermehrt Aufmerksamkeit.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob sich mit Kombinationsanlagen die Biodiversität auf Dächern im Raum Basel fördern lässt. Hierfür wurden zum einen Heuschreckendaten auf sechs unterschiedlichen Dächern welche mit PV-Anlagen ausgestattet sind ausgewertet und zum anderen wurden zwei Dächer, ebenfalls im Raum Basel miteinander in Bezug auf das (Lauf-)Käfervorkommen verglichen, wobei ein Dach mit und das andere ohne PV-Anlagen ausgestattet ist.

Die Auswertung der Heuschreckendaten zeigte, dass Dächer mit Kombinationsanlagen durchaus ein Lebensraum für zahlreiche Arten sein können. Insbesondere konnten Rote-Liste Arten gezählt werden. Hierbei ist jedoch generell anzumerken, dass die absolute Anzahl der gezählten Individuen relativ tief war. Im Anhang dieser Arbeit finden sich Fördermassnahmen, welche für einige Arten ausgearbeitet wurden.

Der Vergleich der beiden Dächer anhand Käferdaten zeigte, dass das Dach ohne PV-Anlagen eine höhere Biodiversität aufwies. Bei der Untersuchung der Laufkäfer wurden auf dem Messdach, welches mit PV-Anlagen ausgestattet ist, mehr Individuen gezählt als auf dem BVB-Tramdepotdach.

Ob dies direkt mit den PV-Panels in Verbindung steht oder ob womöglich andere Parameter dies zusätzlich beeinflussen, konnte im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht abschliessend untersucht und geklärt werden.

Abstract

The decline of biodiversity and global warming are global challenges of the present time and are becoming more and more urgent. With the adoption of the revised energy law and the associated goals and laws such as the greening of flat roofs, important milestones are set to meet these challenges. Currently, an environmentally compatible expansion of renewable energies, especially photovoltaic systems, is not yet mandatory status quo. However, a rethinking is currently taking place, as well as the joint approach, the promotion of biodiversity on compensation and replacement areas and the use of the same area by PV panels for the production of clean energy is receiving increased attention.

In the present work, it was investigated whether combination systems can be used to promote biodiversity on rooftops in Basel. For this purpose, grasshopper data on six different roofs equipped with PV systems were evaluated and two roofs, also in Basel, were compared with respect to the occurrence of (ground) beetles, one roof equipped with and the other without PV systems.

The evaluation of the grasshopper data showed that roofs with combined systems can indeed be a habitat for numerous species. In particular, red-listed species could be counted. However, it should generally be noted that the absolute number of individuals counted was relatively low. In the appendix of this work, support measures can be found, which were elaborated for some species.

The comparison of the two roofs based on beetle data showed that the roof without PV systems had a higher biodiversity. In the study of ground beetles, more individuals were counted on the roof equipped with PV systems than on the BVB streetcar depot roof.

Whether this is directly related to the PV panels or whether other parameters also influence this could not be conclusively investigated and clarified within the scope of this bachelor thesis.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung.....	3
2	Relevanz des Themas / Literaturübersicht.....	4
2.1	Definition und Bedeutung der Biodiversität.....	4
2.1.1	Aktuelle Situation	4
2.2	Potenzial Flachdachbegrünung	5
2.2.1	Gesetzgebung Schweiz.....	6
2.3	Energiestrategie 2050	6
2.3.1	PV-Anlagen.....	7
2.4	Aktueller Forschungsstand PV-Anlagen und Biodiversität	7
2.5	Bioindikatoren	8
2.5.1	Heuschrecken	8
2.5.2	Laufkäfer	9
3	Material und Methoden.....	10
3.1	Untersuchungsflächen.....	11
3.1.1	Standort- / Umgebungseigenschaften	13
4	Ergebnisse	16
4.1	Auswertung Heuschrecken.....	16
4.1.1	Gesamtes Artenspektrum inkl. Lebensraumsprüche	18
4.2	Auswertung Käferdaten.....	19
4.2.1	Laufkäfer	21
5	Diskussion.....	26
5.1	Heuschrecken	26
5.2	Käfer	27
5.2.1	Laufkäfer	27
5.3	Beantwortung der Hypothesen	29
6	Fazit / Schlussfolgerung	30
	Literaturverzeichnis	31
	Tabellenverzeichnis.....	35
	Anhang.....	

1 Einleitung

Der Rückgang der Biodiversität und die Klimaerwärmung sind globale Herausforderungen der gegenwärtigen Zeit und werden immer drängender.

Durch die Annahme des revidierten Energiegesetzes (Energiestrategie 2050), welches im Jahr 2018 in Kraft getreten ist, hat die Stimmbevölkerung der Schweiz dem Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Atomausstieg bis 2050 zugestimmt. Die Energiestrategie 2050 zielt im Wesentlichen darauf ab, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und die erneuerbaren Energien zu fördern (UVEK, o. J.-b). Die Dringlichkeit und Relevanz des Themas zeigt auch die Agenda 2030 (17 SDG's) auf, welche unter Ziel 7 eine bezahlbare und saubere Energie für alle fordert (*Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*, 2021).

Für den Ausbau von erneuerbaren Energien, wie beispielsweise Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), werden zusätzliche Flächen benötigt. Dasselbe gilt, aufgrund der städtischen Verdichtung auch für Ausgleichs- und Ersatzlebensräume für die einheimische Flora und Fauna. Urbane Räume beheimaten eine grosse Vielfalt an Flora- und Fauna-Arten, die sich in den anthropogen gestalteten Lebensräumen angesiedelt und teilweise auch etabliert haben. Die besonderen Standortbedingungen und die Vielfalt an Strukturen sowie die kleinräumige Heterogenität sind dabei Ursachen, für die bemerkenswerte Artenvielfalt im städtischen Raum. Ein wesentliches Merkmal zahlreicher stadttypischer Tier- und Pflanzenarten ist deren Präferenz für trockene und warme Standorte (Brenneisen, 2003). Als Ersatzlebensräume können begrünte Flachdächer dienen. Die Begrünung von Flachdächern ist nicht nur ökologisch wertvoll und sinnvoll für das Stadtklima, indem sie die Luft kühlen und befeuchten, Staub und Schadstoffe aus der Luft filtern sowie die Siedlungsentwässerung entlasten, sondern sind auch ästhetisch ansprechend (Nikles et al., 2020). Oftmals handelt es sich bei Dachbegrünungen um Extremstandorte. So können anhaltende Niederschlagsperioden zu Staunässe und lange Hitzeperioden zu starker Trockenheit führen, was insbesondere im Sommer oftmals der Fall ist (Scholl, 2014). Diese Standortbedingungen decken sich mit den Lebensraumpräferenzen zahlreicher Tier- und Pflanzenarten, welche im Siedlungsraum vorkommen. Kukka Kyrö (2021) befasste sich mit Arthropoden auf Dachbegrünungen und fand heraus, dass Dacheigenschaften insbesondere das Alter des Daches, eine vielfältige Vegetation und die Dachhöhe einen Einfluss auf die Abundanz der gefundenen Arten hat. Zudem weist sie darauf hin, dass der ökologische Wert von Dächern durch bodennahe Habitats verbessert werden kann, was wiederum bedeutet, dass ein Netz aus Boden- und Dachhabitats sich positiv auf die Artenvielfalt im urbanen Raum auswirkt (Kyrö, 2021).

Die Herausforderung besteht darin, den Ausbau der erneuerbaren Energien naturverträglich zu gestalten. Dabei stellt sich die Frage, ob die Beschattungswirkung von Photovoltaikanlagen womöglich einem anderen Artenspektrum ermöglicht, diese Nische auf Dächern mit Kombinationsanlagen zu nutzen, welche auf Dachbegrünungen ohne PV-Anlagen aufgrund der extremen Bedingungen nicht vorkommen würden (Brenneisen, 2003).

Mit der intensiven Förderung der erneuerbaren Energien insbesondere von PV-Anlagen, steigt auch die Dringlichkeit, die Umweltinteraktionen sowie den Einfluss des Ausbaus auf die Biodiversität auf begrünten Flachdächern zu verstehen, um diesen möglichst zielgerichtet auszuführen (Walter et al., 2018).

Um den aktuellen Wissensstand zu der Thematik zu erweitern und zu untersuchen, welchen Einfluss PV-Anlagen auf die Biodiversität auf begrünten Flachdächern haben können, standen zwei umfassende Datensätze zur Verfügung. Zum einen wurde anhand von Heuschreckendaten deren Vorkommen auf Dächern mit Kombinationsanlagen untersucht. Zum anderen wurde anhand des Käferdatensatzes, die Biodiversität auf zwei unterschiedlichen Dächern analysiert. Des Weiteren wurde anhand der Laufkäfer das vorkommende Artenspektrum untersucht. Insbesondere spannend bei der Auswertung war, dass das eine Dach mit und das andere ohne PV-Anlagen ausgestattet war.

1.1 Zielsetzung

Zielsetzung: Ziel dieser Arbeit ist die Beantwortung der Forschungsfrage durch die Auswertung und Analyse bereits bestehender Käferdaten (2013-2019) sowie Heuschreckendaten von 2020-2021 im Raum Basel.

Forschungsfrage: Kann man mit Kombinationsanlagen, Dachbegrünung und Solarenergienutzung, die Biodiversität auf Dächern im Raum Basel fördern?

Hypothese 1: Durch Kombinationsanlagen (extensive Begrünung und Solarenergienutzung) auf Dächern im Raum Basel lässt sich die Biodiversität fördern.

Hypothese 2: Kombinationsanlagen stellen ein Habitat dar, durch welches sich spezifische (Rote-Liste-) Arten fördern lassen.

2 Relevanz des Themas / Literaturübersicht

Nach einer kurzen Begriffsdefinition und Erläuterung zu der Wichtigkeit der Biodiversität und dem aktuellen Stand der Forschung, wird auf die Energiestrategie 2050, PV-Anlagen und die aktuelle Gesetzeslage in der Schweiz bezüglich der Begrünung von Flachdächern eingegangen. Zudem wird die Bedeutung von Bioindikatoren erklärt und die beiden Insektengruppen Heuschrecken (*Orthoptera*) und Laufkäfer (*Carabidae*) werden genauer vorgestellt.

2.1 Definition und Bedeutung der Biodiversität

Spätestens seit dem im Jahre 1992 an der UNO-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro das Übereinkommen über die biologische Vielfalt geschlossen wurde, sind die Begriffe «biologische Vielfalt» und Biodiversität zu regelrechten Modewörtern geworden (Wittig & Niekisch, 2014). Der Begriff Biodiversität umfasst die Diversität auf der Ebenen der Gene, der Arten sowie der Lebensräume (Grunewald & Bastian, 2018).

Biodiversität ist die essenzielle Grundlage für das Leben auf der Erde (Wittig & Niekisch, 2014). Je höher die Biodiversität, desto widerstandsfähiger ist ein Ökosystem (Nature, 2009). Intakte Ökosysteme erbringen durch ihre sogenannten Ökosystemdienstleistungen einen wertvollen Beitrag für das gesamte Leben auf Erden¹ (*Biodiversität: Definition und Bedeutung*, 2010).

2.1.1 Aktuelle Situation

Die Schweiz verfügt aufgrund der grossen Höhenunterschiede mit klimatischen Gegensätzen, geologischer Vielfalt und der vielseitigen Nutzung der Landschaft, über eine Vielzahl an unterschiedlichen Lebensräumen (SCNAT: Forum Biodiversität Schweiz, o. J.). Insgesamt sind 230 verschiedene Lebensräume in der Publikation «Lebensräume Schweiz» von R. Delarze et. al. (2015) beschrieben worden, wobei heute fast die Hälfte davon bedroht ist. Seit den 1900er Jahren ist die Biodiversität in der Schweiz deutlich zurückgegangen (BAFU, 2020). Als Hauptursache für den drastischen Rückgang der Biodiversität ist der Mensch zu nennen. Die direkte Ausbeutung sowie Übernutzung von Naturräumen, Umweltverschmutzung und die Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege sind nur einige Beispiele dafür, wie der anthropologisch-bedingte Rückgang zustande kommt. Auch der Klimawandel wird noch in diesem Jahrhundert zu einem wichtigen Einflussfaktor auf den Rückgang der Artenvielfalt werden und zu einem noch schnelleren Verlust führen (Nature, 2009).

¹ Die Ökosystemdienstleistungen lassen sich in die folgenden vier Kategorien unterteilen:

- Versorgungsleistungen: Trinkwasser, Nahrungsmittel, ...
- Regulierende Leistungen: CO₂-Speicherung intakter Ökosysteme, Schutz vor Lawinen und Hochwasser, ...
- Kulturelle Leistungen: Ästhetische Ansprüche der Menschen, Identifikation, ...
- Unterstützende Leistungen: Sauerstoffproduktion, Aufrechterhaltung der Nährstoff- o der Wasserkreisläufe, ...

Im Rahmen der UNO-Konferenz in Rio im Jahr 1992 wurde das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention of Biological Diversity, CBD) geschaffen. Daraus resultierend wurde nebst weiteren wichtigen Protokollen das Nagoya-Protokoll verabschiedet. Dieses thematisiert unter anderem den Zugang zu genetischen Ressourcen und die ausgewogene Aufteilung der sich aus ihrer Nutzung ergebenden Vorteile. Ebenfalls beinhaltet das Nagoya-Protokoll einen globalen strategischen Plan für den Erhalt der Biodiversität 2011-2020 (UFAM, 2018). Die dort erarbeiteten Grundlagen dienten als Ausgangspunkt, für den im Jahr 2012 verabschiedeten «Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz» (Bundesamt für Umwelt, 2017). Der Schwerpunkt dieses Aktionsplanes liegt auf der direkten Förderung der Biodiversität und der Sensibilisierung von Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit.

2.2 Potenzial Flachdachbegrünung

Da der Lebensraum von Flora und Fauna insbesondere im städtischen Raum durch die einleitend erwähnten Faktoren stark unter Druck steht, müssen dringend Ersatzlebensräume geschaffen werden. Abhilfe können dabei begrünte Flachdächer schaffen. So gelten ökologisch hochwertige Flachdachbegrünungen im Siedlungsraum als ökologische Ausgleichsflächen im Sinne der Naturschutzgesetzgebung (NHG, Art. 18b Abs. 2) (Kanton Basel-Stadt Stadtgärtnerei, o. J.).

Aus ökologischer Sicht kann man begrünte Dächer als Inseln in einem naturfeindlichen Meer aus Beton und versiegelten Flächen sehen. Der ökologische Wert eines begrünten Dachs ist jedoch von der Art der Begrünung abhängig (Brenneisen, 2009). Nebst der Ausführung, der



Abb. 1 Ein begrüntes Flachdach in Basel mit unterschiedlichen Substratdicken, was zu unterschiedlichen Wuchs- und Lebensbedingungen führt. Die begrünten Flachdächer ergeben über den gesamten Siedlungsraum ein Mosaik aus kleineren und grösseren Lebensräumen, welche von flugfähigen Tierarten und Pflanzenarten die sich über den Wind verbreiten als Trittsteine genutzt werden können.

Ausstattung, des Alters sowie der Grösse des Daches, spielt auch die Distanz zum nächsten Dach, beziehungsweise zur nächsten Population eine entscheidende Rolle (Engel, 2017).

2.2.1 Gesetzgebung Schweiz

In verschiedenen Schweizer Städten wurde die Begrünung von ungenutzten Flachdächern aufgrund der im Kapitel 2.2 erläuterten Mehrwerte gesetzlich verankert. So hält die Bau- und Zonenordnung BZO der Stadt Zürich unter Art. 11 Abs. 1 seit 1991 beispielsweise fest, dass Flachdächer, sofern sie nicht als Terrasse genutzt werden, in allen Zonen zu begrünen sind. Im Jahr 2015 wurde der Artikel angepasst. So werden neu ökologisch wertvolle Begrünungen verlangt, insbesondere ebenfalls bei Flachdächern mit PV-Anlagen (Sutter & Tschander, 2020). Auch die Stadt Basel gehört zu den ersten Städten, welche veranlasste, dass ungenutzte Flachdächer als wertvolle Lebensräume im Sinne des ökologischen Ausgleichs (§ 9 NLG, § 72 BPG) zu begrünen sind. Seit 1999 ist zudem im Bau- und Planungsgesetz des Kantons Basel-Stadt verankert, dass ungenutzte Flachdächer (Neubauten sowie baugesuchpflichtige Sanierungen) mit einer Vegetationsschicht zu überdecken sind (Kanton Basel-Stadt Stadtgärtnerei, o. J.)

2.3 Energiestrategie 2050

Wegweisende Ereignisse wie die Katastrophe von Fukushima im Jahr 2011 und allgemeine Veränderungen im internationalen Energieumfeld bedingten ebenfalls eine Revidierung des schweizerischen Energiesystems. Bereits am 23. März 2011 beauftragte der Bundesrat das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Energiestrategie zu überarbeiten. Am 25. Mai 2011 fällte der Bundesrat dann den Entscheid über einen schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie, was ebenfalls durch das Parlament unterstützt wurde (UVEK, o. J.-a).

Dadurch entstand die Energiestrategie 2050 mit den folgenden Zielen:

- die Senkung des Energieverbrauchs und die Steigerung der Energieeffizienz, insbesondere in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Industrie und bei Geräten
- die Förderung und der Ausbau der erneuerbaren Energien inkl. der Verbesserung der rechtlichen Rahmenbedingungen
- der Atomausstieg

Das revidierte Energiegesetz wurde durch das Stimmvolk am 21. Mai 2017 angenommen und per Anfang 2018 in Kraft gesetzt (BFE, 2020). Durch die Annahme des totalrevidierten Energiegesetzes ist man weniger auf Importe fossiler Energieträger aus dem Ausland angewiesen, schafft neue Arbeitsplätze und trägt zu einer nachhaltigen Entwicklung der Schweiz bei (UVEK, o. J.-b).

Zur Erreichung der Ziele bis 2050, welche etappenweise erfolgen sollen, ist ein rechtzeitiger Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere im Bereich der Elektrifizierung im Verkehr und im Wärmesektor, unumgänglich. Hierfür wurde in der Botschaft des Bundesrats vom 18. Juni 2021 für die Etappe bis 2035 ein neuer Zielwert von 17 TWh gewonnenen erneuerbaren Energien anstelle von 11.4 TWh festgelegt. Für den Ausbau der erneuerbaren Energien ist vorgesehen, dass PV-Anlagen mit 14 TWh den grössten Teil dazu beitragen sollen. Ebenfalls soll der Zielwert für 2050 von 24.2 TWh auf 39 TWh erhöht und gesetzmässig verankert werden (Der Bundesrat, 2021).

2.3.1 PV-Anlagen

Gemäss den Analysen von Hostettler & Hekler (2021), welche im Rahmen der 'Statistik Sonnenenergie 2020' vom Bundesamt für Energie (BFE) in Auftrag gegeben wurden, hat der Verkauf an PV-Anlagen im Jahr 2020 um fast 50% zugenommen im Vergleich zum Vorjahr (2019). Dies entspricht einem Rekordzubau (Hostettler & Hekler, 2021). Der Rekordzuwachs von 2020 könnte sogar in Jahr 2021 bereits wieder übertroffen worden sein. So wurden von Januar bis Oktober (2021) bereits über 18'000 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von über 350 MW für die sogenannte Einmalvergütung angemeldet. Für die weitere Förderung des Zuwachses im 2022, stehen 450 Millionen Franken für die Förderung von Photovoltaikanlagen zur Verfügung (Bundesamt für Energie, 2021).

2.4 Aktueller Forschungsstand PV-Anlagen und Biodiversität

Die zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts wie Klimawandel und Biodiversitätsverlust sind bekannt, ebenso die Notwendigkeit des Handelns auf unterschiedlichen Ebenen. Auf politischer Ebene wurden hierfür in den letzten Jahren diverse nationale und internationale Abkommen, Richtlinien und Strategien verabschiedet.

Diese Programme lassen erkennen, dass die Ziele zu Klimaschutz und Biodiversität auf vielschichtige Art und Weise miteinander verknüpft sind und dadurch, durchaus einer gemeinsamen Betrachtung bedürfen. Die Schaffung einer Synergie und gemeinsamen Betrachtungsweise ist für die Zukunft unumgänglich. Ein naturverträglicher Ausbau von erneuerbaren Energien ist jedoch aktuell noch nicht Status Quo, was womöglich auf fehlendes Wissen und (Forschungs-)Lücken zurückzuführen ist (Appel, 2013).

Mit der intensiven Förderung der erneuerbaren Energien insbesondere von PV-Anlagen, steigt auch die Dringlichkeit, den Einfluss und die Auswirkungen von PV-Anlagen auf die Umwelt insbesondere der Biodiversität, zu verstehen. Während der positive Einfluss und die Auswirkung von PV-Anlagen auf das Klima weitgehend erforscht ist, weist die Forschung in Bezug auf die Auswirkungen von PV-Anlagen auf die Biodiversität noch grosse Lücken auf.

Ebenfalls weitgehend erforscht ist, dass der städtische Raum ein vielfältiges Mosaik an Lebensräumen darstellt, welche für die einheimische Biodiversität von grosser Bedeutung ist. Oftmals sind es ebendiese vielfältigen Strukturen und kleinräumigen Heterogenitäten, welche in der Natur- und Kulturlandschaft selten geworden oder gar verschwunden sind (Obrist et al., 2012). Flachdächer bieten jedoch potenziell die wertvolle Möglichkeit, ebendiese kleinräumige Heterogenität umzusetzen (Sattler et al., 2010).

Dabei ist durchaus denkbar, dass PV-Panels durch die Beschattung eine weitere Nische schaffen, und somit die Heterogenität erhöhen. Zu beachten ist jedoch dabei, dass je nach Mobilität der unterschiedlichen Insektenarten (Flugfähigkeit, Sesshaftigkeit, etc.) vermehrt auf die kleinräumige Heterogenität angewiesen sind (Sattler et al., 2010).

2.5 Bioindikatoren

Die Beurteilung der Standortbedingungen auf ausgewählten Dächern im Raum Basel wird im Rahmen der Bachelorarbeit anhand von geeigneten Bioindikatoren vorgenommen. Hierfür eignen sich Heuschrecken und Laufkäfer besonders gut. Beide Artengruppen haben hohe Arten- und Individuenzahlen, sehr differenzierte Lebensweisen innerhalb der Familien und zeigen eine rasche Reaktion auf Umweltveränderungen. Zudem sind sie mit einfachen Methoden zu fangen (Luka et al., 2009).

Folgend wird kurz auf die Biologie der beiden Artengruppen eingegangen. Dies ermöglicht es, Rückschlüsse auf deren Vorkommen in den spezifischen Bereichen zu ziehen.

2.5.1 Heuschrecken

Die allermeisten in der Schweiz vorkommenden Heuschreckenarten (*Orthopteren*) gelten als sogenannte wärmeliebende Kulturfolger. Man unterscheidet zwischen den beiden Unterordnungen, den Langfühlerschrecken (*Ensifera*), bei welchen die Fühler oftmals länger sind als der Körper selbst und den Kurzfühlerschrecken (*Caelifera*), bei welchen die Fühler höchstens halb so lang sind wie der Körper (Prof. Dr. Detzel et al., 2020).

Heuschrecken eignen sich insbesondere gut als Bioindikatoren, da viele Arten eine strenge Bindung an ihren Lebensraum aufweisen (MAAS et. al. 2002), diese Ansprüche können zudem in den verschiedenen Entwicklungsphasen variieren (Heuschrecken, o. J.). Des Weiteren stellen einige Arten besondere Ansprüche an das Eiablagesubstrat, weshalb Heuschrecken auch als gute Anzeiger für die Umwelt- und Lebensraumqualität gelten (Heuschrecken, o. J.).

2.5.1.1 Lebensraumansprüche

Der grösste Teil der Heuschreckenarten ist wärme- und lichtliebend. Dies bedeutet, dass vor allem in Lebensräumen mit Offenflächen bzw. lückigen Pflanzenbeständen besonders viele Arten vorkommen. Oftmals kommen diese Bedingungen an Lebensraumübergängen vor. Die ZHAW, Schnellmann Nadine, UI18

Bindung an das Habitat erfolgt meist mehr aufgrund der benötigten Strukturen und den mikroklimatischen Verhältnisse als auf bestimmte Pflanzengesellschaften. Da die meisten Heuschrecken sesshaft sind und sich in einem Umkreis von wenigen Metern bis maximal einem Kilometer bewegen, benötigen sie die hohe Strukturvielfalt auf möglichst engem Raum. (Prof. Dr. Detzel et al., 2020).

Die *Rote-Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Heuschrecken*, teilt die insgesamt 105 beurteilten Heuschreckenarten bezüglich ihrer Lebensraumbindung grob in die folgenden vier Gruppen ein (Monnerat et al., 2007):

- Grünlandarten auf Trockenwiesen- und Weiden (43 Arten)
- Sumpf- und Feuchtgebietsarten in Flach- und Hochmooren (11 Arten)
- Wald- und Waldrandarten sowie Gebüscharten, vor allem in tiefen Lagen (24 Arten)
- Pionierarten in Auen, Felsplatten, Geröllhalden oder Karst (25 Arten)

2.5.2 Laufkäfer

Weltweit sind fast 30'000 Laufkäferarten (*Carabiden*) bekannt, wobei in Europa rund 500 davon vorkommen. Der grösste Teil lebt räuberisch oder aasfressend und hält sich oftmals tagsüber unter Moosen, Totholz oder Steinen auf und geht erst nachts auf Beutefang (Klausnitzer, 2019).

2.5.2.1 Lebensraumsprüche

Die Arten innerhalb der Familie der Laufkäfer kommen in den unterschiedlichsten Lebensraumbereichen vor. In Europa findet man sie im Grünland, in Wäldern, in Pioniervegetation, in Übergangszonen bis hin zu Äckern. Ihr Vorkommen ist zudem in verschiedenen Höhenzonen und biogeografischen Regionen nachweisbar (Luka et al., 2009).

Bei der Auswertung der Laufkäferdaten werden, wie auch bereits bei den Heuschrecken, die Lebensraumsprüche miteinbezogen. Bei den Laufkäfern werden ergänzend auch noch die drei folgenden Feuchtigkeitspräferenzen beachtet, welche aus dem Buch *Carabidae Ecology – Atlas* von H. Luka entnommen wurden (Luka et al., 2009).

- Xerophil: Bevorzugung von trockenen Umweltbedingungen / Standorten
- Mesophil: Bevorzugung von mittleren Umweltbedingungen / Standorten
- Hygrophil: Bevorzugung von feuchten Umweltbedingungen / Standorten

Anhand dieser Parameter versucht man Rückschlüsse auf das Vorkommen von spezifischen Arten in bestimmten Dachbereichen zu schliessen.

3 Material und Methoden

Im nachfolgenden praktischen Teil sollen die Forschungsfragen anhand eines umfassenden Datensatzes zu den Heuschreckenbeständen aus dem Jahr 2020 und 2021 und zu den Käferdaten aus dem Zeitraum von 2013-2019 untersucht werden. Die Daten zu den Heuschreckenbeständen wurden im Rahmen von Forschungsprojekten des BAFU erhoben und für die vorliegende Bachelorarbeit zur Verfügung gestellt². Die Käferdaten wurden durch Stephan Brenneisen und sein Team erhoben.

Auf sechs Dächern im Raum Basel, welche alle mit PV-Anlagen ausgestattet sind, wurde zur Erhebung der Heuschreckendaten die Transekt-Methode angewendet. Dabei wurde jeweils die gesamte Dachfläche in 5 Meter breite Transekte eingeteilt und in langsamem Tempo abgelaufen, wobei die Tiere links und rechts zusätzlich mit einem Insektenkescher aufgescheucht wurden. Die Heuschreckenarten und ihre Abundanz wurden visuell und teilweise akustisch erfasst (Heller, 2021). Anhand der Heuschreckendaten wird analysiert, welches Artenspektrum mit welcher Abundanz auf mit PV-Anlagen ausgestatteten Gründächern im Raum Basel vorkommt. Nebst dem Shannon-Index wird zudem noch untersucht, wie sich das Artenspektrum und die Abundanz zwischen den verschiedenen Dächern unterscheidet und was mögliche Gründe dafür sein könnten. Die Ergebnisse daraus ermöglichen eine Diskussion darüber, mit welchen artspezifischen Massnahmen das Vorkommen und / oder eine permanente Besiedlung gefördert werden kann.

Auf dem Messe- und dem BVB-Tramdepotdach wurden pro Dachtyp jeweils zehn Barberfallen im Abstand von rund 5 bis 10 Metern installiert, um Käferdaten zu erheben. Die Fallen waren mit einem Gemisch aus Essigsäure und Spülmittel gefüllt. Während die Essigsäure der Konservierung diene, erfüllte das Spülmittel den Zweck, dass die Oberflächenspannung der Flüssigkeit vermindert wurde, wodurch die Insekten schneller ertranken (Brenneisen, 2016). Die beiden Gebäude wurden dann miteinander verglichen. Das Messegebäude ist zur Hälfte mit PV-Anlagen ausgestattet, auf dem BVB- Tramdepotdach sind keine solchen installiert. Dies bietet die Möglichkeit zu untersuchen, ob PV-Anlagen einen Einfluss auf die Biodiversität haben. Die beiden Gebäude eignen sich insbesondere gut, da sie mit einer Distanz von rund 1.5 km Luftlinie nicht weit voneinander entfernt sind (*Swiss Geoportal*, 2021) und dadurch der Einfluss klimatischer sowie meteorologischer Unterschiede minimal ist.

² Konkret handelt es sich um die BAFU-Projekte «Ökofaunistische sowie vegetationstechnische Beurteilung und Optimierung von begrünter Dachflächen im Kontext der Biodiversitätsförderung im Siedlungsraum» und «SMARTRoofs: Prüfung der Auswirkungen von Kombianlagen Solarenergienutzung und Dachbegrünungen auf die Biodiversität».

Als Mass für die Biodiversität dient der Shannon-Wiener-Index (Biodiversitätsindex). Der Shannon-Wiener-Index ist ein statistisches Mass für die biologische Vielfalt eines Areals. Er berücksichtigt nebst der Anzahl der vorkommenden Taxa (Ordnung und Familie) auch die relative Anzahl jeden Taxons. Der Wert ist am höchsten, wenn jede vorkommende Taxa mit gleicher Häufigkeit auftritt, gleichzeitig verringert er sich, wenn nur wenige Arten dominieren (Hochschule Bremen City University of Applied Sciences, 2021).

Der Biodiversitätsindex errechnet sich wie folgt:

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln(p_i))$$

H = Shannon-Index

P_i = Anteil p ('proportion') von Spezies i an der Gesamtzahl der gezählten Käfer

S = Anzahl gezählte Arten

Für die Berechnung des Shannon-Wiener-Index wird der gesamte Käferdatensatz verwendet. Dadurch erhält man ein quantitatives Mass für die Biodiversität auf den beiden Dächern. Für die Laufkäfer wurde zudem untersucht, welche Lebensraumkategorie- und Feuchtigkeitspräferenz die gefangenen Arten haben.

Um nachzuweisen, dass auch gefährdete Arten auf begrünten Flachdächern gefördert werden können, werden die Arten dabei in die folgenden Gefährdungskategorien gemäss IUCN eingeteilt:

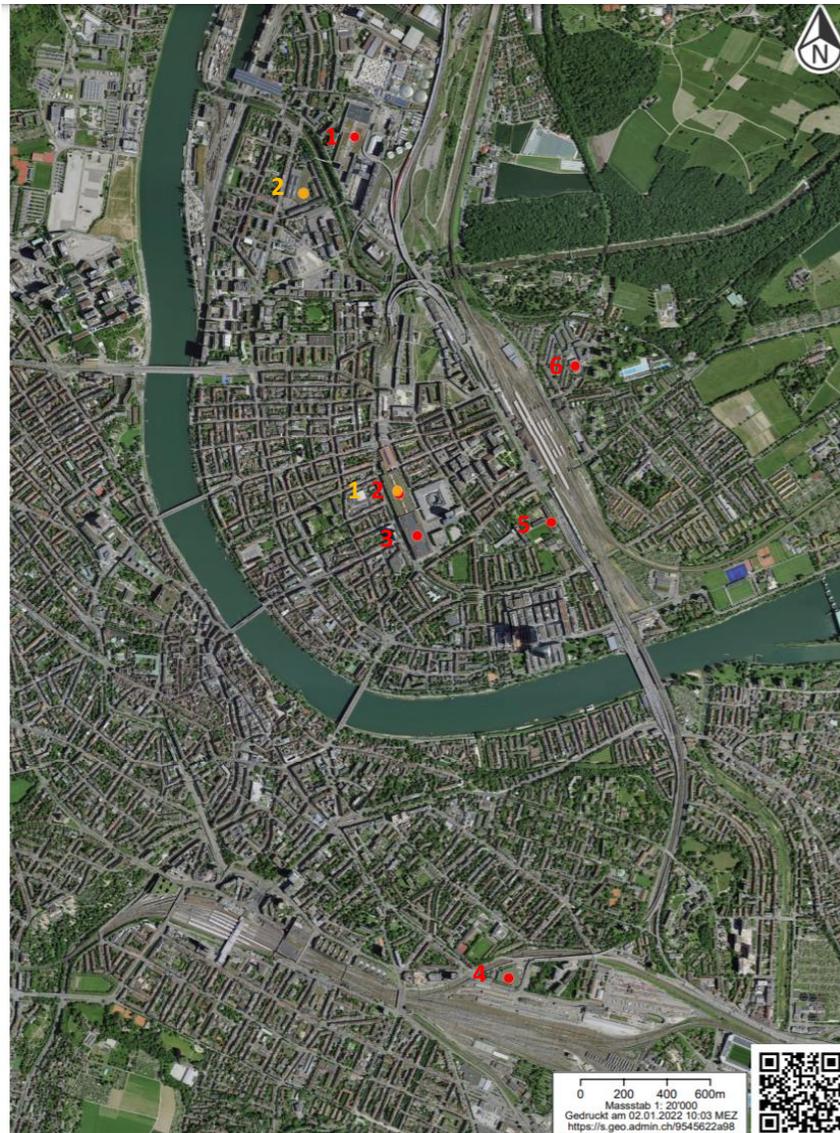
Gefährdungskategorien gemäss IUCN (2001)

RE	In der Schweiz ausgestorben
CR	Vom Aussterben bedroht
EN	Stark gefährdet
VU	Verletzlich
NT	Potenziell gefährdet
LC	Nicht gefährdet
DD	Ungenügende Datengrundlage
NE	Nicht beurteilt

Abb. 2 Erläuterung der möglichen Gefährdungsstatus gemäss IUCN.

3.1 Untersuchungsflächen

Die Untersuchungsflächen befinden sich allesamt im Raum Basel Stadt, in einem Umkreis von zwei Kilometern (Swiss Geoportal, 2021). Der Kanton Basel-Stadt ist mit über 200'000 Einwohnern der am dichtesten bebaute Kanton in der Schweiz (*Basel*, o. J.) und hat mit acht Quadratmetern pro Einwohner die höchste Dachbegrünungsquote weltweit (Russi, 2021).



www.geo.admin.ch ist ein Portal zur Einsicht von geolokalisierten Informationen, Daten und Diensten, die von öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt werden.
 Haftung: Obwohl die Bundesbehörden mit aller Sorgfalt auf die Richtigkeit der veröffentlichten Informationen achten, kann hinsichtlich der inhaltlichen Richtigkeit, Genauigkeit, Aktualität, Zuverlässigkeit und Vollständigkeit dieser Informationen keine Gewährleistung übernommen werden. Copyright, Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft. <http://www.dsdamer.admin.ch>
 © CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC, public.geo.admin.ch

Abb. 3 Übersicht über die Verteilung der untersuchten Gründächern im Raum Basel. Rote Punkte: Heuschreckenerhebungen, orangene Punkte: Käfererhebungen. (Nummerierung vgl. Tab. 1 und 2) (geo.admin.ch).

Rote Punkte:

Tab. 1 Auflistung der untersuchten mit PV-Anlagen ausgestatteten Gründächer im Raum Basel im Rahmen der Heuschreckenerhebungen. Vergleiche Nummerierung Gebäude mit Übersichtskarte der begrünter Dachflächen.

Nr.	Kombinationsdach	Koordinaten	Fläche [m2]	Erhebungsjahr
1	Einkaufszentrum Stücki	611890 / 270104	8'000	2021
2	Messe Halle 1	612078 / 268330	10'000	2020 / 21
3	Messe H&DeM	612151 / 268121	17'000	2020 / 21
4	Prodega	612592 / 266044	4'000	2020 / 21
5	Schulhaus Sandgruben	612770 / 268182	2'000	2020 / 21
6	Schulhaus Schoren	612886 / 268918	1'000	2020 / 21

Orangene Punkte:

Tab. 2 Übersicht über die beiden Kombinationsdächer, welche bzgl. dem Laufkäfervorkommen untersucht werden.

Nr.	Kombinationsdach	Koordinaten	Fläche [m2]	Erhebungsjahr
1	Messe	612168 / 268243	10'000	2013-2019
2	BVB-Tramdepotdach	611627 / 269729	8'000	2013-2019

3.1.1 Standort- / Umgebungseigenschaften

Das Einkaufszentrum Stücki (Nr. 1, rot) und das BVB-Tramdepot (Nr. 2, orange) befinden sich beide nahe der Wiese, dem rechten Nebenfluss des Rheins. Die Wiese ist für zahlreiche Kleintierarten ein wertvoller Lebensraum. (*Regionatur.ch - Natur und Landschaft der Region Basel*, 2020). Nördlich vom Einkaufszentrum Stücki befinden sich Industriebauten. Das BVB-Tramdepot ist umgeben von Wohngebäuden (ohne Dachbegrünung) und einer Strasse.

Die beiden Schulhäuser Schoren (Nr. 6) und Sandgruben (Nr. 5) befinden sich in naher Distanz zum Schienennetz. Zwischen den Bahngleisen und dem Schulhaus Sandgruben befindet sich zudem noch eine Autobahn. Das Schulhaus Schoren, befindet sich etwas ausserhalb der städtischen Umgebung, unweit vom Tierpark Lange Erlen.

Das Prodega-Gebäude (Nr. 4) ist umgeben von zwei Autostrassen und befindet sich in der Gabel von zwei Schienennetzen. Auf der südlichen Seite der Bahngleise befindet sich der Güterbahnhof Wolf.

Die beiden Messegebäude Halle 1 (Nr. 1, orange / Nr. 2, rot) und H&DeM (Nr. 3) befinden sich inmitten der Siedlung. Die Wohngebäude in der Umgebung verfügen oftmals über grüne Innenhöfe. Neben dem Messe H&DeM befindet sich noch das Kongress Center Basel, welches ebenfalls über eine Flachdachbegrünung in Kombination mit PV-Anlagen verfügt.

Übersicht über die Dächer, auf welchen Heuschreckenerhebungen stattgefunden haben.



Abb. 4 Das Schulhaus Schoren weist grösstenteils spärlich bewachsene oder offene Kiesflächen auf. Einige Totholzstrukturen sind auf den offenen Flächen vorhanden.



Abb. 5 Das Schulhaus Sandgruben weist einen sehr hohen Blähton-Anteil auf. Der Bewuchs beschränkt sich ausschliesslich auf Sedum. Strukturen jeglicher Art sind keine vorhanden.



Abb. 6 Das Stücker Einkaufszentrum zeichnet sich durch eine üppige Vegetation zwischen den PV-Paneles aus.



Abb. 7 Das Messedach Halle 1 verfügt über drei unterschiedliche Teilbereiche, PV, Holz und offen. Das gesamte Dach ist relativ spärlich mit Sedum bewachsen. Flächen mit höherer Vegetation gibt es nur sehr wenige.



Abb. 8 Das Prodega-Dach (Nr. 4) ist vollständig mit PV-Anlagen ausgestattet. Die Vegetation beschränkt sich ausschliesslich auf Sedum. Des Weiteren weist das Dach einen hohen Blähton-Anteil auf.



Abb. 9 Das Messe H&DeM-Dach ist grösstenteils mit dichten PV-Anlagen bedeckt. Die verbleibende Fläche ist sehr gering bewachsen, hauptsächlich mit Sedum. Strukturen sind kaum vorhanden.

Folgend, die Abbildungen zu den beiden Dächern, auf welchen (Lauf-)Käfererhebungen stattgefunden haben.



Abb. 10 Übersicht über die unterschiedlichen Dachbereiche "PV", "offen" und "Holz". Die gesamte Dachfläche beträgt rund 10'000m², wobei in jedem Teilbereich jeweils zehn Fallen ausgebracht wurden.



Abb. 11 Übersicht über die beiden Bereiche "flach" und "Wellen" auf dem BVB-Tramdepotdach. Die gesamte Dachfläche beträgt rund 8000m², wobei in jedem Bereich zehn Fallen installiert wurden.

4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden zuerst die Heuschreckenergebnisse inkl. Biodiversitätsindex präsentiert. Danach wird anhand des gesamten Käferdatensatzes der Biodiversitätsindex der beiden Dächer BVB-Tramdepot und Messe Halle 1 und abschliessend anhand der ausgewerteten Laufkäferarten, deren Vorkommen, unter Berücksichtigung der Lebensraumkategorie- und Feuchtigkeitspräferenzen, präsentiert.

4.1 Auswertung Heuschrecken

Die folgende Tabelle zeigt die erhobenen Arten, ihre jeweilige Abundanz sowie den RL-Status, unterteilt auf die untersuchten Dächer. Für jedes Gebäude wurde zudem der Shannon-Index errechnet.

Tab. 3 Zusammengetragene Daten aus den Heuschreckenerhebungen aus dem Jahr 2020 und 2021.

Einkaufszentrum Stüchi						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2021	Shannon-Index		
<i>Aiolopus thalassinus</i>	Grüne Strandschrecke	EN	8			
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	213			
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaufügelige Ödlandschrecke	NT	3			
			224	0.2246523		
Messe (Halle 1)						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2020	Shannon-Index	Abundanz 2021	Shannon-Index
<i>Calliptamus italicus</i>	Italienische Schönschrecke	VU	3		0	
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	29		70	
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaufügelige Ödlandschrecke	NT	13		3	
<i>Platycleis albopunctata</i>	Westliche Beissschrecke	NT	7		7	
<i>Tettigonia viridissima</i>	Grünes Heupferd	LC	1		0	
			53	1.179478166	80	0.453128199
Messe (H&DeM)						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2020	Shannon-Index	Abundanz 2021	Shannon-Index
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	11		6	
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaufügelige Ödlandschrecke	NT	3		0	
			14	0.519579839	6	0
Prodega						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2020	Shannon-Index	Abundanz 2021	Shannon-Index
<i>Aiolopus thalassinus</i>	Grüne Strandschrecke	EN	3		1	
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	96		106	
<i>Tettigonia viridissima</i>	Grünes Heupferd	LC	0		1	
			99	0.135793959	108	0.105052116
Schulhaus Sandgruben						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2020	Shannon-Index	Abundanz 2021	Shannon-Index
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	9		59	
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaufügelige Ödlandschrecke	NT	1		0	
			10	0.325082973	59	0
Schulhaus Schoren						
Tierart	Deutscher Name	RL-Status	Abundanz 2020	Shannon-Index	Abundanz 2021	Shannon-Index
<i>Calliptamus italicus</i>	Italienische Schönschrecke	VU	0		1	
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Nachtigall Grashüpfer	LC	0		1	
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Blaufügelige Ödlandschrecke	NT	1		1	
<i>Platycleis albopunctata</i>	Westliche Beissschrecke	NT	0		1	
<i>Sphingonotus caerulans</i>	Blaufügelige Sandschrecke	VU	35		19	
			36	0.126930545	23	0.703131581

Insgesamt wurden an den Erhebungsdaten über den Zeitraum 2020 bis 2021 706 Heuschrecken gezählt. Auffallend wenig Individuen wurden im Jahr 2020 auf dem Schulhaus Sandgruben und im Jahr 2020 sowie 2021 auf dem Messe H&DeM nachgewiesen. Die meisten Individuen wurden 2021 auf dem Einkaufszentrum Stücki registriert.

Die Individuenzahl variiert stark unter den erhobenen Heuschreckenarten. Die Individuen pro Art unterscheiden sich zwischen 2020 und 2021 nur minimal. Es ist ersichtlich, dass in den meisten Fällen zwischen 0-40 Funde gemacht wurden. Deutlich mehr Individuen (zwischen rund 300-430) wurden von *Chorthippus biguttulus aggr.* erhoben. Die Art gilt als eine der am häufigsten verbreiteten in der Schweiz, insbesondere auch im Siedlungsraum. Sie zeichnet sich durch eine breite ökologische Valenz aus und gilt als ungefährdet (LC-Status).

Die höchste Artenvielfalt wies im Jahr 2021 das Dach des Schulhaus Schoren auf, während im vorhergehenden Jahr auf dem Messe Dach Halle 1 am meisten Arten erfasst worden waren. Auffallend ist zudem, dass auf zwei Dächern im Jahr 2021 mit dem Nachtigall Grashüpfer (*Chorthippus biguttulus aggr.*) nur eine einzige Art nachgewiesen werden konnte.

Bei diesen Resultaten sind insbesondere die unterschiedlichen Flächengrößen zu bedenken. So ist beispielsweise das H&DeM das flächenmässig grösste, das Schulhaus Schoren hingegen das kleinste Dach.

Obwohl auf dem Prodega-Dach im Jahr 2021 am meisten Individuen registriert wurden, liess sich daraus der tiefste Biodiversitätsindex berechnen, da nebst der Anzahl an Individuen auch die Verteilung massgebend ist. Die höchste Biodiversität wies 2020 das Messe-Dach (Halle 1) und im Jahr 2021 das Schulhaus Schoren auf. Zeitlich betrachtet lässt sich bezüglich der Entwicklung des Shannon-Index kein klarer Trend erkennen.

Die Individuenzahl variiert stark zwischen den beiden direkt aneinander liegenden Messegebäude-Dächern Halle 1 und H&DeM. Auf dem flächenmässig kleineren, jedoch strukturell vielfältigeren Dach der Halle 1 wurden deutlich mehr Individuen gezählt.

Ein Blick auf die RL-Status zeigt, dass rund 87 % der gefundenen Heuschreckenarten nicht gefährdet sind. Rund 5 % sind potenziell gefährdet, 6 % sind verletzlich und 2 % sind stark gefährdet. *Aiolopus thalassinus* ist die einzige Art, die stark gefährdet ist und auf dem Prodega- sowie Einkaufszentrum Stücki-Dach gefunden wurde.

4.1.1 Gesamtes Artenspektrum inkl. Lebensraumsprüche

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das gesamte Artenspektrum, welches auf den sechs unterschiedlichen Dächern im Jahr 2020 und 2021 erhoben wurde. Zusätzlich sind die Lebensraumsprüche kurz beschrieben. Die Angaben stammen aus den beiden Büchern: Die Heuschrecken der Schweiz, (Roesti et al., 2006) und Der Kosmos Heuschreckenführer (Bellmann et al., 2019).

Tab. 4 Übersicht über das Artenspektrum inkl. Kurzbeschreibung der Lebensraumsprüche.

Tierart	Lebensraumsprüche	Weitere Bemerkungen
<i>Aiolopus thalassinus</i>	Wärmeliebende Art; bevorzugt offene Flächen mit niedriger und lückiger Vegetation. Bsp. Gut besonnte natürliche Fluss- und Seeufer, Steinbrüche, Ruderalfluren und Brachen.	In den Nymphenstadien auf feuchte Bodenverhältnisse angewiesen; grosses Ausbreitungspotenzial
<i>Calliptamus italicus</i>	Bevorzugt trockenwarme Lebensräume mit einem hohen Anteil an vegetationslosen Flächen; Lebensraum oft von Stein- und Felsstrukturen geprägt.	Hohe Ansprüche an ihren Lebensraum; Eier werden in sandiges Substrat abgelegt.
<i>Chorthippus biguttulus aggr.</i>	Wenig anspruchsvoll, besiedelt unterschiedliche Lebensräume. Bspw., Trocken- und Halbtrockenrasen, Brachen, Acker- und Waldränder sowie Böschungen an Strassen.	Eine der am häufigsten verbreiteten Heuschreckenarten in der Schweiz. Ebenfalls häufig im Siedlungsraum.
<i>Oedipoda caerulescens</i>	Wärme- und Trockenheitsliebend; Bevorzugt steinige Rasen und Weiden, Steinbrüche und Kiesgruben, sowie spärlich bewachsene Ruderalfluren.	Typische Ödlandart; Häufige Begleitarten <i>Platycleis albopunctata</i> und <i>Chorthippus mollis</i> .
<i>Sphingonotus caerulans</i>	Wärme- und Trockenheitsliebend; Bevorzugt Pionierlebensräume mit nahezu vegetationslosen Flächen (Deckungsgrad 0-20%).	Ist sehr ausbreitungsfreudig; steigt selten über 750 m.ü.M.
<i>Tettigonia viridissima</i>	Wärmeliebende Art; Imagines bevorzugen tendenziell eher mittel bis hohe Vegetation / Strukturen. Im Allgemeinen keine speziellen Anforderungen an Lebensraum tendenziell eher etwas trockenere und wärmere.	Gilt als Langstreckenflieger und kann in einem Sommer Distanzen von mehreren Kilometern zurücklegen. Eine der häufigsten Heuschreckenarten im Siedlungsraum.
<i>Platycleis albopunctata</i>	Wärme- und trockenheitsliebende Art; Bevorzugt Lebensräume mit hohe Vegetationsflächen und offenen, steinigen Stellen (Mosaik) .	Weit verbreitet nördlich der Alpen, jedoch an trockenwarme Standorte gebunden.

4.2 Auswertung Käferdaten

Die detaillierte Auflistung aller erfassten Käferarten (*Coleoptera*), deren Anzahl an Individuen nach Standort (inkl. Bereich) und Jahr (2013-2019) ist im Anhang ersichtlich.

Die untenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Anzahl an Arten sowie Individuen pro Dachbereich und Jahr. Nebst den Laufkäfern, sind für die Berechnung des Shannon-Index auch alle anderen Käfer aus anderen Familien miteingeflossen.

Tab. 5 Übersicht über die Anzahl Arten und Individuen pro Jahr und Dachbereich.

Anzahl Arten pro Jahr und Dachbereich								
Dach	Bereich	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BVB	flach	34	47	103	55	78	70	49
	Welle	10	33	48	30	42	33	31
		44	80	151	85	120	103	80
Messe	offen	30	38	20	44	49	33	32
	Holz	26	77	30	29	33	22	30
	PV	13	45	21	18	24	16	19
		69	160	71	91	106	71	81
Anzahl Individuen pro Jahr und Dachbereich								
Dach	Bereich	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BVB	flach	79	342	1468	344	1117	566	555
	Welle	24	103	376	98	367	215	211
		103	445	1844	442	1484	781	766
Messe	offen	124	143	142	144	199	111	164
	Holz	136	484	312	215	360	225	195
	PV	86	341	358	76	219	99	113
		346	968	812	435	778	435	472

Im Zeitraum von 2013-2019 wurden auf dem BVB-Tramdepotdach insgesamt 5865 Käfer und auf dem Messedach 4246 Käfer gefangen, was einem Total von 10'111 Käfern entspricht (siehe Gesamtartenliste im Anhang).

Am meisten Individuen wurden im Jahr 2015 auf dem BVB-Tramdepotdach gezählt. Auffällig ist, dass 80% vom flächenmässig kleineren, flachen Dachbereich stammen und nur 20% vom Dachbereich «Welle». Ein ähnliches Bild zeigt sich im Jahr 2017 ebenfalls auf dem BVB-Tramdepotdach. Über den gesamten Zeitraum gesehen, wurden auf dem BVB-Tramdepotdach in diesen beiden Jahren (2015 und 2017), überdurchschnittlich viele Käfer gefangen. Im Vergleich zu den anderen Dachbereichen auf dem Messedach, schwankt die Individuenzahl im Bereich der PV-Anlagen stärker als in den Bereichen offen und Holz. Zudem ist ersichtlich, dass ebenfalls auf dem Messedach, im Bereich der Holzstrukturen über den gesamten Zeitraum die Individuenzahl am höchsten ist.

Am meisten unterschiedliche Arten (160 Arten) wurden im Jahr 2014 auf dem Messedach gefangen, wobei 77 Arten vom Holzbereich, 45 Arten vom Bereich mit PV-Anlagen und 38 Arten vom offenen Dachbereich stammen. Am wenigsten Arten wurden im Jahr 2013 auf dem BVB-Tramdepotdach gefangen/gezählt.

Tab. 6 Biodiversitätsindex pro Dachbereich.

Dach	Bereich	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BVB	flach	3.17	2.60	3.46	3.18	2.97	3.12	2.80
	Welle	2.13	2.97	3.28	2.95	2.66	2.75	2.58
Messe	offen	2.63	3.20	2.77	3.19	3.04	2.63	2.79
	Holz	2.50	2.68	2.56	2.69	2.83	2.46	2.53
	PV	1.79	2.48	2.25	2.09	2.29	2.32	2.35

Der höchste Biodiversitätsindex wurde für das Jahr 2015 auf dem BVB-Tramdepotdach im flachen Bereich berechnet. Der tiefste Shannon-Index im Jahr 2013 für den Bereich mit PV auf dem Messedach.

Obwohl im Bereich der Holzstrukturen auf dem Messedach über den gesamten Zeitraum von 2013-2019 mehr Käfer gefangen wurden als im offenen Bereich, liess sich für jedes Jahr der tiefere Biodiversitätsindex berechnen, da nebst der Anzahl an Individuen auch die Verteilung unter den Arten massgebend ist.

Tab. 7 Übersicht über Anzahl Individuen, Arten und Shannon-Index pro Dach.

	Dach	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Anzahl Individuen	BVB	103	445	1844	442	1484	781	766
	Messe	346	968	812	435	778	435	472
Anzahl Arten	BVB	44	80	151	85	120	103	80
	Messe	69	160	71	91	106	71	81
Shannon-Index	BVB	3.18	2.879	3.542	3.363	3.093	3.224	2.962
	Messe	2.659	3.051	2.786	3.12	2.967	2.718	2.853

Auf dem Messedach wurden tendenziell jeweils mehr unterschiedliche Arten gefangen als auf dem BVB-Tramdepotdach. Jedoch wurden auf dem BVB-Tramdepotdach in den meisten Fällen deutlich mehr Individuen pro Art gefangen als auf dem Messegebäude. Wenn man nun noch den Shannon-Index vergleicht, ist erkennbar, dass das BVB-Tramdepotdach bis auf das Jahr 2014 immer einen höheren Biodiversitätsindex aufweist.

Fortsetzung Gesamtliste der Laufkäfer:

Art und Gattung	Lebensraumkategorie-Präferenz	Feuchtigkeitspräferenz	2013					2014					2015					2016					2017					2018					2019					Abundanz pro Art
			BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV						
<i>Badister bullatus</i> (Sra.)	Krautsäume und Ruderalstandorte, Gebüsche, Hecken	mesophil	1							1		2				2					7	1				1							1	16				
<i>Bembidion lampros</i> (Her.)	Kunstwiesen und Feldraine	mesophil										1	1		6	8					1												17					
<i>Bembidion lunulatum</i> (Geo.)	Ufer und Vegetation	hygrophil										4															1					5						
<i>Bembidion properans</i> (Ste.)	Kunstwiesen und Weiden	mesophil																			1					2						3						
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Lin.)	Feucht- und Nasswiesen	xerophil								5	3	1	32	8		2					14	3	1			6		1				76						
<i>Bembidion tetracolum</i> (Say.)	Getreide und Ufer mit Vegetation	hygrophil	1																													1						
<i>Bradycellus csikii</i> (Lcz.)	Brachen und Hochstaudenflur	mesophil				1			2							1																4						
<i>Calathus cinctus</i> (Mot.)	Trockenrasen und Magerwiesen	xerophil			2	8	1					4	28	26	64		8	6			16	8	12		1	12	6	7		40	53	26	328					
<i>Calathus melanocephalus</i> (Lin.)	Trockenrasen und Magerwiesen	xerophil			13		1		15	3	10	2	20	10	6		3	1														84						
<i>Clivina fossor</i> (Lin.)	Gemüseflächen	mesophil										2																				2						
<i>Elaphropus parvulus</i> (Dej.)	Trockenrasen und Magerwiesen	xerophil					2	1	1	14	10	28	14	26	52	22	6	2	2	9	2	1	26	7	28	34	12	9	3	2	1	2	6	1	1	9	333	
<i>Elaphropus quadrisignatus</i> (Duf.)	Ufer ohne Vegetation	hygrophil																			1	1										1	3					
<i>Harpalus affinis</i> (Sra.)	Brachen, Krautsäume und Feldraine	mesophil	3	2	23	18	17		2	27	4	20	8	4	36	8	14	6	2	17	6	24	18	42	32	15	32	27	34	49	11	12	50	23	21	1	13	621
<i>Harpalus anxius</i> (Duf.)	Trockenrasen und Magerwiesen	xerophil				3		1	3	1	1		2	2		1	2				1	1	6	10	1	5	9	2	12	1	14	13	2	22	115			
<i>Harpalus attenuatus</i> (Ste.)	Ruderalstandorte	xerophil				1		5	1	11	1	1	30	18			2	2	3	6	1	7	21	11	11	4		3	4	2	1	5	1	6	1	159		
<i>Harpalus dimidiatus</i> (Ros.)	Trockenrasen und Magerwiesen, Krautsäume und Feldraine	xerophil																			1													1				
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duf.)	Brachen	xerophil				1										1									1				2	2				7				
<i>Harpalus griseus</i> (Pan.)	Brachen	xerophil																			1					1		1			2			5				
<i>Harpalus honestus</i> (Duf.)	Trockenrasen und Magerwiesen	xerophil				1																												1				
<i>Harpalus luteicornis</i> (Duf.)	Brachen und Ufer ohne Vegetation	mesophil			2	1															1													4				
<i>Harpalus progrediens</i> (Sbe.)	Ufer und Vegetation, Auenwälder	hygrophil			3					25	2	9				8																		47				

Fortsetzung Gesamtliste der Laufkäfer:

Art und Gattung	Lebensraumkategorie-Präferenz	Feuchtigkeitspräferenz	2013					2014					2015					2016					2017					2018					2019					Abundanz pro Art
			BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	
<i>Harpalus rubripes (Duf.)</i>	Trockenrasen, Magerwiesen, Krautsäume, Ruderalstandorte	mesophil	5	22	12	22	21	15	115	37	134	172	74	18	8	58	62	14	28	36	13	49	123	73	27	51	11	28	16	4	11	10	2	7	3	3	1284	
<i>Harpalus rufipes (DeG.)</i>	Brachen, Gebüsche, Kiesgruben, Hecken	mesophil		5					1				4			1						1	3			1	2					4	2				24	
<i>Harpalus serripes (Que.)</i>	Krautsäume, Wiesen, Ruderalstandorte	xerophil			2	1						2												1								1		1			8	
<i>Harpalus signaticornis (Duf.)</i>	Brachen und Ruderalstandorte	xerophil								1				4				19	4	2														2			32	
<i>Harpalus tardus (Pan.)</i>	Feldraine, Trockenrasen, Magerwiesen	xerophil	1		1					10		1					15					1		19	4				29		2	1		16	1	1	102	
<i>Loricera pillicornis (Fab.)</i>	Getreide, Kunstwiesen, Ufer mit Vegetation, Auenwälder	hygrophil				1														1														1		3		
<i>Microlestes minutulus (Goe.)</i>	Krautsäume und Feldraine, Wiesen	xerophil	1			1		1	1	7	2	1	12	14	6	8		2	1	4	7		38	3	3	3	2	48	4	6	13		100	16	6	21	331	
<i>Nebria brevicollis (Fab.)</i>	Krautsäume und Feldraine, Laubwälder	hygrophil																				1														1		
<i>Nebria salina (FaL.)</i>	Gebüsche, Hecken, Kunstwiesen	mesophil									2				4		3						1								1		5			16		
<i>Paradromius linearis (Oli.)</i>	Gebüsche, Hecken, Waldränder, Brachen	mesophil																				1														1		
<i>Paratychus bistriatus (Duf.)</i>	Gemüseflächen	mesophil										4										1									1					6		
<i>Parophonus maculicornis (Duf.)</i>	Trockenrasen und Magerwiesen	mesophil				1	4				1	2	2	2								2	5	2	3	1		2								27		
<i>Poecilus cupreus (Lin.)</i>	Raps	mesophil	3		1	1		1		1		1	2						2	1			3	2	2			1			1				22			
<i>Pterostichus nigrita (Pay.)</i>	Auenwälder, Feucht- und Nasswiesen, Ufer mit Vegetation	hygrophil	1																																	1		
<i>Pterostichus vernalis (Pan.)</i>	Brachen, Weiden, Feucht- und Nasswiesen	mesophil	6		2	1	1	11		2	1	1	32	8	4	2	2	10		1		62	5	2		7	1		1		4				166			
<i>Stenolophus teutonius (Sra.)</i>	Brachen	mesophil										2					9	1				7	1			1					2				23			
<i>Syntomus foveatus (Geo.)</i>	Krautsäume und Feldraine, Wiesen	xerophil				8	1			60	14	26		46	14	40			14	18	2		9	20	11		1	7	14	4		1	12	17	8	347		
<i>Syntomus truncatellus (Lin.)</i>	Wiesen, Hecken, Gebüsche, Waldränder	mesophil				1				1																										2		
<i>Trechus quadristriatus (Sra.)</i>	Äcker	mesophil									1		2																			1	1	2		7		
Anzahl Individuen pro Dachbereich und Jahr			30	7	105	104	84	64	29	348	112	279	464	172	250	126	260	179	38	154	106	66	505	262	249	163	205	246	104	185	92	85	296	155	157	129	90	5900
Anzahl Arten pro Dachbereich und Jahr			10	3	15	20	11	12	9	21	16	17	23	15	13	13	10	19	12	20	11	10	24	17	19	16	13	21	13	15	11	12	19	17	15	15	11	

Aus der Gesamtliste lässt sich aufgrund der Farben / Einfärbungen erkennen, dass die Verteilung der Arten bezüglich ihrer Feuchtigkeitspräferenz nicht gleichverteilt ist. Insgesamt wurden 21 Arten mit einer xerophilen, 28 Arten mit einer mesophilen und 8 Arten mit einer hygrophilen Feuchtigkeitspräferenz gefangen.

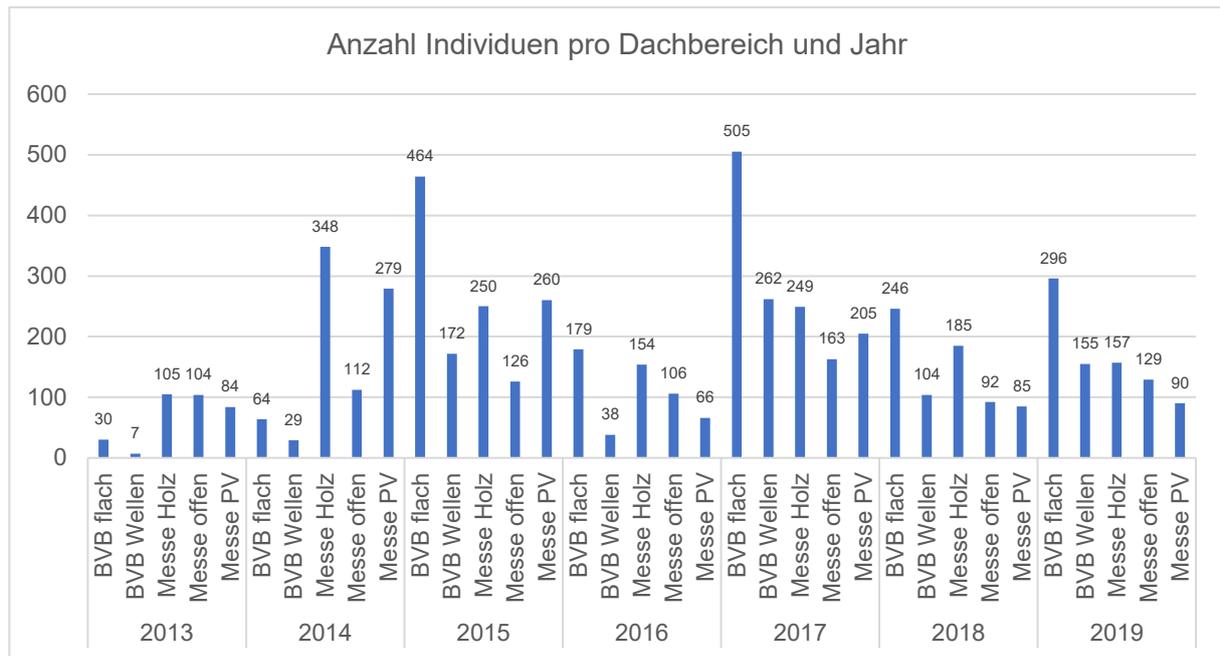


Abb. 12 Übersicht über die Verteilung der Laufkäfer pro Bereich und Jahr.

Die Abbildung 12 zeigt, dass die Individuenzahl pro Dachbereich (flach, Wellen, Holz, offen, PV) und Jahr sehr stark variiert. Auffällig ist, dass häufig auf dem BVB-Tramdepotdach im flachen Bereich am meisten Laufkäfer gefangen wurden. Ansonsten ist kaum eine Tendenz oder ein Muster bezüglich der Artenzahl in den verschiedenen Bereichen zu erkennen.

Insgesamt wurden über den gesamten Zeitraum auf dem BVB-Tramdepotdach 2551 Individuen und auf dem Messedach und 3349 Individuen gefangen.

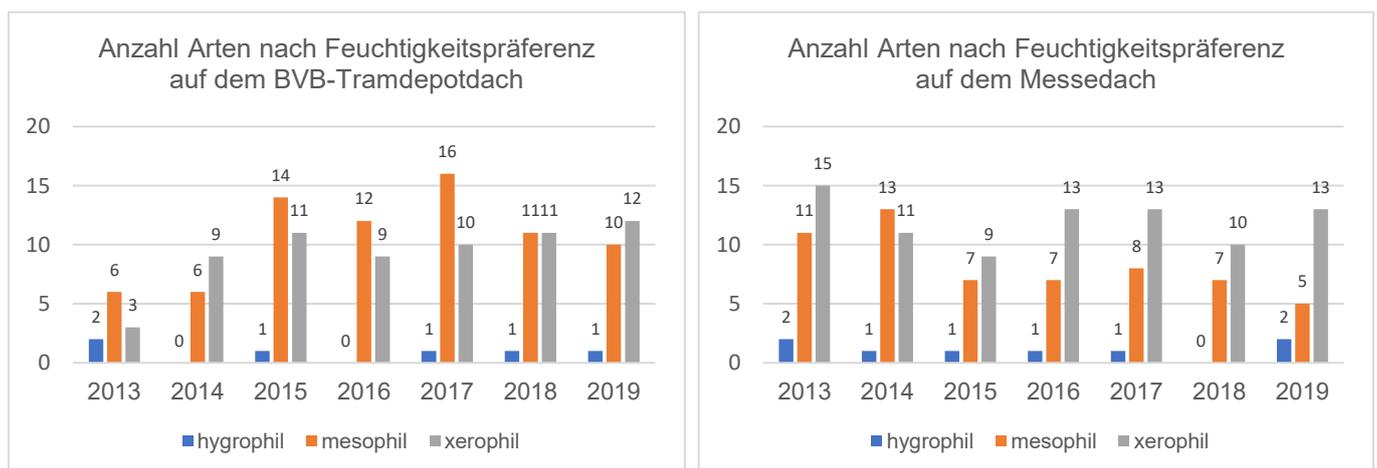


Abb. 13 Vergleich der Arten nach Feuchtigkeitspräferenz auf den beiden Dächern.

Wenn man die Anzahl Arten nach ihrer Feuchtigkeitspräferenz auf den beiden Dächern miteinander vergleicht, ist erkennbar, dass auf dem BVB-Tramdepotdach tendenziell mehr mesophile Arten und auf dem Messedach tendenziell mehr xerophile Arten gefangen wurden. Bei den Arten mit hygrophilen Feuchtigkeitspräferenzen variiert die Anzahl nur sehr gering.

Bei der Betrachtung der Individuenzahl der Arten mit einer hygrophilen Feuchtigkeitspräferenz zeigt sich ein relativ grosser Unterschied. So wurden über den gesamten Zeitraum auf dem BVB-Tramdepotdach rund 9 Individuen und auf dem Messdach insgesamt 53 Individuen gefangen. Im Jahr 2014 wurden mit Abstand die meisten hygrophilen Arten gefangen, insbesondere im Bereich der Holzstrukturen. Die Frage, die sich stellt, ist der grosse Unterschied zwischen 2014 und den übrigen Jahren. Ein Blick auf Klima und Wetter zeigt, dass das Jahr 2014 zudem das wärmste seit Messbeginn im Jahr 1864 war. Insbesondere der Frühling und Herbst waren überdurchschnittlich warm. Der Hochsommer war gezeichnet durch Rekord-Nässe und Rekord-Sonnenarmut (Dr. Bader & Schlegel, 2014).

Im Bereich der PV-Anlagen kamen nicht zwingend mehr hygrophile Arten vor. In den meisten Fällen sogar mehr xerophile wie mesophile Arten. Die hygrophilen Arten kommen hauptsächlich im Bereich des Totholzes vor.

5 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Auswertungen diskutiert.

5.1 Heuschrecken

Sämtliche untersuchten Flächen wiesen PV-Anlagen auf und auf sämtlichen Dächern konnten Heuschrecken registriert werden. Die erhobenen Daten weisen also durchaus darauf hin, dass Dächer mit Kombinationsanlagen einen Lebensraum für Tiere bieten.

Der höchste Index für die Biodiversität wurde für das Messe-Dach errechnet. Dieses scheint somit für eine Vielzahl von Arten attraktiv zu sein. Das Dach zeichnet sich im Unterschied zu den übrigen Dächern durch die drei unterschiedlichen Teilbereiche PV, offen und Holz aus. Insbesondere im Vergleich zu dem direkt angrenzenden Dach ist diese Beobachtung relevant. Das flächenmässig deutlich grössere jedoch struktur-ärmere H&DeM Dach wies eine deutlich tiefere Biodiversität auf. Da die beiden Dächer gerade nebeneinander liegen, können standort-spezifische Einflüsse eher ausgeschlossen werden.

Vielmehr erwecken die Daten generell den Eindruck, dass die Art der Dachbegrünung für viele Heuschreckenarten eine wichtige Rolle spielt. Die meisten Arten verfügen über eine starke Bindung an ihr spezifisches Habitat, so kommen Arten oft nur dort vor, wo gewisse spezifische Bedingungen erfüllt sind. Wichtige Faktoren für die Lebensraumeignung scheinen die Kleinstrukturen und der Deckungsgrad sowie die Art der Vegetation zu sein. So kommt beispielsweise die Blauflügeligen Sandschrecke (*Sphingonotus caeruleus*) mit einer hohen Populationsdichte auf dem flächenmässig kleinsten Dach, dem Schulhaus Schoren, vor.

Das analysierte Datenset enthält Beobachtungen über zwei Jahre und lässt keine verlässlichen Aussagen zur Entwicklung über die Zeit zu, da jährliche Populationsschwankungen miteinfließen. Zukünftige Untersuchungen könnten sich folglich darauf fokussieren, die Entwicklung der Artenvielfalt und Abundanz in den kommenden Jahren auf den untersuchten Dächern weiter zu beobachten. Ebenfalls wäre es interessant, zu untersuchen, ob die genannten Aufwertungsmassnahmen einen direkten positiven Effekt auf die potenziell geförderten Arten hätten.

Aus den untersuchten Daten kann kein eindeutiges Fazit bezüglich des Einflusses der PV-Anlagen auf die Biodiversität gezogen werden. Ebenfalls lässt sich nicht bestimmen, wie dieser Einfluss genau aussieht. Denkbar wäre, dass PV-Anlagen einen positiven Einfluss auf das Mikroklima und somit die Bodenfeuchte haben, wovon einige Heuschreckenarten wie zum Beispiel die Grüne Strandschrecke (*Aiolopus thalassinus*) profitieren könnte. Zur Feststellung derart kausalen Zusammenhänge ist jedoch noch weitergehende Forschung notwendig.

5.2 Käfer

Die Auswertung der Käferdaten zeigt, dass ein breites Spektrum an unterschiedlichen Käferarten auf den beiden Dächern vertreten ist. Obwohl im Jahr 2015 auf dem Messedach Halle 1 am meisten unterschiedliche Arten gefangen wurden, wurde jedoch im Vergleich zum BVB-Tramdepotdach, welches über keine PV-Panels verfügt, ein geringerer Index für die Biodiversität berechnet. Ob dies direkt mit der Anwesenheit der PV-Anlage zusammenhängt oder womöglich aufgrund anderer unterschiedlicher Parameter wie beispielsweise der Ausstattung des Daches, der Strukturen, der Vegetation oder des Alters des Daches ist, lässt sich anhand dieser Auswertung nicht abschliessend klären. Ebenso könnte der Standort einen (zusätzlichen) Einfluss auf die Biodiversität haben. Während sich das Messedach im Siedlungsraum, umgeben von Gebäuden befindet, befindet sich das BVB-Tramdepotdach nahe der Wiese (Fluss), was durchaus einen positiven Einfluss auf die Biodiversität haben könnte.

Durch die zahlreichen unterschiedlichen Faktoren und Parameter, welche in dieser Auswertung nicht miteingeflossen sind, wird die Beurteilung bezüglich des direkten Einflusses der PV-Anlagen auf die Biodiversität zusätzlich erschwert. Dadurch macht ein Vergleich nur bedingt Sinn.

5.2.1 Laufkäfer

Die erhobenen Daten zu den Laufkäfern zeigen, dass mit 5900 Individuen ein beachtliches Vorkommen an Laufkäfern auf den beiden Dächern vorhanden ist. Der Vergleich der beiden Dächer hat ergeben, dass auf dem BVB-Tramdepotdach durchschnittlich mehr Arten mit einer mesophilen Feuchtigkeitspräferenz und auf dem Messedach mehr Arten mit einer xerophilen Feuchtigkeitspräferenz gefangen wurden. Dies widerspiegelt auch die vorherrschenden Bedingungen auf den beiden Dächern. Das Messedach ist eher spärlich, hauptsächlich mit Sedum und nur wenigen Stellen mit höherer Vegetation bewachsen und trocknet dadurch im Sommer sicherlich auch schneller aus als das BVB-Tramdepotdach, welches über mehr und eine höhere Vegetation verfügt.

Obwohl denkbar wäre, dass die Beschattung durch PV-Panels einen positiven Einfluss auf die Bodenfeuchte hat, konnte dies anhand der Auswertung nicht bestätigt werden. Der grösste Teil der dort gefangenen Arten hat eine xerophile Feuchtigkeitspräferenz. Da unter den PV-Anlagen auf dem Messedach ausschliesslich Sedum vorhanden ist, ist durchaus denkbar, dass das Sedum nicht in der Lage ist, die Bodenfeuchte zurückzuhalten / zu erhalten.

Generell scheint ein begrüntes Flachdach in der Ausführung des BVB-Tramdepotdaches oder des Messedachs für hygrophile Arten eher unattraktiv zu sein. Der Hochsommer 2014 war

jedoch verhältnismässig sehr niederschlagsreich, weshalb womöglich mehr hygrophile Arten gefangen wurden. Da die meisten hygrophilen Arten im Bereich der Holzstrukturen gefangen wurden, kann es durchaus sein, dass das Totholz den entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt aufweist, welcher von hygrophilen Arten benötigt / bevorzugt wird. Die Tatsache, dass praktisch alle hygrophilen Arten im niederschlagsreichen Jahr 2014 gefangen wurden, lässt die Vermutung zu, dass die Kombination zwischen hohem Niederschlag und Holz die entsprechende Feuchtigkeit ermöglichte. Eventuell könnte die Beschattung der Holzstrukturen durch PV-Panels einen positiven Einfluss auf die Bodenfeuchtigkeit haben, wodurch die Möglichkeit besteht, dass auch in trockeneren Sommern auf begrünten Flachdächern ein Habitat für hygrophile Arten geschaffen werden könnte.

Anhand der Auswertung der Laufkäfer konnte zwar aufgezeigt werden, dass PV-Anlagen durchaus ein Habitat für Laufkäfer darstellen, jedoch nicht wie erwartet für hygrophile sondern tendenziell vermehrt für xero- und mesophile Arten. Weiterführende Untersuchungen könnten sich auf die Artenzusammensetzung unter PV-Anlagen konzentrieren, welche mit unterschiedlichen Strukturen wie Totholz, schattentoleranten Pflanzen oder Sedum ausgestattet sind.

5.3 Beantwortung der Hypothesen

Forschungsfrage: Kann man mit Kombinationsanlagen, Dachbegrünung und Solarenergienutzung, die Biodiversität auf Dächern im Raum Basel fördern?

Aus der Heuschrecken- und Käferdatenauswertungen lässt sich schliessen, dass Kombinationsanlagen durchaus einen Lebensraum für Heuschrecken und Käfer, insbesondere Laufkäfer darstellen. Auf sämtlichen untersuchten Dächern wurden zahlreiche Individuen von diversen Arten gezählt. Ob die Anwesenheit von PV-Panels durch die Beschattung und die dadurch entstehenden neuen womöglich feuchteren Nischen einen direkten positiven Einfluss auf die Insektenarten, insbesondere die Biodiversität haben, kann anhand dieser Auswertung nicht abschliessend geklärt werden (siehe Diskussion).

Hypothese 1: Durch Kombinationsanlagen (extensive Begrünung und Solarenergienutzung) auf Dächern im Raum Basel lässt sich die Biodiversität fördern.

Der direkte Vergleich zwischen dem mit PV-Panels ausgestatteten Messdach und dem BVB-Tramdepotdach, stellt die Hypothese 1 in Frage, da für das BVB-Tramdepotdach in 5 von 7 Fällen ein höherer Biodiversitätsindex errechnet wurde. Jedoch kann nicht abschliessend beurteilt werden, ob dies aufgrund der PV-Panels oder womöglich aufgrund anderer Parameter (siehe Diskussion) sein könnte.

Hypothese 2: Kombinationsanlagen stellen ein Habitat dar, in welchem sich spezifische (Rote-Liste-) Arten fördern lassen.

Die Hypothese 2 wird durch die gewonnenen Resultate bekräftigt, da auf sämtlichen untersuchten Kombinationsanlage-Dächern nebst Heuschrecken, auch Käfer der Roten Liste der Schweiz oder Deutschland gefunden wurden. Ob die Förderung rein durch die PV-Anlagen ist, kann jedoch nicht abschliessend geklärt werden.

6 Fazit / Schlussfolgerung

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Installation von Kombinationsanlagen bei einem Neubau oder einer entsprechenden Sanierung gegenwärtig noch nicht zwingend Status Quo ist. Durch die Energiewende 2050 und die dadurch verbundenen neuen Gesetze und Klimaziele, wird der Ausbau von PV-Anlagen stark gefördert. Durch die angestrebten baulichen Verdichtungen in den Siedlungsräumen, wird auch die Schaffung von ausreichenden Ausgleichsflächen sowie -massnahmen erforderlich sein. Dies wird unter anderem durch SIA Normen, Gesetze sowie kantonale Vorschriften bezüglich der Begrünung von Dächern berücksichtigt und gefördert. Ein Umdenken bezüglich der gemeinsamen Betrachtungsweise der beiden Themen (Klima und Biodiversität) geht aktuell von statten. Dies zeigen verschiedenste Berichte, welche sich mit einem naturverträglichen Ausbau der erneuerbaren Energien befassen.

Ebenfalls hat die Literaturrecherche gezeigt, dass der Einfluss von PV-Anlagen auf die Biodiversität auf Flachdachbegrünungen noch nicht umfassend erforscht ist. Um die Dächer zukünftig optimal auszugestalten und Synergien zwischen der Gewinnung der Energie und der Förderung der Biodiversität zu schaffen und zu nutzen, benötigt es noch weitere Forschung.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit kann keine abschliessende Aussage zur Förderung der Biodiversität auf Flachdachbegrünungen durch PV-Anlagen gemacht werden. Jedoch konnte aufgezeigt werden, dass PV-Anlagen und Flachdachbegrünungen sich keinesfalls ausschliessen und Dächer mit einer Kombinationsanlage für zahlreiche Insektenarten (Heuschrecken und (Lauf-)Käfer) einen Lebensraum darstellen.

Je mehr unterschiedliche Dachbereiche auf einem Dach vorhanden sind, desto naturnäher ist das Dach und je mehr Arten können tendenziell davon profitieren. Die Art der Ausführung ist dabei sicherlich ein entscheidender Punkt in Bezug auf die Qualität des Ersatzlebensraumes. In Bezug auf PV-Anlagen ist es absolut denkbar, dass diese weiteren Nischen und Lebensraumbedingungen schaffen, welche durch Aufwertungsmassnahmen, womöglich weitere wertvolle Habitate darstellen können.

Literaturverzeichnis

- Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. (2021, Juli 19).*
<https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home.html>
- Appel, I. (2013). Klimaschutz & Biodiversität. Praxisbeispiele für Kommunen zum Schutz von Klima und Biodiversität.* <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/210686>
- BAFU, B. für U. B. | O. fédéral de l'environnement O. | U. federale dell'ambiente. (2020, November 5). Zustand der Lebensräume in der Schweiz.*
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--fachinformationen/zustand-der-biodiversitaet-in-der-schweiz/zustand-der-lebensraeume-in-der-schweiz.html>
- Basel: Ein Kanton, drei Gemeinden. (o. J.). Abgerufen 2. Januar 2022, von*
<https://www.bs.ch/Portrait/einleitung-weltstadt/Kanton-Basel-Stadt.html>
- Bellmann, H., Rutschmann, F., Roesti, C., & Hochkirch, A. (2019). Heuschreckenführer (1.).*
Kosmos.
- BFE, B. für E. (2020, November 11). Energiestrategie 2050.*
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html>
- Biodiversität: Definition und Bedeutung. (2010). 2.*
- Brenneisen, S. (2003). Ökologisches Ausgleichspotenzial von Extensiven Dachbegrünungen – Bedeutung des Ersatz-Ökotops für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung. Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät.*
- Brenneisen, S. (2009). Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Dachbegrünungen: Bedeutung des Ersatz-Ökotops für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung.*
- Bundesamt für Energie, B. (2021, November 12). Förderung der erneuerbaren Stromproduktion 2022: 450 Millionen Franken für Photovoltaikanlagen.*
<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-85845.html>
- Der Bundesrat. (2021). Bundesrat verabschiedet Botschaft zum Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien.*
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/medienmitteilungen/mm-test.msg-id-84018.html>
- Dr. Bader, S., & Schlegel, T. (2014). Klimareport 2014 [Report]. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.*
https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/klimareport_2014_DE_web.pdf
- Engel, S. (2017). Artenvielfalt fördern auf dem Gründach.*
- Grunewald, K., & Bastian, O. (Hrsg.). (2018). Ökosystemdienstleistungen: Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer Spektrum.*
- Heller, P. (2021). Heuschrecken auf ökologischen Dachbegrünungen.*

- Heuschrecken: Biologie & Ökologie - NABU.* (o. J.). NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. Abgerufen 28. Dezember 2021, von <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/insekten-und-spinnen/heuschrecken/01470.html>
- Hostettler, T., & Hekler, A. (2021). *Statistik Sonnenenergie.*
- Kanton Basel-Stadt Stadtgärtnerei. (o. J.). *Gebäudebegrünung.* Abgerufen 12. Januar 2022, von <https://www.stadtgaertneri.bs.ch/mein-garten/baugesuche/gebaeudebegruenung.html>
- Klausnitzer, B. (2019). *Wunderwelt der Käfer (3.).* Springer-Verlag.
- Kyrö, K. (2021). *Vegetated roofs as habitats for arthropods in urban areas.* University of Helsinki.
- Luka, H., Marggi, W., Huber, C., Gonseth, Y., & Nagel, P. (2009). *Carabidae Ecology—Atlas.*
- Monnerat, C., Thorens, P., Walter, T., & Gonseth, Y. (2007). *Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Heuschrecken.* BAFU.
- Nature.* (2009, September 24). *A safe operating space for humanity.* *Nature*, 461, 4.
- Nikles, E., Knobel, B., & Reisner, Y. (2020). *Flachdachbegrünung.* https://www.stadtgaertneri.bs.ch/dam/jcr:daa3ff5e-1ce1-470e-9fd1-90de422d6c36/Stadtgaertneri_Flachdachbegr%C3%BCnung_2020.pdf
- Obrist, M. K., Sattler, T., Home, R., Gloor, S., Bontadina, F., Nobis, M., Braaker, S., Duelli, P., Bauer, N., Bruna, P. D., Hunziker, M., & Moretti, M. (2012). *Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur.* *Merkbl. Prax.*, 12.
- Prof. Dr. Detzel, P., Dr. Hochkirch, A., Kleukers, R., & Rutschmann, F. (2020). *Heuschrecken – Biodivers.* <https://www.biodivers.ch/de/index.php/Heuschrecken>
- Roesti, C., Roesti, D., Baur, B., & Baur, H. (2006). *Die Heuschrecken der Schweiz (1.).* *Haupt.*
- Russi, M. (2021, Juni 13). *Grüner die Dächer nie waren.* *strom-online.* <https://strom-online.ch/gruener-die-daecher-nie-waren/>
- Sattler, T., Borcard, D., Arlettaz, R., Bontadina, F., Legendre, P., Obrist, M. K., & Moretti, M. (2010). *Spider, bee, and bird communities in cities are shaped by environmental control and high stochasticity.* *Ecology*, 91(11), 3343–3353. <https://doi.org/10.1890/09-1810.1>
- Scholl, I. (2014). *Leitfaden Dachbegrünung St. Gallen.*
- SCNAT: Forum Biodiversität Schweiz. (o. J.). *Zustand und Entwicklung der Biodiversität in der Schweiz.* *scnat wissen.* Abgerufen 5. Dezember 2021, von <https://naturwissenschaften.ch/de/id/paEZx>
- Sutter, I., & Tschander, B. (2020). *Zürcher Dachgrün für Ökologie, Klima und Wirtschaftlichkeit.* 4.
- Swiss Geoportal. (2021). *geo.admin.ch.* <https://map.geo.admin.ch>
- UFAM, B. für U. B. | O. fédéral de l'environnement O. | U. federale dell'ambiente. (2018, Juni 6). *Internationale Abkommen.*

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--fachinformationen/biodiversitaet--internationales/internationale-abkommen.html>

UVEK, E. D. für U., Verkehr, Energie und Kommunikation. (o. J.-a). Chronologie zur Energiestrategie 2050. Abgerufen 12. Januar 2022, von <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/abstimmung-zum-energiegesetz/chronologie-und-grafiken.html>

UVEK, E. D. für U., Verkehr, Energie und Kommunikation. (o. J.-b). Energiestrategie 2050. Abgerufen 16. Juli 2021, von <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/energie/energiestrategie-2050.html>

Walter, A., Wiehe, J., Schlömer, G., & Hashemifarzad, A. (2018). Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien 2050. Bundesamt für Naturschutz.

Wittig, R., & Niekisch, M. (2014). Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz. Springer Berlin Heidelberg.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Ein begrüntes Flachdach in Basel mit unterschiedlichen Substratdicken, was zu unterschiedlichen Wuchs- und Lebensbedingungen führt. Die begrünter Flachdächer ergeben über den gesamten Siedlungsraum ein Mosaik aus kleineren und grösseren Lebensräumen, welche von flugfähigen Tierarten und Pflanzenarten die sich über den Wind verbreiten als Trittsteine genutzt werden können.....5
- Abb. 2 Erläuterung der möglichen Gefährdungstatus gemäss IUCN.....11
- Abb. 3 Übersicht über die Verteilung der untersuchten Gründächern im Raum Basel. Rote Punkte: Heuschreckenerhebungen, orangene Punkte: Käfererhebungen. (Nummerierung vgl. Tab. 1 und 2) (geo.admin.ch).....13
- Abb. 4 Das Schulhaus Schoren weist grösstenteils spärlich bewachsene oder offene Kiesflächen auf. Einige Totholzstrukturen sind auf den offenen Flächen vorhanden...14
- Abb. 5 Das Schulhaus Sandgruben weist einen sehr hohen Blähton-Anteil auf. Der Bewuchs beschränkt sich ausschliesslich auf Sedum. Strukturen jeglicher Art sind keine vorhanden.....14
- Abb. 6 Das Stücki Einkaufszentrum zeichnet sich durch eine üppige Vegetation zwischen den PV-Panels aus..... 14
- Abb. 7 Abb. 7 Das Messdach Halle 1 verfügt über drei unterschiedliche Teilbereiche, PV, Holz und offen. Das gesamte Dach ist relativ spärlich mit Sedum bewachsen. Flächen mit höherer Vegetation gibt es nur sehr wenige.....14
- Abb. 8 Das Prodega-Dach (Nr. 4) ist vollständig mit PV-Anlagen ausgestattet. Die Vegetation beschränkt sich ausschliesslich auf Sedum. Des Weiteren weist das Dach einen hohen Blähton-Anteil auf.....14
- Abb. 9 Das Messe H&DeM-Dach ist grösstenteils mit dichten PV-Anlagen bedeckt. Die verbleibende Fläche ist sehr gering bewachsen, hauptsächlich mit Sedum. Strukturen sind kaum vorhanden.....14
- Abb. 10 Übersicht über die unterschiedlichen Dachbereiche "PV", "offen" und "Holz". Die gesamte Dachfläche beträgt rund 10'000m², wobei in jedem Teilbereich jeweils zehn Fallen ausgebracht wurden.....15
- Abb. 11 Übersicht über die beiden Bereiche "flach" und "Wellen" auf dem BVB-Tramdepotdach. Die gesamte Dachfläche beträgt rund 8000m², wobei in jedem Bereich zehn Fallen installiert wurden.....15
- Abb. 12 Übersicht über die Verteilung der Laufkäfer pro Bereich und Jahr.....24
- Abb. 13 Vergleich der Arten nach Feuchtigkeitspräferenz auf den beiden Dächern.....24

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Übersicht über die beiden Kombinationsdächer, welche bzgl. dem Laufkäfervorkommen untersucht werden.....	12
Tab. 2 Auflistung der untersuchten mit PV-Anlagen ausgestatteten Gründächer im Raum Basel im Rahmen der Heuschreckenerhebungen. Vergleiche Nummerierung Gebäude mit Übersichtskarte der begrünten Dachflächen.....	12
Tab. 3 Auflistung der untersuchten mit PV-Anlagen ausgestatteten Gründächer im Raum Basel	12
Tab. 4 Übersicht über das Artenspektrum inkl. Kurzbeschreibung der Lebensraumansprüche. .	18
Tab. 5 Übersicht über die Anzahl Arten und Individuen pro Jahr und Dachbereich.....	19
Tab. 6 Biodiversitätsindex pro Dachbereich.....	20
Tab. 7 Übersicht über Anzahl Individuen, Arten und Shannonindex pro Dach.	20
Tab. 8 Gesamtartenliste der Laufkäfer. Die fett markierten Arten weisen auf Arten der Roten Liste der Schweiz oder Deutschland hin.....	21

Anhang

Nachfolgend wird auf jedes Dach kurz eingegangen und es werden mögliche Förderungsmassnahmen für spezifische Arten vorgeschlagen.

Messe-Dach Halle 1:

Die Lebensraumsprüche der gefundenen Arten decken sich weitgehend mit den vorherrschenden Bedingungen. Um im Allgemeinen die vorherrschenden Bedingungen zu vervielfältigen, könnten beispielsweise Hügel angelegt werden. Indem die Vegetation an diesen Stellen höher wachsen kann und bei starker Trockenheit weniger schnell austrocknet entstehen neue Habitate. Aus dem Bericht Heuschrecken Dachbegrünung 2020/21 konnte entnommen werden, dass die Italienische Schönschrecke (*Calliptamus italicus*) und die Westliche Beisschrecke (*Platycleis albopunctata*) in den wenigen Bereichen mit höherer Vegetation gefunden wurden. Die niedrige Abundanz von der Westliche Beisschrecke (*Platycleis albopunctata*) und das Fehlen der Italienischen Schönschrecke (*Calliptamus italicus*) im Jahr 2021 könnte womöglich mit der geringen Anzahl an solchen Bereichen mit höherer Vegetation begründet werden.

Mögliche Massnahmen:	Potenziell geförderte Arten:
<ul style="list-style-type: none">▪ Anlegen von Hügeln, Bereiche mit unterschiedlichen Substratdicken, Basler Ansaat (Saatmischung) für diese Bereiche verwenden	<ul style="list-style-type: none">▪ Italienische Schönschrecke (<i>Calliptamus italicus</i>)▪ Westliche Beisschrecke (<i>Platycleis albopunctata</i>)▪ Grüne Heupferd (<i>Tettigonia viridissima</i>)

Einkaufszentrum Stücki und Prodega:

Die beiden Dächer weisen vom Nachtigall Grashüpfer (*Chorthippus biguttulus aggr.*) verhältnismässig zu den anderen vorkommenden Arten eine hohe Abundanz auf. Beide Dächer zeichnen sich durch eine Sedum-Begrünung aus.

Die stark gefährdete Grüne Strandschrecke (*Ailopus thalassinus*) pflanzt sich auf dem Einkaufszentrum Stücki nachweislich fort (Plattner, 2019). Die Art benötigt ein Mosaik aus bewachsenen und unbewachsenen Flächen und für eine erfolgreiche Besiedlung (Eiablage und Nymphen) eine bestimmte Bodenfeuchte. Womöglich haben die PV-Anlagen auf dem Prodega Dach einen positiven Einfluss auf die Bodenfeuchte, da die anderen vorherrschenden Bedingungen theoretisch eher gegen ein Vorkommen der Grünen Strandschrecke sprechen.

Smart?Roofs: Biodiversität auf Dächern mit Kombinationsanlagen

Mögliche Massnahmen:	Potenziell geförderte Arten:
<ul style="list-style-type: none">▪ Mosaikartig, Bereiche mit mehr Substrat einrichten▪ Saatmischung (optimalerweise Basler-Ansaat, welche über 50 Arten beinhaltet) verwenden um weitere Flora-Arten auf das Dach zu bringen	<ul style="list-style-type: none">▪ Grüne Strandschrecke (<i>Ailopus thalassinus</i>)

Schulhaus Sandgruben und Schoren:

Das Schulhaus Sandgruben zeichnet sich durch eine minimale Sedum-Begrünung aus. In diesem Lebensraum kam im Jahr 2021 ausschliesslich der Nachtigall Grashüpfer (*Chorthippus biguttulus aggr.*) vor.

Das Schoren-Dach mit den offenen Kiesflächen und Holzstrukturen entspricht scheinbar sehr gut den Lebensraumansprüchen der Blauflügeligen Sandschrecke (*Sphingonotus caeruleus*), welche dort im Jahr 2020 sowie 2021 in hoher Artenzahl vorkam.

Mögliche Massnahmen:	Potenziell geförderte Arten:
<ul style="list-style-type: none">▪ Offenen Kiesflächen beibehalten, Aufkommende Vegetation von Zeit zu Zeit entfernen▪ Pionierstandortartige Störungen verursachen▪ Falls es die Statik zulässt, kleine Steinhäufen o. einzelne Steine installieren	<ul style="list-style-type: none">▪ Blauflügeligen Sandschrecke (<i>Sphingonotus caeruleus</i>)▪ Italienische Schönschrecke (<i>Calliptamus italicus</i>)

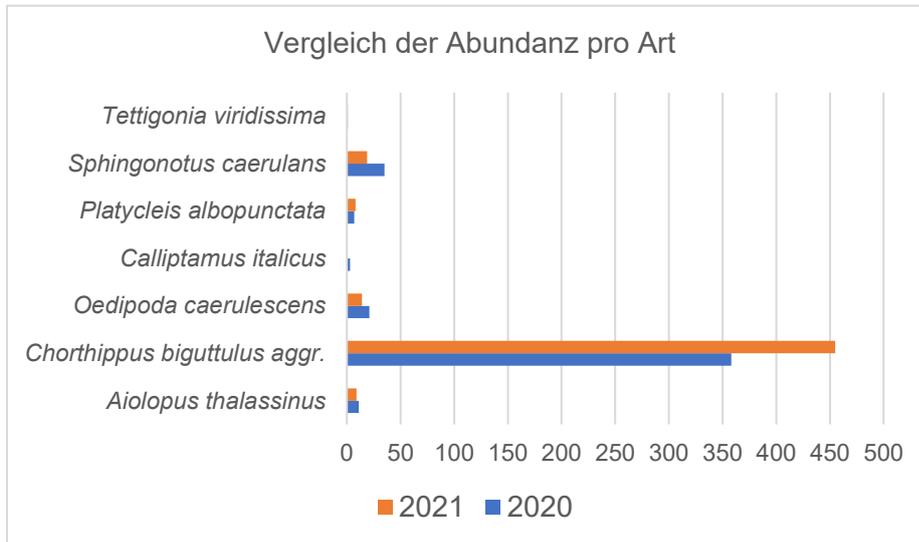
Smart?Roofs: Biodiversität auf Dächern mit Kombinationsanlagen

	2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019				Abundanz pro Art							
	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz	Messe offen	Messe PV	BVB flach	BVB Wellen	Messe Holz		Messe offen	Messe PV					
<i>Protapion trifolii</i> (Lin.)	1										2																					4				
<i>Pterostichus nigrita</i> (Pay.)	1																															1				
<i>Pterostichus vernalis</i> (Pan.)	6		2	1	1	11		2	1	1	32	8	4	2	2	10		1			62	5	2			7	1		1		4	166				
<i>Pycnota paradoxa</i> (MuR.)																1																1				
<i>Quedius boops</i> (Gra.)								4		1	8	10			1	2				1	16	2				3	1					49				
<i>Quedius levicolis</i> (Bru.)	1		2			3	1	1		1	12	6	10			1	1	3		1	6	1		1		6	2			1	2	61				
<i>Quedius nitipennis</i> (Ste.)						2	1	3		8	4																					19				
<i>Quedius semiaeneus</i> (Ste.)	1								1		6	2			2			2							1	1						16				
<i>Rabigus pullus</i> (Nor.)							2				32	8			1						4					5			10			62				
<i>Rhabdorrhynchus echii</i> (Bra.)																																5				
<i>Rhinoncus castor</i> (Fab.)											2																					2				
<i>Rhyzobius chrysomeloides</i> (Her.)					1																											2				
<i>Scopaeus laevigatus</i> (Gyl.)						12	1	2	1	2	164	20				23	4	2	1		37	5	1	2		27	6		1	12	1	324				
<i>Scopaeus minutus</i> (Eri.)								1		3		2									1											7				
<i>Scymnus frontalis</i> (Fab.)																1					1											4				
<i>Scymnus schmidti</i> (Für.)																1																1				
<i>Sepedophilus obtusus</i> (Luz.)															2																	2				
<i>Sepedophilus pedicularius</i> (Gra.)						1				1																							2			
<i>Simplocaria semistriata</i> (Fab.)				2						1																					2		2			
<i>Sitona cylindricollis</i> (Fäh.)						1	7			4	2	2																				5				
<i>Sitona hispidulus</i> (Fab.)						1		1			2										1	1	1	4	1		1						13			
<i>Sitona humeralis</i> (Ste.)	2	4				2	1	1			14	2			4						1	3										34				
<i>Sitona languidus</i> (Gyl.)	1	1	1				1	1			2					1							4										12			
<i>Sitona lineatus</i> (Lin.)											2																						2			
<i>Sitona obsoletus</i> (Gme.)								2	1																								6			
<i>Sitona puncticollis</i> (Ste.)																																	15			
<i>Sitona striatellus</i> (Gyl.)							1																										1			
<i>Sphenophorus striatopunctatus</i> (Goe.)																																	1			
<i>Stegobium paniceum</i> (Lin.)																1																	1			
<i>Stelidota geminata</i> (Say.)											6												1										7			
<i>Stenocarus ruficornis</i> (Ste.)												2																					2			
<i>Stenolophus teutonius</i> (Sra.)											2					9	1					7	1							2		23				
<i>Stenopterapion tenue</i> (Kir.)						1																											2			
<i>Stenus ater</i> (Man.)							1				8	2				10	4		1			4	4										53			
<i>Stenus atratulus</i> (Eri.)								4				2	2																				9			
<i>Stenus impressus</i> (Ger.)																							2										2			
<i>Syntomus foveatus</i> (Geo.)				8	1						60	14	26																				347			
<i>Syntomus truncatellus</i> (Lin.)				1			1																										2			
<i>Tachyporus atriceps</i> (Ste.)				1								2																					5			
<i>Tachyporus hypnorum</i> (Fab.)							2																										14			
<i>Tachyporus nitidulus</i> (Fab.)																																	17			
<i>Tachyporus pusillus</i> (Gra.)																																	57			
<i>Thanatophilus sinuatus</i> (Fab.)	2		3	3							6	4	1	3		2	6	2				3	10	6	4	1		4		3	2		8			
<i>Timarcha goettingensis</i> (Lin.)	1																																1			
<i>Trechus quadristriatus</i> (Sra.)									1			2																					1			
<i>Tritoma bipustulata</i> (Fab.)				1																													4			
<i>Tychius brevisculus</i> (DdL.)																																	2			
<i>Tychius picirostris</i> (Fab.)									1			2																					7			
<i>Tyttaspis sedecimpunctata</i> (Lin.)	2					2	1					8																					20			
<i>Valgus hemipterus</i> (Lin.)				4			1		7																								14			
<i>Variimorda villosa</i> (Sra.)									1																								1			
<i>Xantholinus linearis</i> (Oll.)	1					10	3	1	4		4		6	4	6	2	4	3	6	1	4	2	8	1		3		1	3	2	2	1	82			
Gesamtergebnis	79	24	136	124	86	342	103	484	143	341	1468	376	312	142	358	344	98	215	144	76	1117	367	360	199	219	566	215	225	111	99	555	211	195	164	113	10111

Smart?Roofs: Biodiversität auf Dächern mit Kombinationsanlagen

Weitere Grafiken:

Vergleich der Heuschreckenabundanz pro Art und Jahr.



Verteilung der Laufkäferindividuen pro Jahr und Dachbereich mit einer hygrophilen Feuchtigkeitspräferenz.

