

Bernburg  
Dessau  
Köthen



Hochschule Anhalt (FH)

Fachbereich Landwirtschaft,  
Ökotoxikologie, Landespflege

## Projektbericht

# Auswirkung von Mobilfunkstrahlung auf Hautflügler (Hymenoptera) und Käfer (Coleoptera)



Mit freundlicher Unterstützung von:

**maschek.**

und

**GIGAHERTZ<sup>®</sup>**  
**SOLUTIONS**  
Made in Germany

### Bearbeitet von:

Sebastian Hausmann

Heinrich Maisel

Lisa Birkigt

Job Geßwein

Betreuer: Prof. Dr. Klaus Richter

Studiengang: Bachelor of Science

Naturschutz und Landschaftsplanung

6. Semester, Juni 2011

# Auswirkung von Mobilfunkstrahlung auf Hautflügler (Hymenoptera) und Käfer (Coleoptera)

## ZUSAMMENFASSUNG

Die untersuchten Thesen, dass Hymenoptera und Coleoptera durch ihre Sinnesorgane Mobilfunkstrahlung spüren, sowie dass sie sich lieber in strahlungsarmen Bereichen aufhalten und brüten, können durch die Ergebnisse nur durch Hinweise für einzelne Insektengattungen unterstützt werden.

Die Ergebnisse für die undifferenzierte Ordnung der Hymenopteren ergeben keinen klar interpretierbaren Trend. Sie halten sich nicht bevorzugt in weniger bestrahlten Bereichen auf.

Für die spezielle Gruppe der Wildbienen wurde festgestellt, dass die Bruttätigkeit im gering bestrahlten Bereich relativ höher war, die Ergebnisse jedoch aufgrund geringer Individuenzahlen nicht statistisch belastbar sind.

Bei der Ordnung der Coleoptera reagierten offenbar zwei von sieben gefundenen Familien auf die Mobilfunkstrahlung. Vor allem die Familien der Weich- und Blatthornkäfer (Cantharidae und Scarabaeidae) waren häufiger in strahlungsärmeren Untersuchungsgebieten vertreten. Die restlichen vorgefundenen Familien zeigen keine regelmäßigen Unterschiede des Vorkommens zwischen gering und stark bestrahlten Bereichen.

Es besteht weiterer Untersuchungsbedarf für das Brutverhalten der Gruppe der Wildbienen und den Aufenthalt von Weichkäfern und Blatthornkäfern in Abhängigkeit von der Strahlungsbelastung durch Mobilfunkfrequenzen, um die Ergebnisse zu überprüfen.

# INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung.....	2
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	4
1 Einleitung.....	6
2 Zielstellung.....	7
3 Methodik.....	7
3.1 Versuchsmodelle .....	7
3.1.1 Gelbtafeln.....	7
3.1.2. Nisthilfen.....	8
3.2 Mobilfunkstrahlung.....	9
4 Biologie solitär lebender Wildbienen .....	10
4.1 Einordnung der Bienen ( <i>Apidae</i> ) in die Systematik.....	10
4.2 Lebensräume, Lebensweise, Nisthilfen.....	11
4.3 Lebenszyklus.....	11
4.4 Untersuchte Wildbienenarten .....	12
5 Standortbeschreibungen und Versuchsdesign .....	13
5.1 Bernburg Acker.....	13
5.1.1 Standort und Versuchsaufbau Bernburg.....	13
5.1.2 Strahlungsverhältnisse Bernburg.....	14
5.2. Löbnitz Sukzessionsfläche .....	14
5.2.1 Standort und Versuchsaufbau Löbnitz Sukzessionsfläche.....	14
5.2.2 Strahlungsverhältnisse Löbnitz Sukzessionsfläche .....	16
5.2.2.1 Nisthilfen.....	16
5.2.2.2 Gelbtafeln.....	17
5.3 Löbnitz Straße.....	17
5.3.1 Standort und Versuchsaufbau Löbnitz Straße .....	17
5.3.2 Strahlungsverhältnisse Löbnitz Straße.....	18
5.4 Feldflur Nauendorf.....	18
5.4.1 Standort und Versuchsaufbau Nauendorf.....	18
5.4.2 Strahlungsverhältnisse Nauendorf.....	19
5.4.2.1 Nisthilfen.....	19
5.4.2.2 Gelbtafeln.....	20
5.5 Vergleich aller Flächen .....	20
6 Auswertung.....	21
6.1 Auswertung der Nisthilfen.....	21

6.1.1 Löbnitz Sukzessionsfläche.....	21
6.1.2 Feldflur Nauendorf.....	21
6.2 Auswertung der Gelbtafeln.....	22
6.3 Gesamtauswertung.....	24
6.3.1 Hautflügler.....	24
6.3.2 Käfer.....	24
7 Diskussion.....	26
7.1 Hautflügler.....	26
7.2 Käfer.....	27
7.3 Vergleich mit anderen Arbeiten.....	27
7.3.1 Hautflügler.....	27
7.3.2 Käfer.....	28
8 Ausblick.....	29
9 Anhang.....	30
10 Literatur und Quellen.....	38

## ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auswerten der Gelbtafeln mittels Binokular.....	8
Abbildung 2: Gelbtafel am Stock auf dem Acker.....	8
Abbildung 3: Nisthilfe aus Schilfrohrbündel.....	9
Abbildung 4: Skala der Hz-Frequenzen.....	9
Abbildung 5: Übersicht Acker Bernburg mit Streuobstwiese.....	13
Abbildung 6: Blick auf Mobilfunksender Acker Bernburg.....	13
Abbildung 7: Luftbild des Versuchsaufbaus Bernburg Acker.....	14
Abbildung 8: Löbnitz Sukzessionsfläche - Blick auf den Mobilfunkmast.....	15
Abbildung 9: Luftbild des Versuchsaufbaus Löbnitz Sukzessionsfläche.....	16
Abbildung 10: Löbnitz Sukzessionsfläche - Messung der Mobilfunkstrahlung an einer Nisthilfe.....	17
Abbildung 11: Löbnitz Straße - Gelbtafel an Stock.....	17
Abbildung 12: Luftbild des Versuchsaufbaus Feldflur Nauendorf.....	18
Abbildung 13: Feldflur Nauendorf -Blick auf den Mobilfunkmast.....	19
Abbildung 14: Feldflur Nauendorf - Nisthilfe an Feldgehölz.....	19
Abbildung 15: Vergleich der Strahlungsintensitäten (Mittelwerte) der Untersuchungsbereiche.....	20
Abbildung 16: Anzahl der Wildbienen in den Nisthilfen Löbnitz.....	21
Abbildung 17: Nahansicht von Brutverschlüssen in einer Nisthilfe.....	22
Abbildung 18: Vergleich der Hautflügler und Käfer Löbnitz Sukzessionsfläche.....	22
Abbildung 19: Vergleich der Hautflügler und Käfer bei Löbnitz.....	23
Abbildung 20: Vergleich der Hautflügler und Käfer Feldflur Nauendorf.....	23
Abbildung 21: Vergleich der Hautflügler und Käfer Acker Bernburg.....	23
Abbildung 22: Gesamtvergleich der Hautflügler und Käfer aller Flächen.....	24
Abbildung 23: Gesamte Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität aller Flächen.....	25

Abbildung 24: Weichkäfer auf Getreideblatt.....	25
Abbildung 25: Insekten an Gelbtafel.....	25
Abbildung 26: Strahlungsbelastung der Gelbtafeln Bernburg Acker .....	30
Abbildung 27: Strahlungsverhältnisse Löbnitz Sukzessionsfläche.....	31
Abbildung 28: Diagramm des Dosimeters in Löbnitz am 14.10.2010 .....	32
Abbildung 29: Strahlungsverhältnisse Nauendorfer Feldflur .....	33
Abbildung 30: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Acker bei Bernburg .....	34
Abbildung 31: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Feldflur Nauendorf.....	34
Abbildung 32: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Sukzessionsfläche Löbnitz.....	35
Abbildung 33: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Straße bei Löbnitz.....	35
Abbildung 34: Zunahme der Strahlungsbelastung im städtischen Gebiet von 2000 bis 2011.....	36
Tabelle 1: Bernburg Gelbtafeln Strahlungswerte.....	30
Tabelle 2: Nisthilfen Löbnitz Strahlungswerte.....	31
Tabelle 3: Gelbtafeln Löbnitz Strahlungswerte.....	31
Tabelle 4: Löbnitz Straße Strahlungswerte.....	32
Tabelle 5: Nisthilfen Nauendorf Strahlungswerte.....	33
Tabelle 6: Gelbtafeln Nauendorf Strahlungswerte.....	33
Tabelle 7: Beispiele und Vergleiche für die verschiedensten Strahlungsintensitäten.....	36

Verwendete Abkürzungen:

NH= Nisthilfe

GT= Gelbtafel

# 1 EINLEITUNG

Die Entwicklung und Evolution des Lebens auf diesem Planeten wird seit seinem Ursprung von elektromagnetischen Feldern und Strahlungen beeinflusst.

Erdmagnetfeld, Sonnenaktivität und kosmische Strahlung sind Einflüsse an die sich Lebewesen über Jahrmilliarden angepasst haben und diese sogar zu Nutzen gelernt haben. Jede chemische Reaktion und jeder Nervenimpuls basiert auf sensiblen elektromagnetischen Vorgängen. Seit einigen Jahrzehnten erhöht sich mit der fortschreitenden Entwicklung und Nutzung der Mikrowellen- und Funktechnologie die Dichte und Intensität von künstlicher Strahlung massiv. Vor allem der seit den 1990er Jahren öffentlich verfügbare Mobilfunk breitet sich exponentiell aus und führt zu noch nie da gewesenen Strahlungsverhältnissen auf diesem Planeten (siehe Abb. 34 im Anhang).

Die künstlich erzeugte Strahlung besitzt Eigenschaften, die sie deutlich von der natürlichen Strahlung unterscheidet. Neuartige Strahlungsstärken, -frequenzen und -pulsungen überlagern und beeinflussen die natürlichen Strahlungs- und Magnetfelder.

Die neuartigen Funktechnologien haben Auswirkungen auf Lebewesen, die durch Grenzwerte ausgeschlossen werden sollen. Es besteht jedoch noch Forschungs- und Abstimmungsbedarf, denn die weltweit geltenden Grenzwerte unterscheiden sich um einen Faktor von 100 (siehe Tab. 7 im Anhang), was aufzeigt, dass sich die Wissenschaft auf internationaler Ebene nicht einig ist, welche Strahlungsintensitäten noch als ungefährlich gelten. Zudem gibt es noch keinen eigenen Grenzwert für Kinder, wie bei anderen messbaren Beeinträchtigungen üblich.

Mittlerweile zeigt sich, dass die Grenzwerte generell bei dieser Technologie kein sinnvoller Ansatz zum Schutz der Bevölkerung und der Natur sind, weil bei unnatürlichen Einwirkungen die Auswirkungen scheinbar weniger von der Strahlungsintensität, sondern von der Belastungsdauer abhängen (vgl. Petkau Effekt in der Physik). Kritische wissenschaftliche Arbeiten und Belege für schädliche Wirkungen bei Menschen, Säugetieren, Vögeln und Insekten sind seit langem vorhanden und häufen sich seit Einführung des Mobilfunks. Es gibt allerdings auch ebenso viele Untersuchungen, die zu dem Ergebnis kommen, die Technologie sei ungefährlich. Uns interessieren dabei vor allem Erkenntnisse über die Störung von Orientierungsfähigkeiten bei Insekten. Genannte Untersuchungen zu bewerten ist nicht Ziel und Inhalt dieses Berichtes.

Dieses Projekt untersucht, ob sich Unterschiede bezüglich Aufenthalt und Brutverhalten von ausgewählten Insektengruppen, zwischen stark und gering durch Mobilfunk bestrahlten Bereichen gleicher Lebensräume, feststellen lassen. Diese Untersuchung soll einen Beitrag zu weiteren Forschungen leisten, um bei dem Erkennen grundlegender Zusammenhänge in diesem Bereich zu helfen.

## 2 ZIELSTELLUNG

Für unseren Versuch stellen wir folgende zu untersuchende These auf:

1. Insekten (v.a. Hymenoptera) besitzen sensible Sinnes- und Orientierungsorgane und spüren Mobilfunkstrahlung.
2. Sie brüten und halten sich lieber in strahlungsarmen Bereichen auf und werden auch durch die Strahlung in ihrer Orientierungsfähigkeit gestört.

Diese Thesen basieren auf Forschungsergebnissen (FAVRE 2010, LOEPFE 2008, SHARMA et al. 2010, STEVER et al. 2006, WARNKE 2007), die sich mit der Orientierung der Honigbiene (*Apis mellifera*) als Beispiel der Insektenordnung der Hautflügler (Hymenoptera) beschäftigten, auf die im Kapitel 7 noch einmal genauer eingegangen wird.

Es soll untersucht werden, ob solitär lebende Bienenarten für die Bruttätigkeit Gebiete mit geringer Belastung durch Mobilfunkstrahlung den stärker belasteten Gebieten vorziehen.

Des Weiteren soll untersucht werden, ob sich geflügelte Insekten auf homogenen Acker-, Wiesen- und Heckenstandorten bevorzugt in strahlungsarmen (bezogen auf Mobilfunkstrahlung) Bereichen aufhalten oder nicht.

Die Aufmerksamkeit liegt bei der Auswertung speziell auf Hymenoptera und Coleoptera (Hautflügler und Käfer). Andere Insektengruppen (etwa Zweiflügler (Diptera), Heuschrecken (Caelifera und Ensifera), Schmetterlinge (Lepidoptera), Libellen (Odonata)) sind aufgrund ihrer Größe und/oder geringen Individuenanzahl, Lebensweise und ihren Lebenszyklen in ihrem Lebensraum sehr inhomogen verteilt und zeigten bereits innerhalb einer Fläche mit gleicher Strahlungsbelastung sehr unterschiedlich verteiltes Auftreten.

## 3 METHODIK

### 3.1 Versuchsmodelle

Um die Thesen zu untersuchen haben wir 2 verschiedene Versuchsmodelle angewendet.

#### 3.1.1 Gelbtafeln

In gleichartigen Offenlandbereichen (meist Wiesen oder Äcker) werden gering bestrahlte und stark bestrahlte Bereiche ermittelt und in diesen zu gleichen Anteilen Gelbtafeln an Stöcken aufgestellt, die sich knapp über der maximalen Vegetationshöhe befinden. Teilweise wurden die Gelbtafeln auch in Sträuchern aufgehängt. Die Gelbtafeln werden nach ein bis zwei Wochen eingesammelt und die gefangenen Insekten nach Gattungen bestimmt, ausgezählt und verglichen. Die Bestimmung erfolgte mit Hilfe eines Binokulars und der Bestimmungsliteratur BÄHRMANN 2008 und BELLMANN 2009.



Abbildung 1: Auswerten der Gelbtafeln mittels Binokular



Abbildung 2: Gelbtafel am Stock auf dem Acker

### 3.1.2. Nisthilfen

Entlang von linienhaften Hecken oder Waldrändern, wurden gering und stark bestrahlte Bereiche ermittelt und in diese in südexponierter Lage in gleichmäßigen Abständen Wildbienenstihlfen (Schilfbündel) in 1,5 bis 2m Höhe aufgehangen. Alle 2-4 Wochen wurde über mindestens vier Monate von Juni bis September kontrolliert, ob, wie viel, und wenn möglich auch welche Wildbienenarten sich dort angesiedelt und die Röhren für die Brut verschlossen hatten.

Die Nisthilfen bestanden aus unterschiedlich dicken Schilfhalmern (etwa 25 cm lang), die mit Draht und zu einem Durchmesser von ca. 8 cm gebündelt wurden.

Bei beiden Versuchen wurde regelmäßig die Strahlungsintensität während des Versuches in den beprobten Bereichen gemessen.

Bei der Auswahl geeigneter Standorte für Nisthilfen und Gelbtafeln wurde darauf geachtet, dass die zusammenhängenden Untersuchungspunkte keine sich verändernden Standortfaktoren aufwiesen, sodass sich die konkreten beprobten Punkte nur in der Intensität der Mobilfunkstrahlung unterschieden. In der Praxis war dies nicht immer gewährleistet, worauf genauer in der Standortbeschreibungen und der Diskussion hingewiesen wird. Insgesamt wurden drei Versuchsflächen ausgewählt, wobei auf allen Flächen Gelbtafeln und an zwei Standorten Wildbienenstihlfen angebracht wurden.





Abbildung 3: Nisthilfe aus Schilfrohrbündel

### 3.2 Mobilfunkstrahlung

In allen beprobten Bereichen setzte sich die Mobilfunkstrahlung größtenteils aus der älteren Mobilfunkfrequenz GSM 900 MHz (Pulsfrequenz 217 MHz) zusammen. Nur in geringen Anteilen treten Frequenzen von GSM 1800 MHz, sowie neuere UMTS- Frequenzen auf.

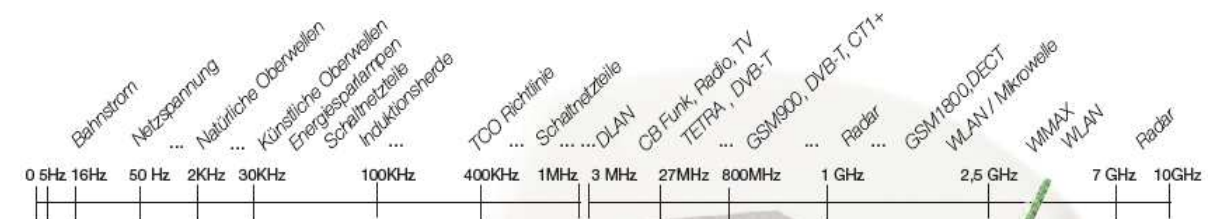


Abbildung 4: Skala der Hz-Frequenzen

In dieser Untersuchung nahmen wir nur die beteiligten Mobilfunkfrequenzen auf und wählten danach die Standorte des Versuchs aus. Mögliche Wechselwirkungen der Mobilfunkfrequenzen mit niederfrequenten Erdmagnetfeldern etc. können wir aufgrund fehlender Messtechnik nicht ausschließen.

Die Strahlungsintensität von Mobilfunksendern verändert sich im Tagesverlauf, je nachdem wie viele Nutzer in der Reichweite des Funkmastes über diesen telefonieren. Dabei gilt, dass, auch wenn der Sender gerade nicht genutzt wird, eine Grundstrahlung vorhanden ist. Diese kann sich bei Datenübertragung je nach Art der Strahlungszelle um das Vielfache erhöhen, wobei pro Mobilfunkzelle etwa 30 Gespräche geführt werden können. Die geringsten Belastungen bestehen demnach in der Nacht und die größten Belastungen lassen sich um die Mittags- und Abendzeit ermitteln.

Neben der Hauptsenderichtung (Hauptkeule) existieren technisch bedingt sogenannte Nebenkeulen, die auch zu seitlicher Strahlungsexposition führen. Sie können lokal ermittelt werden und weisen eine geringere Strahlungsintensität gegenüber der Hauptkeule auf. Somit ist es uns möglich relativ genau Strahlungsbereiche abzugrenzen. Informationen über Funkmasten und Strahlungsrichtungen lassen sich neben eigenen Messungen auch über Daten der Bundesnetzagentur ermitteln.

Es wurde ein Analyser für Hochfrequenz von der Firma Gigahertz, Modell HF 38 B (Messbereich 800-3300MHz), genutzt, um die Gesamtbelastung aller beteiligten Frequenzen zu ermitteln, sowie ein ESM-140 Dosimeter der Firma Maschek Elektronik (Messbereich 900 bis 2500 MHz) verwendet, um die einzelnen Strahlungsfrequenzen und ihren jeweiligen Anteil zu ermitteln. Beide Geräte sind gebräuchliche, genormte baubiologische Messgeräte, die uns von den jeweiligen Firmen für den Versuch großzügig zur Verfügung gestellt wurden.

Die gemessenen Werte werden in der Maßeinheit Leistungsflussdichte ( $W/m^2$ ) angegeben und sind temporär auftretende Maximalwerte. Beim Messen wurde an jedem Punkt der höchste Wert innerhalb einer Zeit von einer Minute aufgenommen. Die Gesamtheit der aufgenommenen Werte sind somit nur Momentaufnahmen, die keine genauen Angaben über die Strahlungsniveaus über eine bestimmte Zeitspanne darstellen. Durch stichprobenartige Überprüfungen mit dem Dosimeter, dass die Strahlungsintensitäten auch im zeitlichen Verlauf aufzeichnet, wurde ersichtlich, dass die real schwankenden Strahlungsintensitäten zum Großteil im Bereich der Maximalwerte liegen (siehe Dosimeterdiagramm 1.2.4 im Anhang). Eine Darstellung der Messreihen im zeitlichen Verlauf des Projektes ist nicht sinnvoll, weil die Messungen nur dem Zweck dienten, stichprobenartig die Maximalwerte in den Mittagsstunden zu ermitteln, und die Bereiche anhand der in dieser Zeit gewonnenen Daten miteinander vergleichen zu können. Stark differenzierte Messergebnisse, die darauf hinweisen, dass sich an der Strahlungssituation insgesamt etwas geändert hätte, sind nicht aufgetreten.

Die Einteilung der Strahlungssituationen wurde folgendermaßen vorgenommen:

<i>Hohe Belastung:</i>	$1500- 8000 \mu W/m^2$
<i>Mittlere Belastung:</i>	$500- 1500 \mu W/m^2$
<i>Geringe Belastung:</i>	$0-500 \mu W/m^2$

Um die Strahlungsintensität besser einordnen zu können werden weitere Angaben über vergleichbare Werte und Grenzwerte in der Tabelle 7 im Anhang gegeben.

## 4 BIOLOGIE SOLITÄR LEBENDER WILDBIENEN

Im Folgenden wird kurz auf die Systematik der Wildbienen eingegangen. Daraufhin werden ihre speziellen Anforderungen an Lebensräume und der Lebenszyklus vorgestellt. Im Anschluss wird kurz aufgezeigt, welche Wildbienen in der verwendeten Art von Nisthilfen siedeln und somit untersucht wurden (vgl. MÜLLER, A., Bienen).

### 4.1 Einordnung der Bienen (*Apidae*) in die Systematik

Die Ordnung der Hymenoptera (Hautflügler) gliedert sich in Symphyta (Pflanzenwespen) und Apocrita (Taillenwespen). Letzterer gehören auch die Bienen (*Apidae*) an. Sie sind durch eine starke Einschnürung zwischen Thorax (Bruststück) und Abdomen (Hinterleib) gekennzeichnet. Dies bezeichnet man auch als Wespentaille. Desweiteren gliedern sich die Apocrita in Terebrantes (Legimmen) und Aculeata (Stechimmen). Die Terebrantes besitzen eine lange Eilegeröhre und leben meist als Parasiten anderer Insekten. Bei den Aculeata ist die Legeröhre zu einem Giftstachel umgewandelt, weshalb nur weibliche Tiere stechen können. Zu ihnen zählen, unter anderen, die Bienen (*Apidae*), Ameisen (*Formicidae*), Faltenwespen (*Vespidae*) und Grabwespen (*Sphecidae*). Das Spezifikum der Bienen (*Apidae*) liegt in ihrer Larvennahrung, welche ausschließlich aus Pollen und Nektar besteht, während die anderen Aculeata (Ausnahme: Pollenwespen (*Masarinae*) ihre Brut mit dem Fleisch anderer Insekten versorgen.

In Europa sind mehr als 1000 Bienenarten nachgewiesen, davon allein 547 in Deutschland. Unter dem Begriff Wildbienen werden alle Vertreter der Bienen, dazu gehören auch die

Hummeln (Familie *Bombus*), nicht jedoch die Honigbiene (*Apis mellifera*), zusammengefasst. Sie wird als Haustier gehalten und kommt in Mitteleuropa nicht wild vor.

## 4.2 Lebensräume, Lebensweise, Nisthilfen

Für das Vorkommen von Wildbienen sind drei Faktoren notwendig, die möglichst alle gut ausgeprägt sein sollten.

Bienen sind allgemein wärme- und trockenheitsliebend. Ihnen müssen ihrer Art entsprechende Nistmöglichkeiten zur Verfügung stehen und es müssen ausreichend Nahrungspflanzen in der Umgebung vorhanden sein. Meist überschneiden sich Nist- und Nahrungshabitate, wobei bei diesen eine Distanz von mehreren hundert Metern für die Bienen unproblematisch ist, wenn spezifische Teillebensräume vorhanden sind. Allgemein kann man sagen, dass sonnige Lage, Kleinstrukturen und ein reiches Blütenangebot über die gesamte Vegetationsperiode, einen hohen Artenreichtum der Wildbienen begünstigen. Denn viele Arten sind sowohl auf Nisthabitate, als auch auf bestimmte Blütenpflanzen spezialisiert.

Beispiele für bienenfreundliche Lebensräume sind Halbtrockenrasen, Wald- und Hecksäume, Sand- und Lehmgruben, Böschungen, Weichholzaunen, Glatthaferwiesen. Aber auch Acker- und Wiesenbrachen, sowie strukturierte, blütenreiche Gärten.

Solche Lebensräume verschwinden leider zusehends aus unserer Landschaft. Die Bienen sind sehr spezialisiert auf ihre Habitate und vor allem Nistplätze, welche seltener werden, und dadurch gefährdet.

Die Vielfalt der Arten spiegelt sich in ihren Nistgewohnheiten wieder. Folgende Nistweisen lassen sich unterscheiden:

- Nester im Erdboden, selbstgegraben
- in markigen Pflanzenstängeln oder morschem Holz, selbstgenagt
- in Hohlräumen jeder Art (z.B.: in Erd-, Mauerspalten, hohlen Pflanzenstängeln, , unter Steinen, in Ziegellöchern, Schneckenhäusern, Käferfraßgängen in Totholz, ...)
- Nester aus Pflanzenharz oder mineralischem Mörtel
- aus Wachszellen in größeren Hohlräumen

Aus diesen Anforderungen an ihre Lebensräume und Nistplätze ergeben sich folgende Kriterien für das Aufstellen von Nisthilfen:

Sie sollten möglichst nicht baumeln, besontt und regengeschützt sein, da Feuchtigkeit die Brut schädigt.

Auch müssen sie zeitig im Jahr zur Verfügung stehen. Bei gutem Wetter fliegen frühe Arten schon Ende März. Wildbienen fliegen bis in den Oktober, die einzelnen Arten sind jedoch nur wenige Wochen im Jahr aktiv. Nisthilfen können aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen. Eben ganz so, wie die natürlichen Nisthabitate beschaffen sind. Die Palette reicht von Steinen und Hölzern mit unterschiedlich großen Löchern, über gebündelte Pflanzenstängel, bis hin zu Sand- oder Lehmschüttungen.

## 4.3 Lebenszyklus

Die meisten Wildbienen leben solitär. Das bedeutet, dass jedes Weibchen ein eigenes Nest versorgt.

Es gibt sehr viele Abstufungen im Sozialverhalten der Wildbienen. Hier soll jedoch nur auf den Lebenszyklus der meisten solitären Arten eingegangen werden, weil in hohle Pflanzenstängel nur lineare Nester gebaut werden können, die auf solitär lebende Wildbienen hinweisen. Um zum Beispiel einen Nestverband anlegen zu können, bedarf es selbstgegrabener Nester oder größerer Hohlräume.

Eine Biene entwickelt sich aus einem Ei, über Larven - und Puppenstadium zum adulten Insekt (Imago). Das Weibchen legt je ein Ei in jede Brutzelle. Diese Brutzellen liegen hintereinander im

Stängel oder im Loch einer Nisthilfe (=linear). Sie werden mit Pollen und Nektar als Nahrungsvorrat für die Larve gefüllt. Die Kammern werden durch Trennwände aus z.B. Erde, zerkaumtem Pflanzenmaterial, Harz und anderen, je nach Art verschiedenen, Materialien verschlossen. Wenn der Platz für die Brutzellen verbraucht wurde, wird das Loch des Nestes ebenfalls mit verschiedensten Materialien verschlossen.

Nachdem die Larve den Nahrungsvorrat gefressen hat, spinnen sie sich in einen schützenden Kokon ein. So überdauern die meisten als Ruhelarven den Winter. Erst im Frühjahr verpuppt sich die Larve, circa ein Jahr nach der Eiablage schlüpft das fertige Insekt. Nur wenige Bienen überwintern als geflügeltes Insekt. Einige Arten überwintern einzeln, andere in größeren Gruppen.

#### 4.4 Untersuchte Wildbienenarten

Die verschiedenen Arten haben, wie beschrieben wurde, sehr unterschiedliche Nist- und Verhaltensweisen. Somit werden unsere Nisthilfen nur von Arten angenommen, welche in hohlen Pflanzenstängeln ihre Nester bauen oder als Generalisten unterschiedlichste Hohlräume besiedeln. Hierfür kommen folgende Gattungen in Frage:

*Anthidium* (Wollbienen), *Ceratina* (Keulhornbienen), *Chelostoma* (Scherenbienen), *Heriades* (Löcherbienen), *Hylaeus* (Maskenbienen), *Megachile* (Blattschneiderbienen) und *Osmia* (Mauerbienen) (vgl. MÜLLER, A., Bienen).

Ausgesprochene Generalisten sind:

*Chelostoma florissomne*, *Ch. fuliginosum*, *Ch. Campanularum*, *Ch. Distinctum*, *Heriades truncorum*, *Hylaeus communis*, *H. brevicornis*, *H. punctulatissimus*, *Megachile centuncularis*, *M. versicolor*, *Osmia cornuta* und *O. bicornis* (= *O. rufa*) (vgl. hierzu [www.wildbienen.de/wbienen.htm](http://www.wildbienen.de/wbienen.htm)).

Außerdem werden viele Arten von spezialisierten Insekten parasitiert (meist Wespen). Diese Parasiten legen ihre Eier in die Wildbienenester und töten den Nachwuchs der Wirtsbiene. Da es eine sehr große Vielfalt unter den Bienen gibt und die Arten nicht gut voneinander zu unterscheiden sind, ist diese Auflistung sehr ungenau. Außerdem haben die Blütenpflanzen in der Umgebung einen starken Einfluss auf das Vorkommen verschiedenster Arten.

Des Weiteren nehmen auch solitäre Grab-, Weg- und Lehmwespen gerne Nisthilfen an.

Die Frage, welche Arten wirklich in unseren Nisthilfen siedeln, lässt sich nur durch Bestimmung klären, was in unserem Projekt wegen sehr geringen Individuenzahlen leider nicht möglich war ohne die Bruttätigkeit der Bienen zu stören, weshalb auf die Bestimmung verzichtet wurde.

## 5 STANDORTBESCHREIBUNGEN UND VERSUCHSDESIGN

### 5.1 Bernburg Acker



Abbildung 5: Übersicht Acker Bernburg mit Streuobstwiese

Abbildung 6: Blick auf Mobilfunksender Acker Bernburg

#### 5.1.1 Standort und Versuchsaufbau Bernburg

Der Standort befand sich westlich der B 71 zwischen Bernburg und Strenzfeld. Dort befindet sich eine große Ackerfläche, die mittig von Obstbäumen geteilt wird.

Die Fläche wird von zwei Mobilfunkmasten bestrahlt. Der erste befindet sich südlich der Probeflächen, direkt an der Baustelle der B6n. In südliche Richtung liegen die Standorte von zwei weiteren nahe gelegenen Mobilfunkmasten, von denen jedoch keiner in die Richtung der Versuchsreihen strahlt (siehe Abb.6). Der zweite Mast steht südöstlich in der Anton-Saefkow-Siedlung.

Der Weizenacker wurde vom 30. Juni bis 23. Juli 2010 in zwei Bereichen beprobt. Alle zwei Wochen wurden die Gelbtafeln erneuert.

Die Gelbtafeln waren an Bambusstöcken befestigt und wurden entlang der Traktorfahrspuren aufgestellt, damit der Weizen (Fotos vom Jahr 2011, hier war der Acker mit Roggen bestellt) nicht unnötig beschädigt wurde. Um stärkere Beeinflussungen zu vermeiden, wurden die Tafeln 150 m entfernt von Straße und Obstbäumen aufgestellt. Jede Reihe bestand aus fünf Gelbtafeln, zwischen denen jeweils ein Abstand von 20 m gewahrt wurde.

Die gering bestrahlte Reihe lag nördlich der Obstbäume, in Richtung Strenzfeld. Diese war ca. 700 m von Mobilfunkmast 1 und ca. 500 m von Mast 2 entfernt.

Die stark bestrahlte Reihe lag näher an den Mobilfunkmasten, jeweils ca. 300 m von ihnen entfernt. Außerdem befand sie sich direkt in den Hauptstrahlrichtungen von Mast 2.

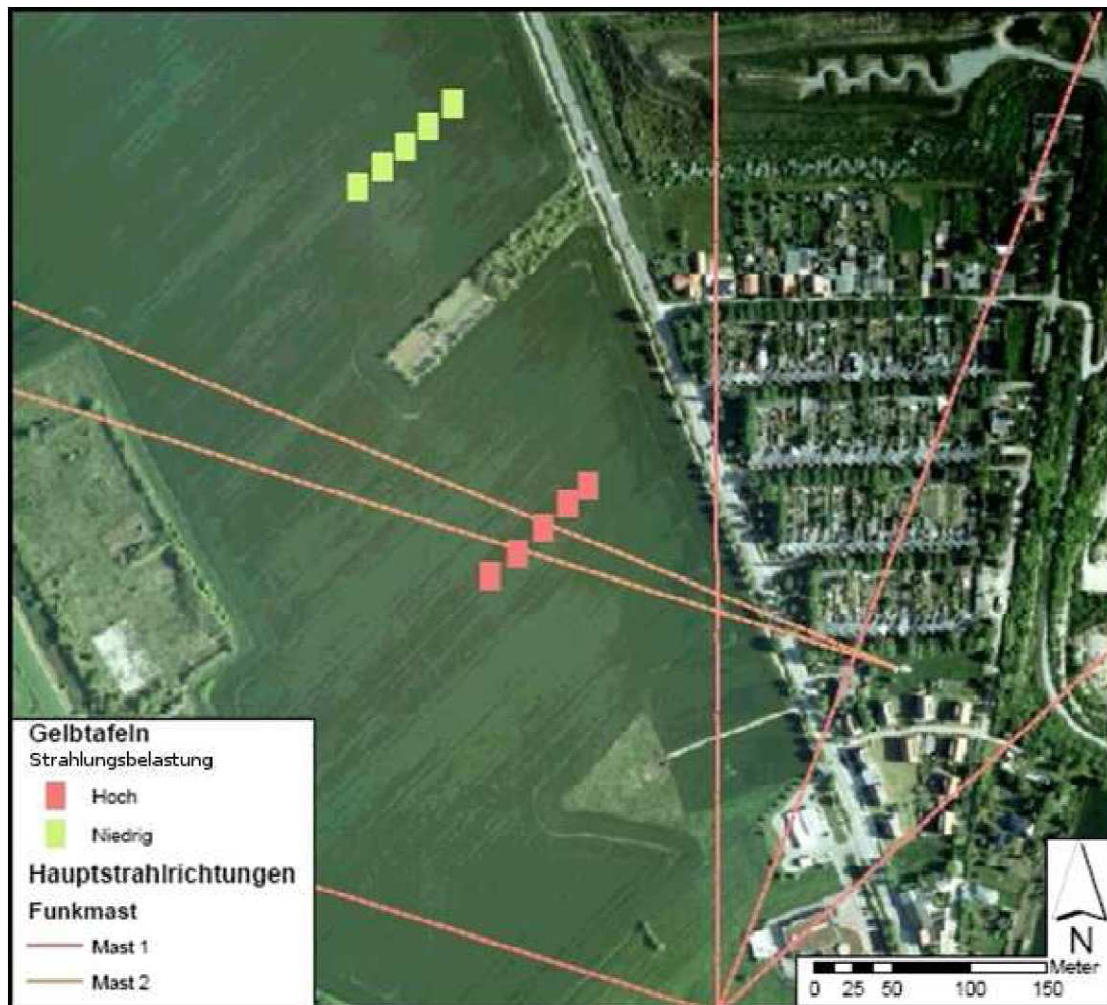


Abbildung 7: Luftbild des Versuchsaufbaus Bernburg Acker

### 5.1.2 Strahlungsverhältnisse Bernburg

Im bestrahlten Bereich ergaben die Messungen einen Mittelwert von  $4372 \mu\text{W}/\text{m}^2$ .

Am 30.06.2010 gegen 15:00 Uhr wurde hier an der Gelbtafel GS+2 der höchste Wert mit  $7300 \mu\text{W}/\text{m}^2$  innerhalb dieses Projektes gemessen. Im gering belasteten Bereich konnte ein Mittelwert von  $299 \mu\text{W}/\text{m}^2$  ermittelt werden.

Abbildung und Tabellen zur Strahlungsbelastung in Bernburg befinden sich im Anhang unter Punkt 1.1.

## 5.2. Löbnitz Sukzessionsfläche

### 5.2.1 Standort und Versuchsaufbau Löbnitz Sukzessionsfläche

Im Norden von Löbnitz, an der Bahnhofstraße, befindet sich eine aufgelassene Kiesgrube, die der Sukzession überlassen ist. Das gesamte Gelände ist ca. 20 ha groß. Der hintere, ca. 5 m tiefer gelegene, Teil lag nicht in unserem Untersuchungsraum. Im vorderen Teilgebiet beprobten wir Flächen. Vom 27. Mai bis 16. Juli 2010 wurden die Nisthilfen alle zwei Wochen kontrolliert. Letztmalig am 25. August 2010.

Die Gelbtafeln wurden ebenfalls am 27. Mai angebracht, am 16. Juni erneuert und am 30. Juni 2010 entfernt.

Auf dem Gelände wachsen vorwiegend Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Stein-Weichsel (*Prunus mahaleb*), Hunds-Rose (*Rosa canina*) und Brombeere (*Rubus sp.*). Dies versprach durch

die Blüten einige Insekten anzulocken. Die krautige Vegetation bestand überwiegend aus Großer Brennessel (*Urtica dioica*), Gemeiner Schafgarbe (*Achillea millefolium*) und Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*). Im hinteren Teil erstreckt sich ein Wildacker. Das Gelände ist als Jagdgebiet, hauptsächlich zur Fasanenjagd, gepachtet.



Abbildung 8: Löbnitz Sukzessionsfläche - Blick auf den Mobilfunkmast

Der Mobilfunkmast befindet sich 200 bis 300 m entfernt auf der gegenüberliegenden Straßenseite. Die Nähe zur Autobahn gewährleistet relativ konstante Strahlungsintensitäten, etwa durch Telefonate der Autofahrer.

Von der Straße aus gelangt man durch ein kaputtes Tor auf das Gelände, welches sonst von einer Hecke zur Straße hin begrenzt wird.

Links des Weges befindet sich eine große Freifläche von ca. 2,3 ha Größe, welche wenig bestrahlt wird. Wir stellten zwei Gelbtafeln an Bambusstöcken auf. Weitere zwei hingen wir in oben genannte Sträucher. Hinzu kamen fünf Nisthilfen für die Wildbienen, die wir ebenfalls, jeweils südexponiert und mit einem Abstand von mindestens 10 m voneinander, in die Sträucher hingen.

Folgt man dem Weg, befindet sich im Süden eine kleinere Teilfläche, ca. 5.000 m<sup>2</sup>, hinter einem Sportplatz. Nach Süden und Osten hin grenzen schmale Ackerstreifen an.

Auf dieser Fläche befindet sich die hohe Strahlungsintensität, da drei der Hauptstrahlrichtungen des Mobilfunkmastes das Gebiet kreuzen.

Auch hier und nördlich des Weges beprobten wir das Gelände mit derselben Anzahl an Gelbtafeln und Nisthilfen.

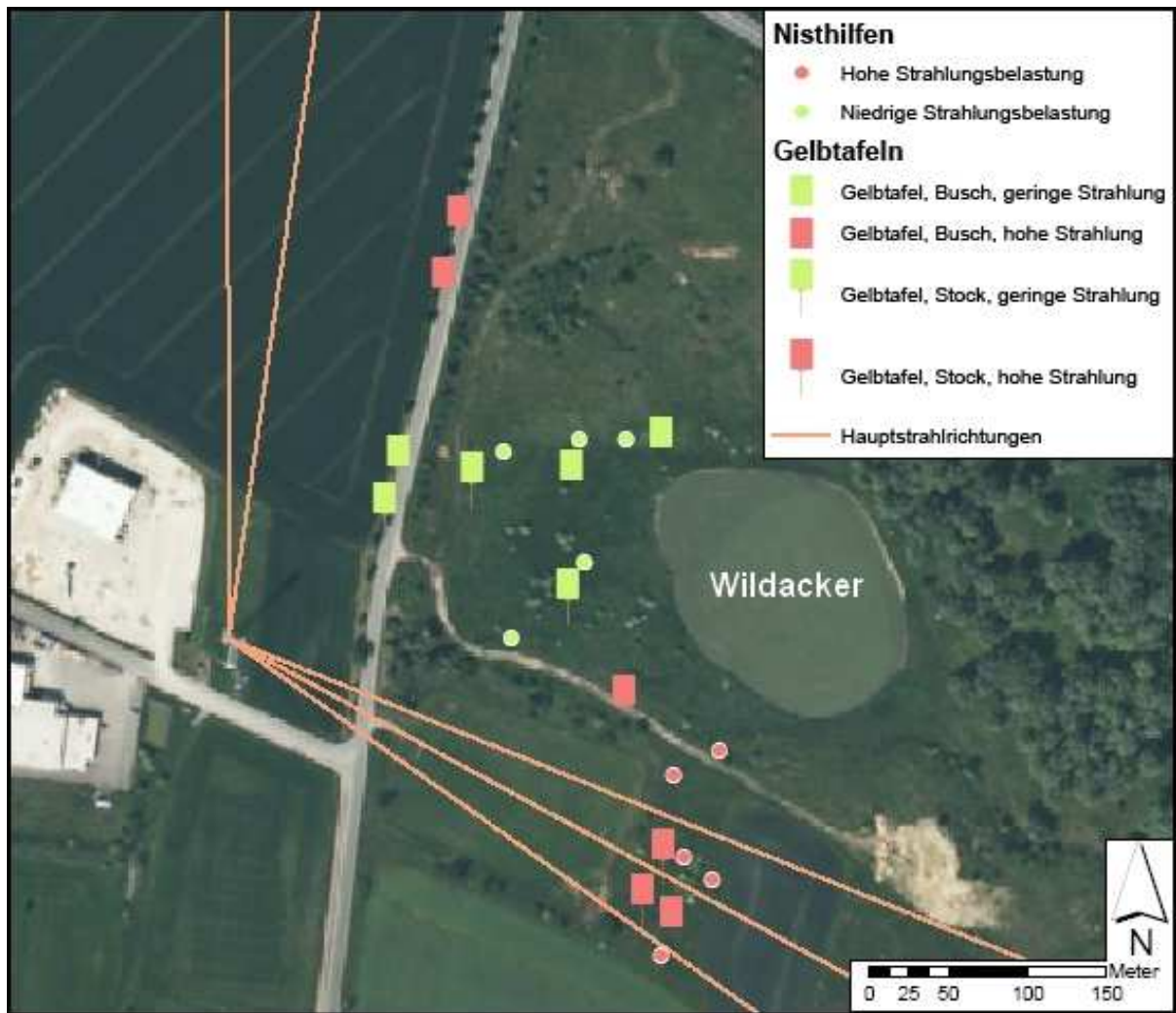


Abbildung 9: Luftbild des Versuchsaufbaus Löbnitz Sukzessionsfläche

## 5.2.2 Strahlungsverhältnisse Löbnitz Sukzessionsfläche

### 5.2.2.1 Nisthilfen

Die 10 Nisthilfen für solitäre Bienenarten und parasitäre Wespen in Löbnitz wurden am 27.05.2010 angebracht und 3 Monate lang beobachtet. Bei jeder Kontrolle der Nisttätigkeit wurde die Strahlungsbelastung aufgenommen.

Im gering bestrahlten Bereich wurden bei insgesamt 6 Messungen temporäre Strahlungswerte von 60 bis 400  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  aufgenommen. Im Mittel betragen die Strahlungsintensitäten 194  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ .

Im stark bestrahlten Bereich lagen die gemessenen Werte zwischen 900 und 2700  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  und ergeben im Mittel 1640  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ .





Abbildung 10: Löbnitz Sukzessionsfläche - Messung der Mobilfunkstrahlung an einer Nisthilfe

### 5.2.2.2 Gelbtafeln

Bei 4 Messungen vom 27.05.2010 bis zum 30.06.2010 wurden folgende Messwerte ermittelt: Im bestrahlten Bereich betrug der gemessene Mittelwert  $1860 \mu\text{W}/\text{m}^2$  und im gering bestrahlten Bereich  $248 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Gegenüber den Messungen bei den Nisthilfen im selben Bereich liegen diese Werte um ca.  $50 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (gering bestrahlter Bereich) bzw. ca.  $200 \mu\text{W}/\text{m}^2$  (stark bestrahlter Bereich) höher, was durch lokale Nebenkeulen (siehe Kapitel Mobilfunkstrahlung) und stichprobenartige Messungen verursacht wird.

Abbildung und Tabellen zur Strahlungsbelastung auf der Sukzessionsfläche Löbnitz sind im Anhang unter Punkt 1.2 zu finden.

## 5.3 Löbnitz Straße

### 5.3.1 Standort und Versuchsaufbau Löbnitz Straße

Neben der Brachfläche stellten wir am 16. Juni 2010 vier Gelbtafeln an Bambusstöcken entlang der Bahnhofstraße auf. Sie wurden jeweils zwischen zwei Linden gestellt. Westlich grenzte ein Weizenfeld an. Da die Strahlungskeulen erst in einiger Entfernung von der Quelle den Erdboden erreichen, nahm die Strahlung mit zunehmender Entfernung zu. Nach zwei Wochen wurden die Gelbtafeln entfernt.



Abbildung 11: Löbnitz Straße - Gelbtafel an Stock

### 5.3.2 Strahlungsverhältnisse Löbnitz Straße

Im stark bestrahlten Bereich wurden Werte zwischen 1350 und 2400  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  gemessen. Im gering bestrahlten Bereich lagen die Werte zwischen 105 und 140  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ .

Eine Tabelle zur Strahlungsbelastung im Bereich Löbnitz Straße ist im Anhang unter Punkt 1.3 zu finden.

## 5.4 Feldflur Nauendorf

### 5.4.1 Standort und Versuchsaufbau Nauendorf

In Nauendorf befanden sich die Untersuchungsflächen nahe des Institutes der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, unweit des Bahnhofes. Der Mobilfunkmast befindet sich 300 m südwestlich der untersuchten Strukturen.

An der Straße die von Süden zum Institut führt, befindet sich eine Hühnermastanlage. Gegenüber befinden sich zwei Baumreihen auf dem Acker. An beiden Reihen untersuchten wir auf jeweils ca. 100 m Strahlung und Insekten.



Abbildung 12: Luftbild des Versuchsaufbaus Feldflur Nauendorf

Die nördliche Baumreihe ist gering bestrahlt. Sie ähnelt eher einem Gehölzstreifen und besteht aus Hainbuchen (*Carpinus betulus*), Hasel (*Coryllus avellana*) und Holunder (*Sambucus nigra*). In den Ästen wurden drei Nisthilfen und in den Saumbereich, zum Acker hin, zwei Gelbtafeln angebracht. Der Acker war mit Weizen bestellt.

Die südliche Baumreihe ist mittlerer Strahlung ausgesetzt und liegt an einem Wassergraben. Hinter dem Graben befinden sich Pappeln (*Populus x canadensis*), davor einzelne

Holunderbüsche. An ihnen wurden zwei Nisthilfen befestigt. Zwischen den Büschen stellten wir zwei Gelbtafeln auf. Der angrenzende Acker war hier mit Gerste bestellt.

Des Weiteren beprobten wir einen Laubwaldrand und einen nitrophilen Saum, zwischen einem Gerstenacker und einem Wassergraben, nordwestlich der Hühnermastanlage. Der Saum führt zum Waldrand. Diese Bereiche befinden sich in der Hauptstrahlungsrichtung des Funkmastes und sind stark bestrahlt.

Drei Nisthilfen wurden, ca. 10 m voneinander entfernt, an Bäumen (*Fraxinus excelsior* und *Salix spec.*) am Waldrand angebracht. Im Saum stellten wir zwei Gelbtafeln auf.

Die Gelbtafeln befanden sich an Bambusstöcken. Sie wurden am 24. Juli 2010 nach zwei Wochen Standzeit entfernt. Alle Standorte wurden am 08.06., 24.06., 17.07. und am 25.08.10 kontrolliert.



Abbildung 13: Feldflur Nauendorf -Blick auf den Mobilfunkmast

## 5.4.2 Strahlungsverhältnisse Nauendorf

### 5.4.2.1 Nisthilfen

Die gemessenen Werte zeigen, dass die Belastung im stark bestrahlten Bereich (Mittelwert 1843  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) 10- mal größer waren als im gering bestrahlten Bereich (Mittelwert 180  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ).



Abbildung 14: Feldflur Nauendorf - Nisthilfe an Feldgehölz

### 5.4.2.2 Gelbtafeln

Für den Versuch in Nauendorf wurden drei Strahlungsbereiche ausgewiesen. Im gering belasteten Bereich wurden Werte zwischen 200 und 500  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  gemessen, im mittleren Strahlungsbereich lagen die Werte zwischen 800 und 1060  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  und im stark bestrahlten Bereich zwischen 1200 und 1500  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ .

Abbildungen und Tabellen zur Strahlungsbelastung in der Feldflur Nauendorf sind im Anhang unter Punkt 1.4 zu finden

### 5.5 Vergleich aller Flächen

Bei einem direkten Vergleich der gemittelten Strahlungsbelastung der verschiedenen Untersuchungsflächen wird deutlich, dass die höchsten Werte auf dem Acker in Bernburg gemessen wurden (Mittelwert: 4372  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) und dort somit auch die größten Differenzen zwischen stark bestrahlten und gering bestrahlten Bereichen auftraten (etwa 4000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ). In allen anderen Untersuchungsräumen liegt die Differenz etwa zwischen 1000 bis 2000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ . Somit sind aus physikalischer Sicht die Ergebnisse der Untersuchung auf der Ackerfläche in Bernburg aussagekräftiger als die anderen Ergebnisse, da hier die optimalsten Bedingungen (in Form von größtmöglichen Unterschieden der Strahlungsbelastung) für den Versuchsaufbau vorhanden sind.

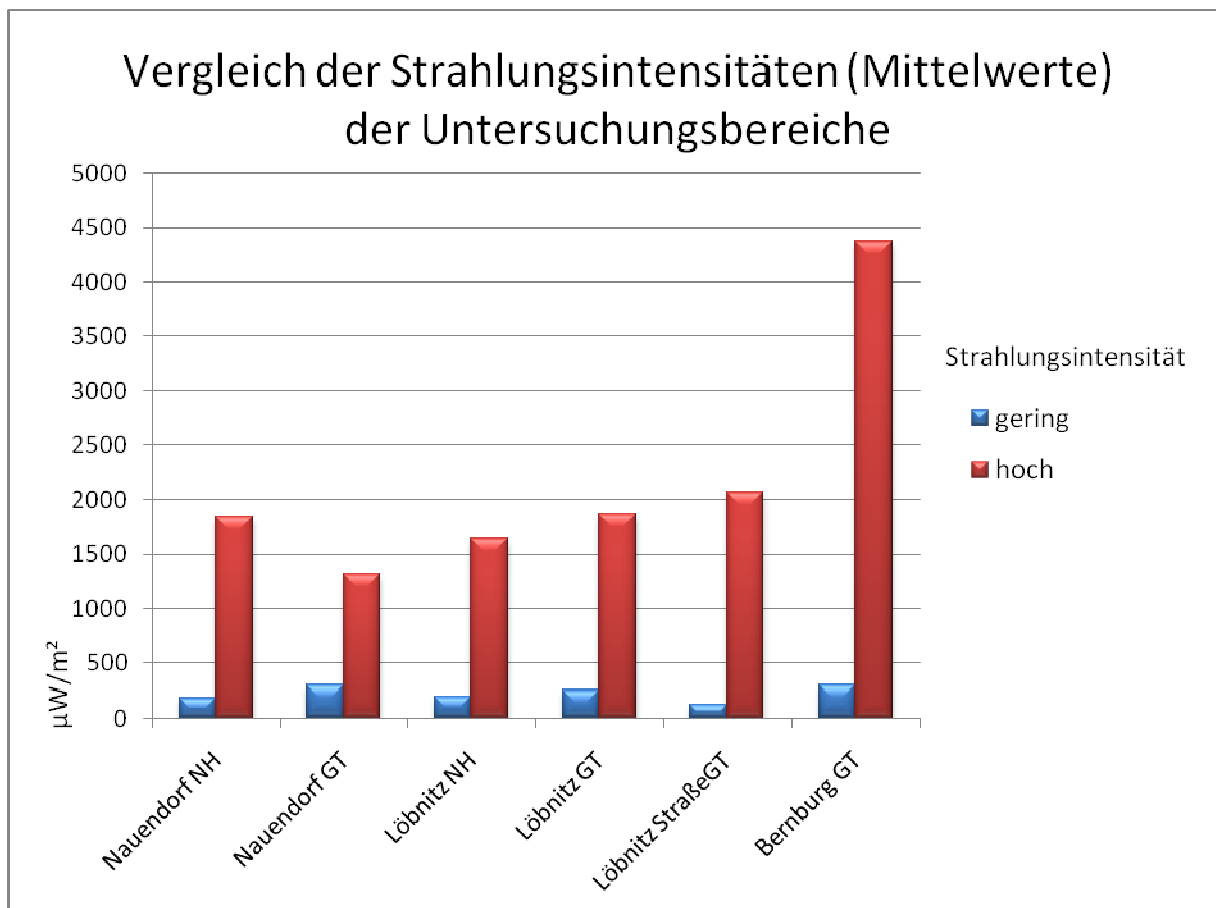


Abbildung 15: Vergleich der Strahlungsintensitäten (Mittelwerte) der Untersuchungsbereiche

## 6 AUSWERTUNG

### 6.1 Auswertung der Nisthilfen

#### 6.1.1 Löbnitz Sukzessionsfläche

In Löbnitz wurden die Nisthilfen vier Mal (vom 16.6. bis zum 25.8.2010) in einem etwa zweiwöchentlichen Abstand auf brütende Wildbienen überprüft. Es zeigte sich, dass im gering bestrahlten Bereich in dieser Zeit insgesamt 14 Brutverschlüsse von solitären Bienenarten gefunden wurden und im stark bestrahlten Bereich nur 3 Verschlüsse.

Bei genauer Betrachtung lässt sich erkennen, dass der Verschluss im stark bestrahlten Bereich bei den drei Kontrollterminen immer in derselben Nisthilfe vorgefunden wurde und es sich scheinbar um denselben handelt. Wenn diese Doppelzählungen auch im gering bestrahlten Bereich zugrunde gelegt werden erhalten wir ein Verhältnis von 7 Verschlüssen (gering bestrahlt) zu 1 Verschluss (stark bestrahlt). Es brüteten deutlich mehr Individuen von solitären Bienenarten im gering bestrahlten Bereich.

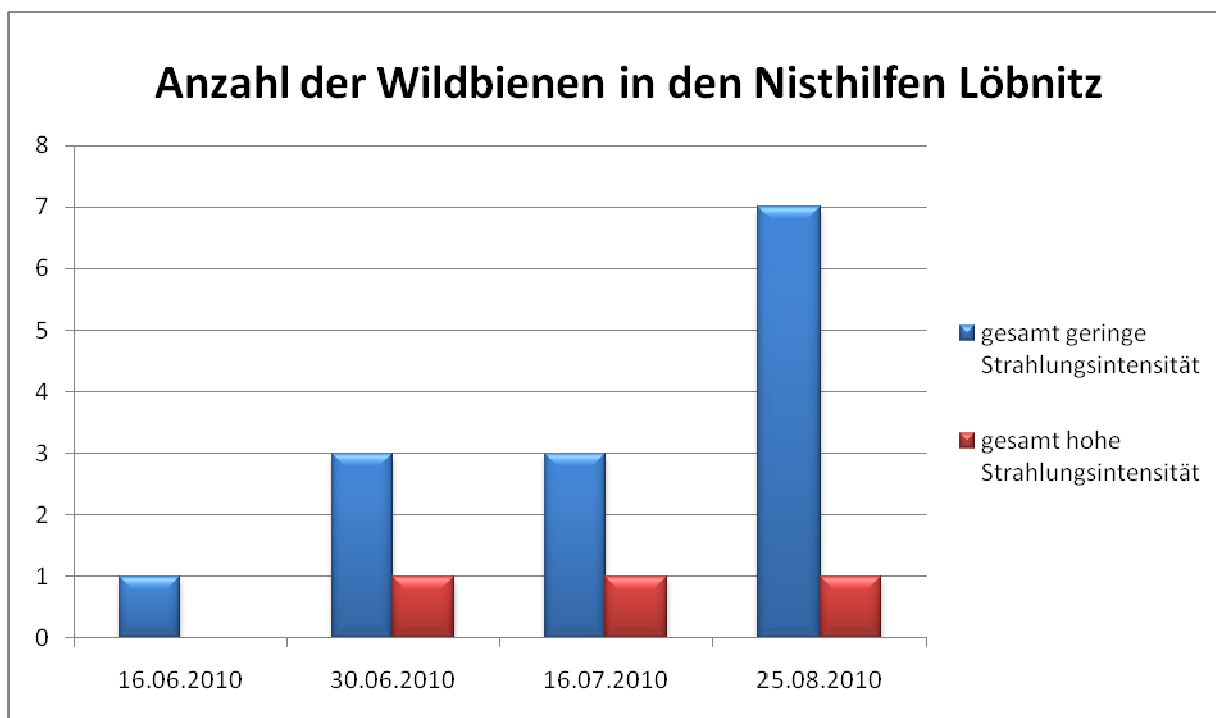


Abbildung 16: Anzahl der Wildbienen in den Nisthilfen Löbnitz

#### 6.1.2 Feldflur Nauendorf

In Nauendorf wurden die Nisthilfen im Zeitraum vom 24.06. bis 25.08.2010 angebracht und monatlich kontrolliert. Wir wiesen drei Strahlungsbereiche aus, wobei neben der Fläche des mittleren Strahlungsbereichs ein wasserführender Graben vorhanden war. In beiden anderen Bereichen war dies nicht der Fall. Es zeigte sich, dass im mittleren Strahlungsbereich am 17.07.2010 einmalig 18 Brutverschlüsse und in der benachbarten Nisthilfe im gleichen Bereich kein Verschluss gefunden wurde. Wir vermuten, dass der Einfluss des verfügbaren Wassers dazu geführt hat, dass sich die Wildbienen vorwiegend dort angesiedelt hatten. Die vielen Verschlüsse können auf zwei mögliche Gründe zurückgeführt werden. Zum einen, dass es sich um eine soziale Bienenart oder, zum anderen, um eine Nestaggregation handelt. Da wir den exakten Grund für die Häufung nicht herausfinden konnten und wir nicht von einer Repräsentativität dieser ausgingen, da wir in der nebenstehenden Nisthilfe des mittleren

Strahlungsbereiches keine Verschlüsse fanden, ließen wir den mittleren Strahlungsbereich außen vor.

Insgesamt wurde nur ein Brutverschluss von solitären Bienenarten im stark bestrahlten Bereich gefunden, dem vier Verschlüsse im gering bestrahlten Bereich gegenüber stehen.

Auch hier brüteten somit mehr Individuen solitärer Bienenarten im geringer belasteten Bereich.



Abbildung 17: Nahansicht von Brutverschlüssen in einer Nisthilfe

## 6.2 Auswertung der Gelbtafeln

Bei der Auswertung aller Standorte fällt auf, dass die Anzahl der gefangenen Käfer im gering bestrahlten Bereich jeweils um 43 bis 80 % höher ist als im stark bestrahlten Bereich. Demgegenüber ist dieser Trend bei den Hautflüglern deutlich umgekehrt. In Löbnitz wurden sogar 5- mal mehr Hautflügler im stärker bestrahlten Bereich nachgewiesen. Lediglich auf dem Acker in Bernburg sind fast exakt gleich viele Hautflügler in beiden Bereichen festgestellt worden.

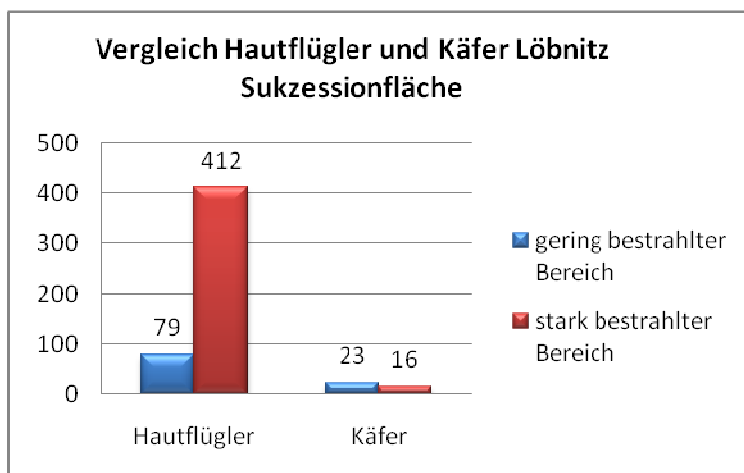


Abbildung 18: Vergleich der Hautflügler und Käfer Löbnitz Sukzessionsfläche

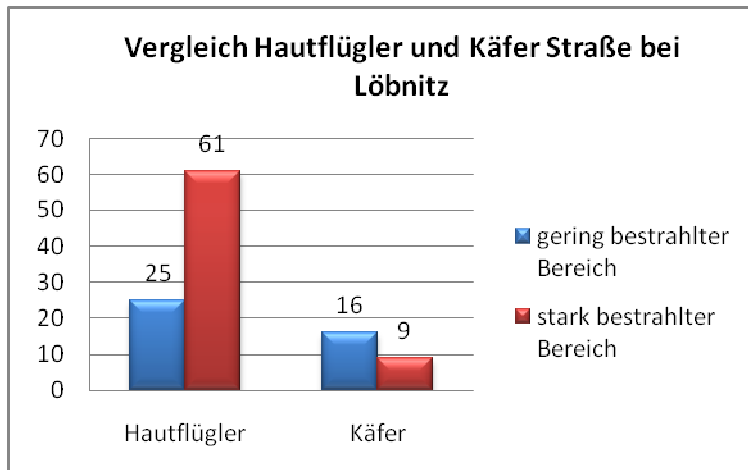


Abbildung 19: Vergleich der Hautflügler und Käfer bei Löbnitz

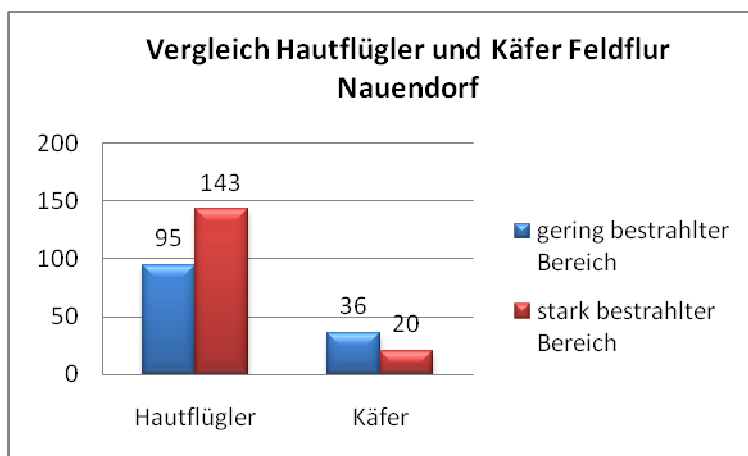


Abbildung 20: Vergleich der Hautflügler und Käfer Feldflur Nauendorf

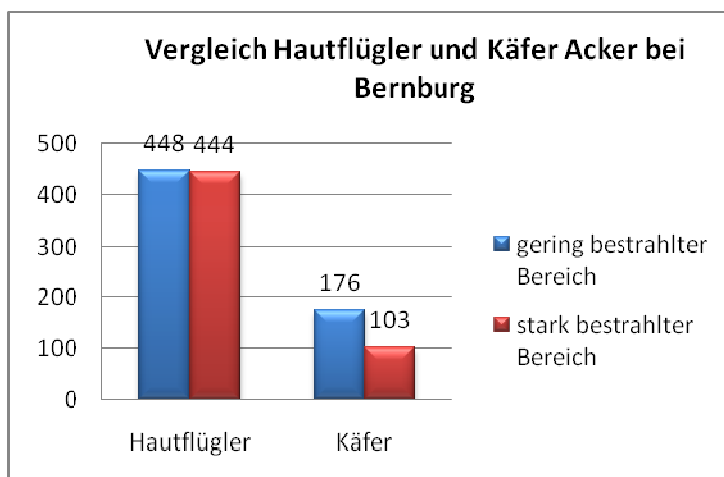


Abbildung 21: Vergleich der Hautflügler und Käfer Acker Bernburg

## 6.3 Gesamtauswertung

### 6.3.1 Hautflügler

Summiert man die ausgezählten Individuen für alle Aufnahmen nach bestrahltem Bereich, zeigt sich, dass im stark bestrahlten Bereich 1060 Hautflügler auf den Gelbtafeln zu finden waren, und im gering bestrahlten Bereich nur 647. Dieser hohe Unterschied wird vor allem durch die Gelbtafelreihe der Sukzessionsfläche bei Löbnitz ausgelöst, auf der es einen Unterschied von 333 Individuen zugunsten des bestrahlten Bereiches gibt. Rechnet man diese Unregelmäßigkeit heraus, halten sich die Anzahlen im belasteten und gering belasteten Gebiet eher in der Waage, in den einzelnen Aufnahmen sind die Hautflügler mal in diesem, mal in jenem Bereich häufiger anzutreffen.

Zumindest bei dem Flugverhalten und der Nahrungssuche verhalten sich die Hautflügler bei undifferenzierter Betrachtung der gesamten Gruppe von der Strahlung unabhängig.

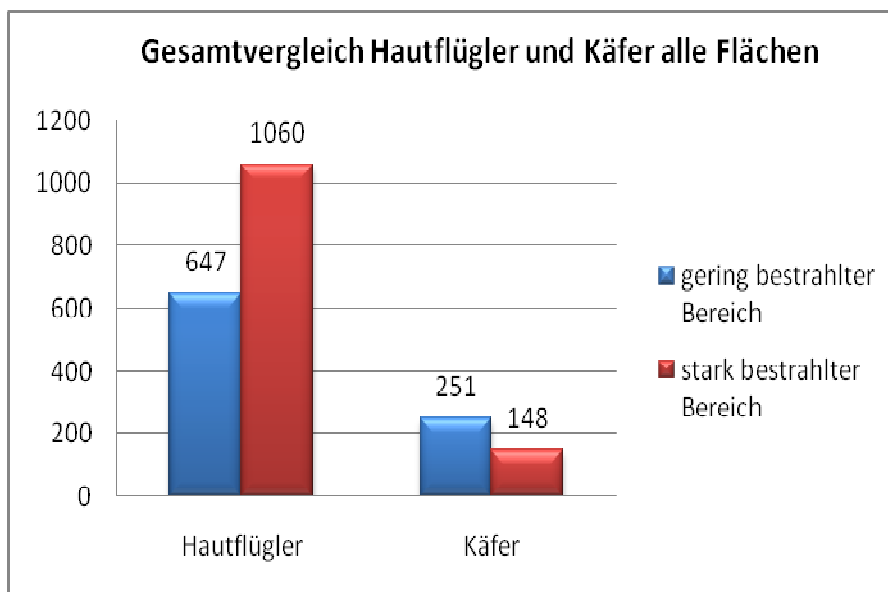


Abbildung 22: Gesamtvergleich der Hautflügler und Käfer aller Flächen

### 6.3.2 Käfer

Bei den Käfern sind mit 251 Individuen im gering bestrahlten Bereich ca. 100 Individuen mehr als im belasteten Gebiet auf den Gelbtafeln zu finden. Dabei sind im Gegensatz zu den Hautflüglern die Käfer stets im gering bestrahlten Bereich häufiger.

Ein Blick auf den Anteil der verschiedenen Käferfamilien an den Gesamtzahlen zeigt, dass vor allem die Weichkäfer (Cantharidae), die zahlenmäßig am stärksten Vertretene Familie auf den Gelbtafeln, häufiger im strahlungsarmen Bereich zu finden waren. So sind es ca. 60 Individuen im Gebiet mit hoher, und ca. 140 Individuen im Gebiet mit geringer Strahlung. Am häufigsten waren sie auf der Gelbtafelreihe zu finden, die auf den Acker bei Bernburg am 24. Juni 2010 abgenommen wurde. In Löbnitz (Abb. 32 im Anhang) waren die Weichkäfer ausschließlich in gering bestrahlten Bereich zu finden.



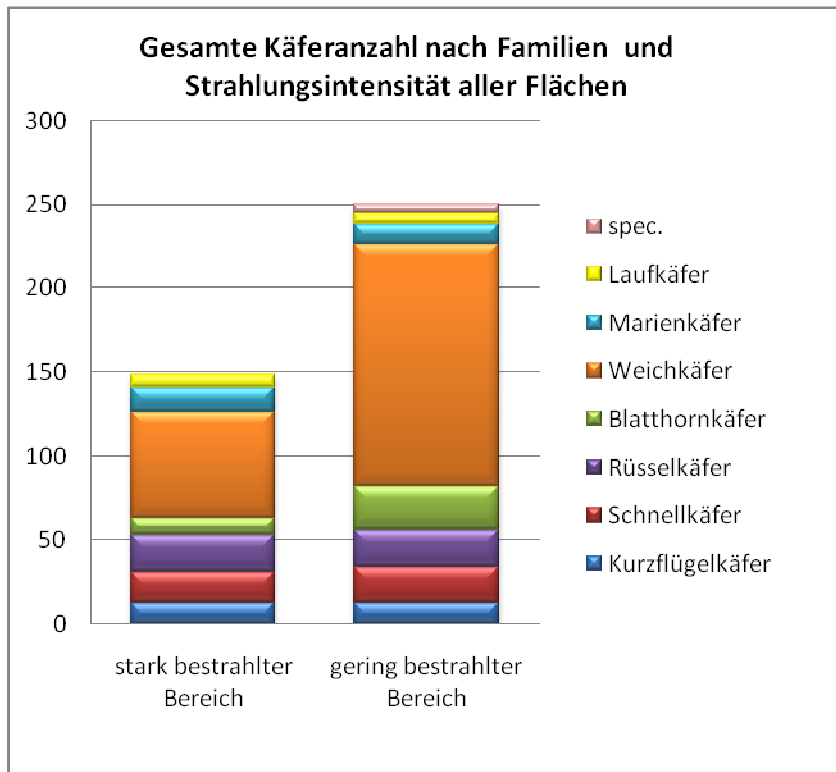


Abbildung 23: Gesamte Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität aller Flächen

Neben den Weichkäfern sind auch die Blatthornkäfer (Scarabaeidae) in drei Untersuchungsgebieten deutlich stärker im gering bestrahlten Bereich mit 10 zu 26 Individuen vertreten (siehe Abb. 30, 31 und 33 im Anhang).

Die restlichen Käferfamilien sind in beiden Strahlungsbereichen etwa in gleicher Häufigkeit vertreten und scheinen nicht durch die Mobilfunkstrahlung beeinträchtigt zu werden.



Abbildung 24: Weichkäfer auf Getreideblatt



Abbildung 25: Insekten an Gelbtafel

## 7 DISKUSSION

Das Auffinden von ebenso großflächig wie auch homogen strukturierten Flächen, in denen stark und gering bestrahlte Bereiche vorhanden sind, erwies sich als äußerst schwierig.

Eine umfassendere technische Ausrüstung (Messgeräte auch zur Bestimmung der wichtigen Niederfrequenzen) und eine Kooperation mit einem Fachmann für die direkte Durchführung unserer Feldversuche, etwa ein Physiker, hätten unsere Ergebnisse sicher bereichert.

Während der Gelbtafelwertung sind uns die Teils zahlreichen abgefressenen Insekten aufgefallen. So waren oftmals nur noch die Gliedmaßen der Insekten auf den Gelbtafeln vorhanden, die nicht mehr sicher bestimmt werden konnten. Somit konnte ein Teil der gefangenen Insekten nicht mit einbezogen werden.

### 7.1 Hautflügler

Im Jahr 2010, in dem die Untersuchungen durchgeführt worden sind, waren die Wetterverhältnisse für Insekten sehr schlecht. Die daraus folgende geringere Individuenzahl wirkte sich negativ auf die Aussagekraft der Ergebnisse aus. Die geringe Individuenzahl der Wildbienen wurde auch dadurch verursacht, dass die untersuchten Standorte keine optimalen Lebensräume für die Wildbienen sind und sie hauptsächlich nach der Strahlungssituation und homogenen Strukturen ausgesucht wurden.

Da wir nur sehr geringe Individuenzahlen von Wildbienen in den Nisthilfen vorfanden, ließen wir davon ab diese zu bestimmen, da wir die Brutaktivität nicht beeinflussen oder die Wildbienen vertreiben wollten.

Die deutliche Gleichverteilung der Hautflügler auf dem Standort Bernburger Acker lässt vermuten, dass die Strahlungsintensität keinen Einfluss auf den Aufenthalt der Hautflügler hat. Hier scheint die Homogenität des Ackers auf die Populationen der Hautflügler als dominanter Faktor zu wirken. Die Unterschiede in der Belastung durch die Mobilfunkstrahlung waren in Bernburg am deutlichsten, weshalb vor allem dort mit unterschiedlichen Aufenthaltsverteilungen der Insekten gerechnet wurde. Da diese nicht eingetreten sind und der Faktor der Homogenität dort offensichtlich beste Voraussetzungen lieferte, sollten die Ergebnisse der anderen Standorte genauer untersucht werden.

In den anderen Bereichen war teilweise sogar ein Vielfaches der Hautflügler im stärker bestrahlten Bereich anzutreffen.

Die unterschiedlichen Daten bei den Hautflüglern können auch zurückzuführen sein auf unterschiedliche Standortfaktoren, die vorher als unbeachtlich angesehen wurden.

Mögliche Faktoren sind: Verhältnis zwischen Baum- bzw. Strauchbestand und offener Vegetationsfläche, unterschiedliche Vegetationszusammensetzungen, unterschiedlicher Abstand zu Wasserquellen, Unterschiedliche Randstrukturen (Hecke und Waldrand) und daraus folgende unterschiedliche Kleinklimawirkungen.

Vielleicht hätte eine noch genauere Bestimmung der Hautflügler auf den Gelbtafeln noch anderen Ergebnisse für bestimmte Familien ergeben. Nähere Bestimmungen wären jedoch nur für einen kleinen Teil der Insekten möglich gewesen, da sie durch den Kleber oder das Entfernen teilweise beschädigt worden sind. Hier ist für nachfolgende Untersuchungen eine bessere Methodik nötig, um die Individuen besser bestimmen zu können.

## 7.2 Käfer

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der gefangenen Käfer lässt sich kein sinnvoller Zusammenhang mit den Verteilungen der Hautflügler erkennen.

Die Blatthorn- und Weichkäfer sind in allen Aufnahmeflächen in den geringer bestrahlten Bereichen häufiger anzutreffen. Der Zusammenhang zwischen der Strahlungsintensität und dem Aufenthalt der Blatthorn- und Weichkäfer weist darauf hin, dass sich die These der Bevorzugung gering bestrahlter Bereiche als Lebensraum, bei weitergehenden Untersuchungen bestätigen könnte. Die wirren Daten der Hautflügler lassen sich unter diesem Aspekt eher auf Zufallsverteilungen in nicht ganz homogenen Strukturen beziehen, wobei scheinbar kein Zusammenhang zwischen Strahlungsintensität und Aufenthalt für diese Insektenordnung besteht.

Sieht man sich die einzelnen Daten der Aufnahmen vom Acker in Bernburg an, sind sowohl auf einer Gelbtafel in geringer Strahlung als auch auf einer Gelbtafel, die in hoher Strahlung stand um die 30 Individuen zu finden. Auf den anderen Gelbtafeln sind im bestrahlten Bereich jedoch deutlich weniger Weichkäfer gefangen worden. Allerdings deutet die hohe Zahl der Subjekte auf einer Aufnahme im bestrahlten Bereich schon darauf hin, dass das häufigere Auftreten der Weichkäfer im unbestrahlten Gebiet am Ende doch auf andere Umwelteinflüsse zurückzuführen ist, als die Strahlung. Nimmt man allerdings die Anzahl der Weichkäfer aus den restlichen Aufnahmen nach den beiden Strahlungskategorien, und lässt die Aufnahmereihe vom 24. Juni 2010 weg, fällt der Unterschied und die Gesamtzahl zwar geringer aus, jedoch sind auf den unbestrahlten Gelbtafeln noch immer 34 Weichkäfer mehr gezählt worden.

Warum gerade die beschriebenen Käferfamilien sensibler auf die Strahlung reagieren kann mit ihrem Körperbau zusammenhängen. Da Individuen der Cantharidae über eine deutlich weichere Körperhülle verfügen sind sie physikalisch schlechter vor der Strahlung abgeschirmt als andere Käfer mit härteren Panzern und Flügeldecken aus Chitin. Die Blatthornkäfer verfügen über sehr fein gegliederte Fühler, bei denen je nach Art die letzten drei bis sieben Gliedern seitlich blattartig verbreitert sind, was durch diese physikalische Antennenstruktur zu Resonanzen mit bestimmten Strahlungsfrequenzen und zu einer deutlicheren Wahrnehmung dieser führen kann.

Die restlichen Käferfamilien scheinen sich durch die Strahlung nicht in der Wahl ihres Lebensraumes beeinflussen zu lassen, wobei die verfügbaren Daten auch vergleichsweise gering sind.

## 7.3 Vergleich mit anderen Arbeiten

### 7.3.1 Hautflügler

Für die Diskussion der Ergebnisse liegen leider keine anderen Untersuchungen vor, die in ähnlicher Weise, die gleichen Insektengruppen mit der gleichen Zielstellung untersucht haben.

Die von uns aufgestellten Thesen (siehe Kapitel 2 Zielstellung) sind abgeleitet aus den Ergebnissen von wissenschaftlichen Arbeiten, die die Honigbiene (*Apis mellifera*) untersucht haben (FAVRE 2010, LOEPFE 2008, SHARMA et al. 2010, STEVER et al. 2006, WARNKE 2007). Da die herangezogenen Arbeiten vor allem zum Ergebnis hatten, dass die Honigbienen in ihrem Verhalten, Orientierung und Kommunikation durch Mobilfunkstrahlung (oder andere Quellen von Mikrowellenstrahlung) gestört werden, lassen sich diese Ergebnisse auch auf die Orientierungsfähigkeit von anderen Hautflüglern und solitär lebenden Wildbienenarten ableiten. Die Honigbienen in den herangezogenen Untersuchungen konnten sich ihren Lebensraum nicht aussuchen, da er Ihnen durch den Versuchsleiter vorgegeben wurde und Sie an den Bienenkasten gebunden sind.

Die solitären Wildbienenarten in der freien Landschaft haben dem gegenüber den Vorteil, dass sie sich ihr Brutquartier selbst aussuchen können. Sollte eine für die Insekten wahrnehmbare Störung der Orientierungsfähigkeit, wie bei den Honigbienen, vorliegen, können die solitären Wildbienenarten reagieren, indem Sie einen weniger bestrahlten Standort in der näheren Umgebung wählen, der Ihnen ebenfalls in gleicher Qualität zur Verfügung gestellt wurde.

In den Versuchen von STEVER et al. (2006) wurden die Bienenvölker dauerhaft mit Frequenzen von DECT Telefonen bestrahlt. Im Pilotprojekt 2005 ergaben sich für das Rückkehrverhalten bis zu 70% Verluste bei den bestrahlten Völkern. Im Folgeprojekt 2006 sind die Verluste nicht mehr so hoch ausgefallen, aber wieder beobachtet worden.

Im Projekt von SHARMA et al (2010) wurden Bienenvölker 2- mal am Tag für 15 Minuten mit einem Handy (Frequenz: GSM 900) bestrahlt. Eine der Erkenntnisse daraus war, dass während der kurzen Bestrahlungszeit 30% weniger Bienen flogen als unmittelbar davor und danach.

In einem wissenschaftlich betreuten Feldversuch von LOEPFE (2008) wurden 12 Honigbienenvölker im Strahlungskegel eines Mobilfunkmastes dauerhaft über 1Jahr (Mai 2007 bis Mai 2008, Großhöchstetten, Schweiz) durchschnittlich mit  $1,5 \text{ V/m}$  ( $6000 \mu\text{W/m}^2$ ) bestrahlt (Mobilfunkfrequenzen von UMTS und GSM). Es wurde beobachtet, dass durch Flugbienenverluste zu wenig Futter eingetragen wurde und deshalb für den Winter stark zugefüttert werden musste. Trotz der Fütterung überlebten 2 Völker den Winter nicht.

In der Untersuchung von FAVRE (2010) wurden zwei Mobilfunktelefone im aktiven Modus und mit einer Summe an spezifischen Energieabsorptionsraten unterhalb der offiziellen internationalen Maximalwerte (2 Watt pro Kilo Gewebe) in der Nähe von Bienen aufgestellt und die von Bienen produzierten Piepstöne aufgezeichnet und analysiert. Dies zeigte, dass sich Bienen durch die aktiv kommunizierenden Mobiltelefone im Volk gestört fühlten und zum Senden von Piepstönen angeregt wurden. Unter natürlichen Bedingungen sind solche Piepstöne ein Signal für die Schwarmvorbereitung oder eine Reaktion auf Störungen im Volk.

Dieses Projekt zielte nicht darauf ab herauszufinden, ob auch solitäre Wildbienen in ihrer Orientierung durch Mikrowellenstrahlung gestört werden oder aus welchem Grund die Insekten die Strahlungsbereiche meiden könnten. Es wurde in diesem Projekt jedoch erkannt, dass scheinbar auch solitär lebende Wildbienen auf die untersuchten Strahlungsarten reagieren, in dem sie diese für ihre Bruttätigkeit meiden.

### 7.3.2 Käfer

Für Käfer liegen leider keine anderen Untersuchungen im Zusammenhang mit vergleichbarer Mikrowellenstrahlung vor. Die eigenen Ergebnisse werden in Kapitel 7.2 diskutiert.

## 8 AUSBLICK

Für die Weichkäfer und Blatthornkäfer wären weitere Untersuchungen von Interesse, um zu überprüfen, ob sich der Trend zu einem häufigeren Auftreten im gering bestrahlten Bereich auch auf anderen Gelbtafelreihen an anderen Orten wiederholt.

Der Bedarf weiterer Untersuchungen mit der verwendeten Methode für die gesamte undifferenzierte Ordnung der Hautflügler lässt sich nicht aus unseren Ergebnissen ableiten. Untersuchungen, die auf spezielle Familien oder Gattungen ausgerichtet sind scheinen hier sinnvoller zu sein.

Weitere Untersuchungen mit der hier verwendeten Methode für solitäre Wildbienen sind notwendig und sollten durchgeführt werden, um die vorliegenden Ergebnisse, welche ja nur mit geringem Stichprobenumfang durchgeführt wurden, zu überprüfen. Es sollten auch Nisthilfen aus anderen Materialien angeboten werden (Holz, Stein), um ein breiteres Artenspektrum untersuchen zu können. Man könnte die Individuen in den Nisthilfen nach einer bestimmten Zeit auch unter Kontrolle schlüpfen lassen um die nistenden Arten sicher bestimmen zu können.

# 9 ANHANG

## 1 Strahlungsbelastung

### 1.1 Bernburg Acker

#### 1.1.1 Abbildung

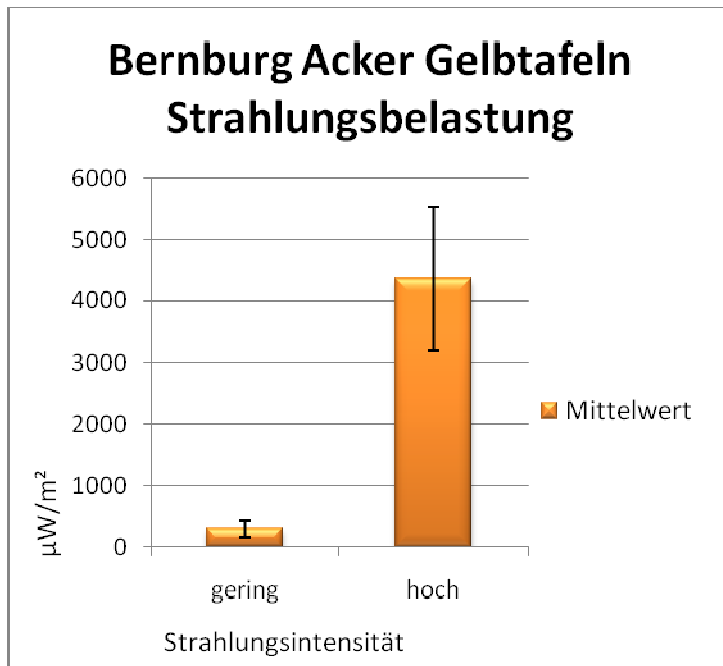


Abbildung 26: Strahlungsbelastung der Gelbtafeln Bernburg Acker

#### 1.1.2 Tabelle

Tabelle 1: Bernburg Gelbtafeln Strahlungswerte

Bernburg GT				
Strahlungsintensität	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
gering	299	129,340636	100	417,5
hoch	4372,5	1149,93859	2850	5450

## 1.2 Löbnitz Sukzessionsfläche

### 1.2.1 Abbildung

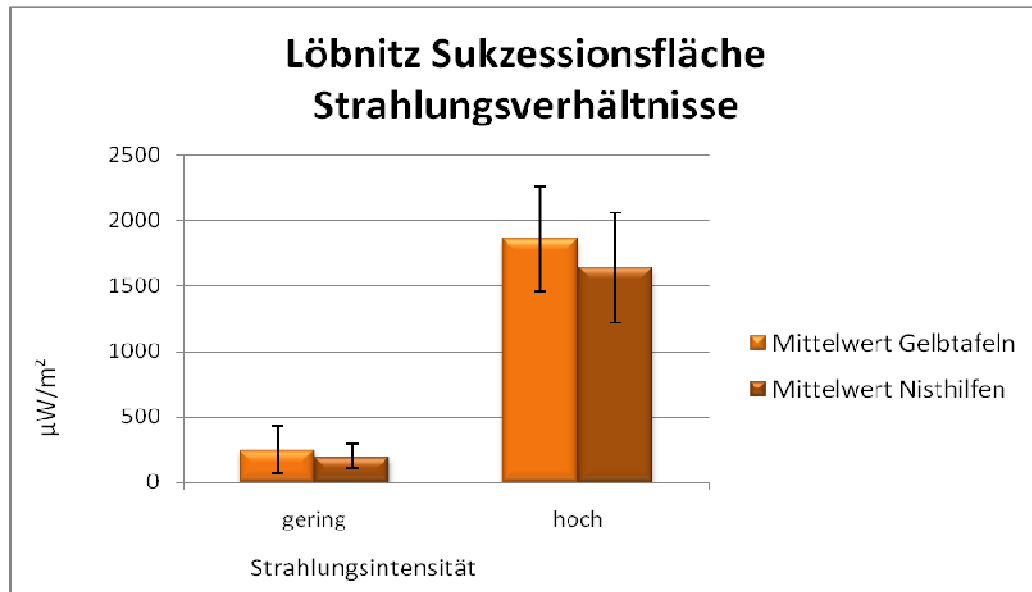


Abbildung 27: Strahlungsverhältnisse Löbnitz Sukzessionsfläche

### 1.2.2 Tabelle Nisthilfen

Tabelle 2: Nisthilfen Löbnitz Strahlungswerte

Löbnitz NH				
Strahlungsintensität	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum
gering	194,2	92,3	400,0	60,0
hoch	1640,0	420,1	2700,0	900,0

### 1.2.3 Tabelle Gelbtafeln

Tabelle 3: Gelbtafeln Löbnitz Strahlungswerte

Löbnitz GT				
Strahlungsintensität	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
gering	248,916667	181,573633	40	610
hoch	1860	404,274041	1300	2700

## 1.2.4 Diagramm Dosimeter Löbnitz, stark bestrahlter Bereich, 14.10.2010

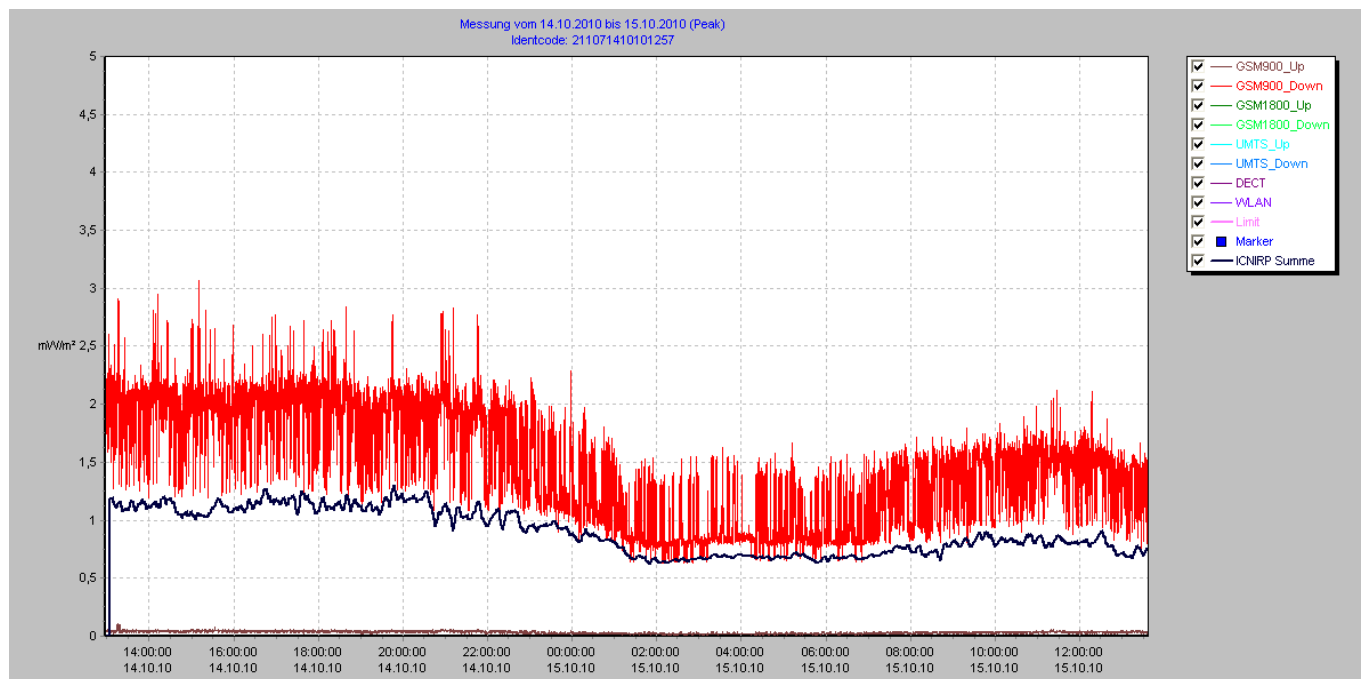


Abbildung 28: Diagramm des Dosimeters (Strahlungsbelastung) in Löbnitz im stark bestrahlten Bereich am 14.10.2010

## 1.3 Tabelle Löbnitz Straße

Tabelle 4: Löbnitz Straße Strahlungswerte

Objekt	Datum	
	16.06.2010	30.06.2010
Gelbtafel 1 bestrahlt	1350	2400
Gelbtafel 2 bestrahlt	2400	2100
Gelbtafel 3	140	105
Gelbtafel 4	140	120



## 1.4 Feldflur Nauendorf

### 1.4.1 Abbildung

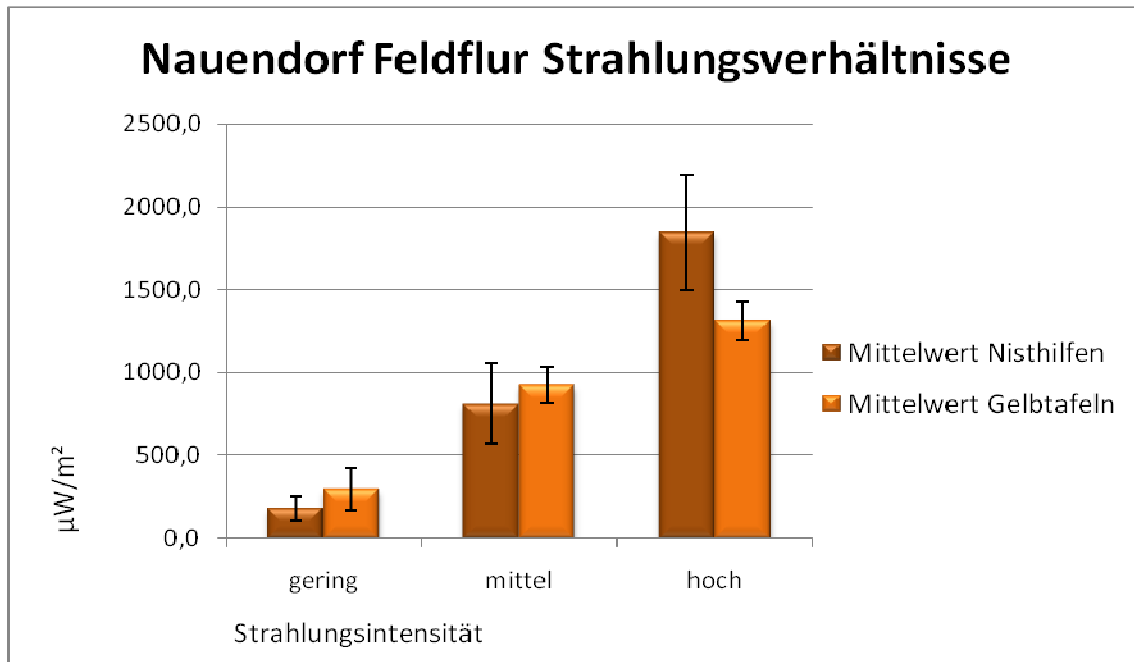


Abbildung 29: Strahlungsverhältnisse Nauendorfer Feldflur

### 1.4.2 Tabelle Nisthilfen

Tabelle 5: Nisthilfen Nauendorf Strahlungswerte

Nauendorf NH				
Strahlungsintensität	Mittelwert	St. Abw.	Minimum	Maximum
gering	180,0	72,7	80,0	300,0
mittel	811,3	241,4	660,0	1260
hoch	1843,3	346,1	1500,0	2700,0

### 1.4.3 Tabelle Gelbtafeln

Tabelle 6: Gelbtafeln Nauendorf Strahlungswerte

Nauendorf GT

Strahlungsintensität	Mittelwert	St. Abw.	Minimum	Maximum
gering	295,0	124,6	200,0	500,0
mittel	925,0	108,1	800,0	1060,0
hoch	1312,5	113,9	1200,0	1500,0

## 2 Darstellungen Käfer

### 2.1 Abbildung Käfer Acker bei Bernburg

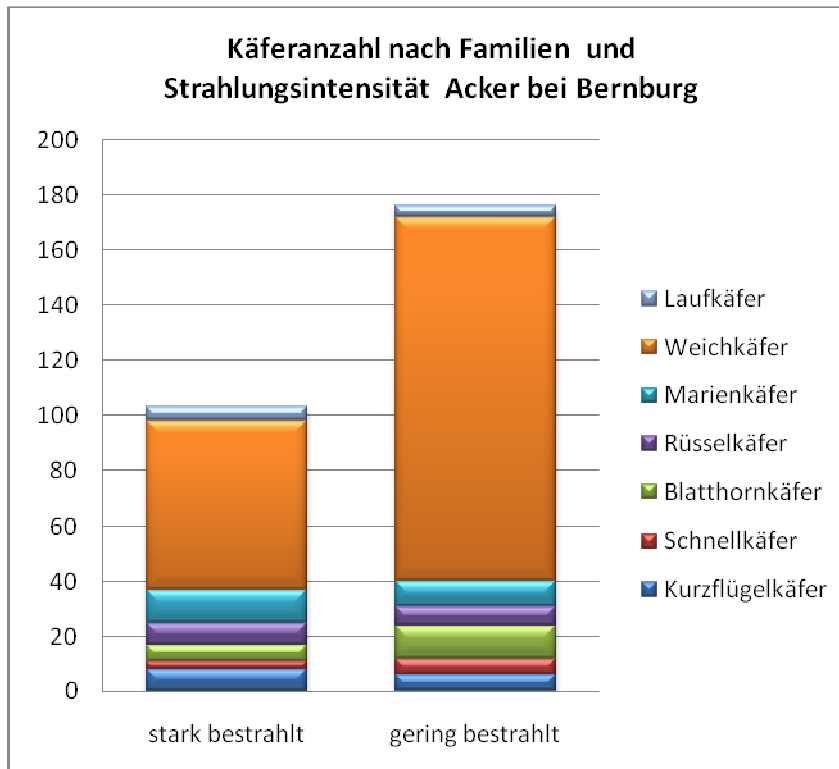


Abbildung 30: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Acker bei Bernburg

### 2.2 Abbildung Käfer Feldflur Nauendorf

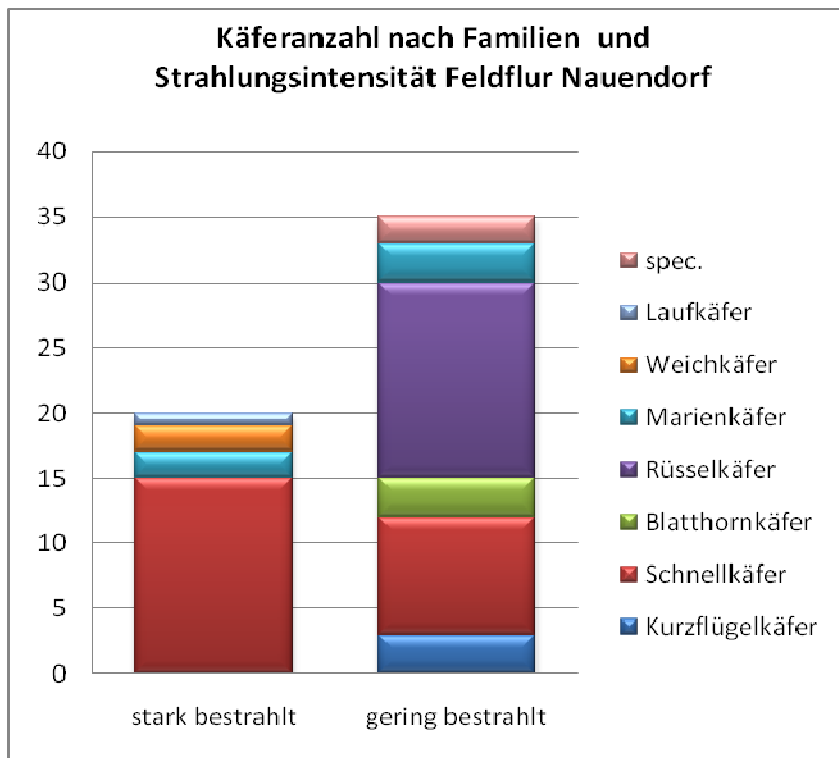


Abbildung 31: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Feldflur Nauendorf

### 2.3 Abbildung Käfer Sukzessionsfläche Löbnitz

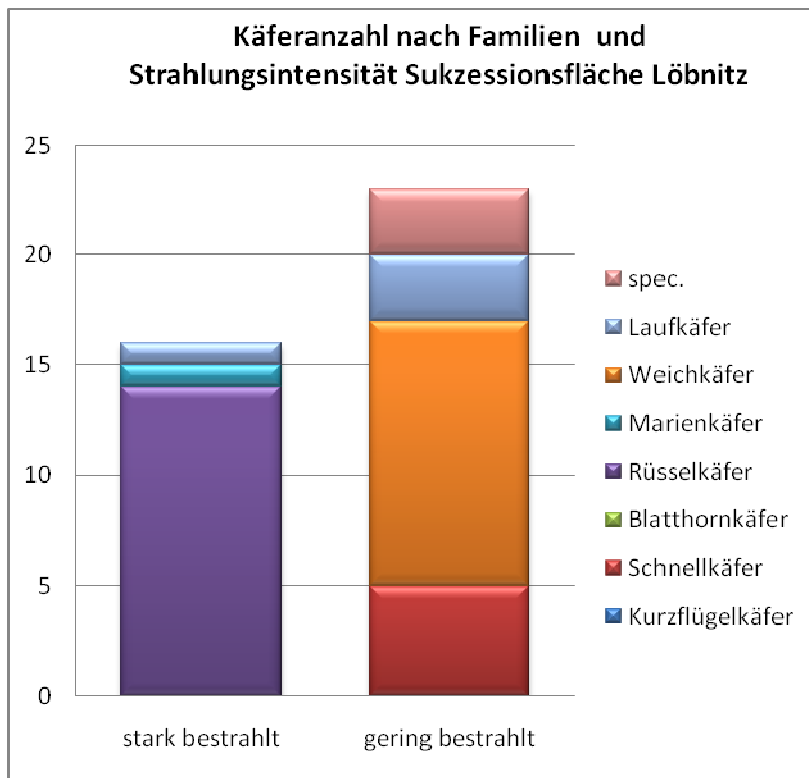


Abbildung 32: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Sukzessionsfläche Löbnitz

### 2.4 Abbildung Käfer Straße bei Löbnitz

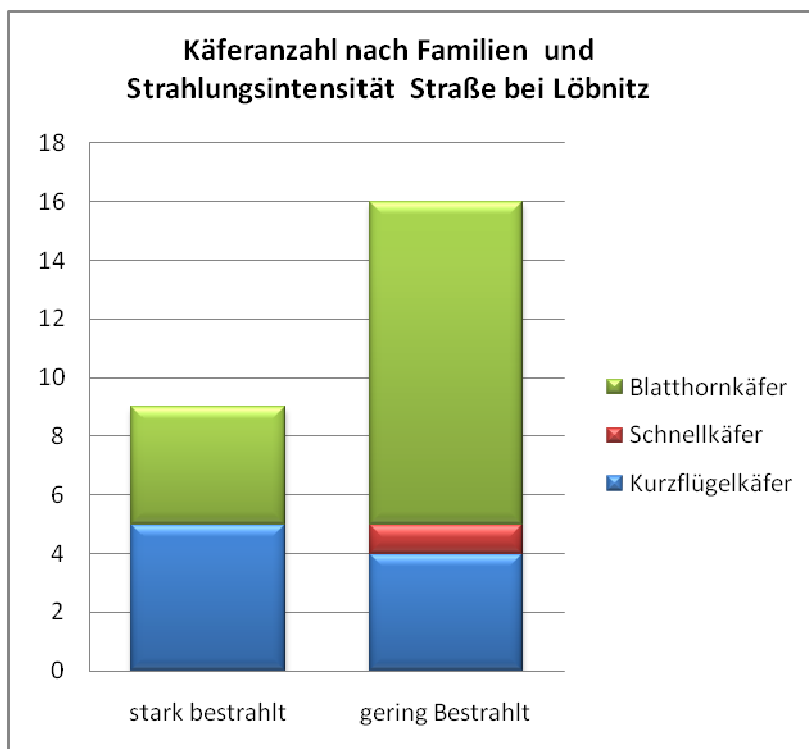


Abbildung 33: Käferanzahl nach Familien und Strahlungsintensität Straße bei Löbnitz

### 3 Abbildung Strahlungszunahme

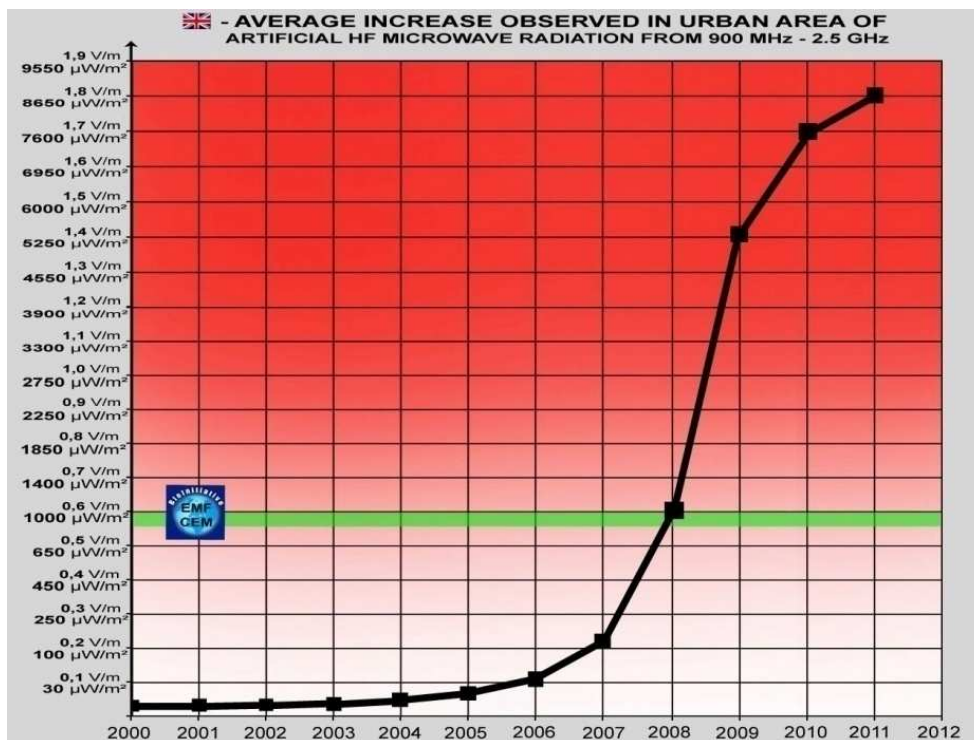


Abbildung 34: Zunahme der Strahlungsbelastung durch Mobilfunkfrequenzen im städtischen Gebiet von 2000 bis 2011

Quelle: [http://www.next-up.org/Newssoftheworld/Antennes\\_Relais.php#1](http://www.next-up.org/Newssoftheworld/Antennes_Relais.php#1)

### 4 Tabelle Überblick Strahlungsintensitäten (\*1)

Legende:

Beispiel für gleichartige Belastung

baubiologische Bewertung

gesetzliche Grenzwerte

Ergebnisse von wissenschaftlichen Arbeiten

Tabelle 7: Beispiele und Vergleiche für die verschiedensten Strahlungsintensitäten

Bereich	μW/m <sup>2</sup>	Vergleich
Geringe Belastung 0-500 μW/m <sup>2</sup>	0,001	Optimale Funktion eines D- oder E-Netz Handys gewährleistet!
	bis 0,1	„nicht auffällig“ nach baubiologischer Bewertung für Schlafbereiche
	1	Salzburger Vorsorgewert (Summe GSM im Haus)
	4	Signifikante Verschlechterung der Schlafqualität (Altpeter 1995 und Abelin 1998)
	0,1- 10	„schwach auffällig“ nach baubiologischer Bewertung für Schlafbereiche
	10	Salzburger Vorsorgewert (Summe GSM im Freien)
	100	Vorsorgewert für DECT-Telefonie bei BMW AG weltweit
Mittlere Belastung	10- 1000	„stark auffällig“ nach baubiologischer Bewertung für Schlafbereiche
	1000	Salzburger Vorsorgewert 1998 (Summe GSM im Freien) Im EEG nachweisbare Hirnstromveränderungen (Klitzing 1994 u.a.)

<b>500- 1500 <math>\mu\text{W}/\text{m}^2</math></b>		
	über 1000	„extrem auffällig“ nach baubiologischer Bewertung für Schlafbereiche
<b>Hohe Belastung 1500- 8000 <math>\mu\text{W}/\text{m}^2</math></b>	1600	z.B. Belastung durch DECT Schnurlostelefon in 5 m Entfernung, Unfruchtbarkeit bei Mäusen nach 5 Generationen (Magras u, Xenos 1997), Motorik-, Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsstörungen bei Schulkindern (Kolodynski 1996)
	2500	geringere Rückkehrverrate von Arbeiterbienen ( <i>Apis mellifera</i> ) und geringere Gewichtszunahme (21,1%) der Bienenvölker bei Bestrahlung mit DECT- Frequenz (1800-1900 MHz) (Steuer et al. 2006, Uni Landau)
	6000	Arbeiterbienen ( <i>Apis mellifera</i> ) gehen verloren, es wird weniger Pollen und Honig eingelagert, 2 von 4 Bienenvölkern überleben Winter nicht (Loepfe et al. 2007/2008)
	11.000	z.B. Belastung durch DECT Schnurlostelefon in 1,5 m Entfernung
	20.000	Grenzwert in der ehemaligen Sowjetunion Direkter Effekt auf die Ionenkanäle von Zellen (D'Inzeo 1988)
	40.000	Visuelle Reaktionszeit bei Kindern verlangsamt. in Tests geringere Gedächtnisfunktion (Chiang 1989)
	45.000	Grenzwert in der Schweiz (4 V/m; 900 MHz, z.B. D-Netze) für besondere Orte
	50.000	z.B. Belastung durch Handytelefonat in 3 m Entfernung
	100.000	Grenzwert in der Schweiz ( 6 V/m; 1800 MHz, E-Netz u, D-Netz) für besondere Orte, Grenzwert in China und Russland (Summe Hochfrequenz)
	240.000	Öffnung der Blut-Hirn-Schranke und Neuronenschäden bei Ratten (Salford 2003)
	850.000	Belastung am Kopf durch Handytelefonat (teilweise 5 bis 8-fach)
	8.000.000	Honigbiene <i>Apis mellifera</i> : 1/3 weniger Flugbetrieb während Bestrahlung, Völker schrumpfen um 4 Rähmchen. Bei 2 x 15 min Bestrahlung pro Tag mit GSM 900 (Scharma und Kumar 2010, Indien, Panjab Universität)
	9.000.000	Grenzwert in Deutschland (1800 MHz, z.B. E-Netz und D-Netz)
	10.000.000	Grenzwert in Deutschland (2000 MHz, z.B. UMTS)

\*1 Quelle: **Grenz- und Vorsorgewerte** für Hochfrequenzbelastung (HF) und **Grenzwerte** für Hochfrequenzbelastung (HF), Mobilfunk Bürgerforum e.V. 2007

## 10 LITERATUR UND QUELLEN

- BÄHRMANN, R. (Hrsg.): (2008): Bestimmung wirbelloser Tiere – Bildtafeln für zoologische Bestimmungsübungen und Exkursionen – Begründet von Hans Joachim Müller. - Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- BELLMANN, H. (2009): Der neue Kosmos Insektenführer, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart
- FAVRE, D. (2010): Mobile phone-induced honeybee worker piping, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Lausanne, Switzerland, Apiary School of the City of Lausanne, Switzerland
- LOEPFE, P. (2008): Desorientierung der Honigbienen im elektromagnetischen Feld, Großhöchstetten, Schweiz
- MÜLLER, A., KREBS, A. & AMIET, F. (1997): Bienen – Mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. – Naturbuch-Verlag, München
- SHARMA, V.P. und KUMAR, N.R. (2010) Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations, Department of Environment and Vocational Studies, Department of Zoology, Panjab University, Chandigarh, India
- STEVER, H., KIMMEL, S., HARST, W., KUHN, J., OTTEN, C., WUNDER, B. (2006) Verhaltensänderung der Honigbiene *Apis mellifera* unter elektromagnetischer Exposition“, Universität Koblenz- Landau, Arbeitsgruppe Bildungsinformatik
- WARNKE, U. (2007): Bienen, Vögel und Menschen, Die Zerstörung der Natur durch Elektrosmog, Kompetenzinitiative e.V.
- WESTRICH, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs. 2 Bände, 972 S., 496 Farbfotos; Stuttgart (E. Ulmer). [1990 2., verb. Auflage]
- <http://www.wildbienen.de/wbienen.htm> (vom 26.02.2011)