

Hochschule Anhalt

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung



# Bachelorarbeit

Bachelor of Science

„Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade als Vektor von SBR  
(Syndrome des basses richesses) in Zuckerrüben“

„Erhebung im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern“

Name, Vorname      Zimmermann, Merlin Friedrich

Matrikel              4062218

Geboren am          04.12.1995

Studiengang          Landwirtschaft

1. Gutachter          Frau Prof. Dr. Annette Deubel

2. Gutachter          Moritz Vorholzer

Bernburg (Saale), den 14.02.2021

## Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis .....	IV
II.	Tabellenverzeichnis.....	VI
III.	Abbildungsverzeichnis.....	VII
1	Einleitung .....	1
2	Zielstellung der Bachelorarbeit .....	4
3	Theoretische Grundlagen .....	5
3.1	Die Zuckerrübe .....	5
3.1.1	Herkunft und Verwendung von Zuckerrüben im geschichtlichen Kontext .....	5
3.1.2	Biologie .....	6
3.1.3	Bestandsführung.....	9
3.1.4	Aktuelle Situation des Zuckerrübenanbaus.....	15
3.2	Syndrome des basses richesses (SBR).....	17
3.2.1	Verbreitung von SBR in Deutschland .....	17
3.2.2	Beschreibung „ <i>Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus</i> “ .....	18
3.2.3	Beschreibung „ <i>Candidatus Phytoplasma solani</i> “ .....	19
3.2.4	Pathogenese, Symptome, Auswirkung und Sorteneignung .....	20
3.3	Schilf-Glasflügelzikade als Vektor.....	22
3.3.1	Biologie und Verbreitung.....	22
3.3.2	Lebenszyklus und Flugverlauf .....	24
3.3.3	Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade .....	26
4	Material und Methode .....	27
4.1	Beschreibung der gewählten Standorte mit Platzierung der Fangmethodik.....	27
4.2	Wetterdaten.....	30
4.3	Beschreibung der gewählten Fangmethode.....	31
4.4	Monitoring .....	32
4.4.1	Zeitlicher Ablauf .....	32

4.4.2	Platzierung der Fallen auf den Schlägen .....	33
4.4.3	Kontrolluntersuchung .....	33
5	Ergebnisse .....	34
5.1	Auswertung der Insekten-Leimtafeln .....	34
5.2	Ergebnisse der Kontrolluntersuchung auf symptomtragende Zuckerrüben .....	36
6	Diskussion .....	40
7	Schlussfolgerung und Ausblicke .....	44
8	Zusammenfassung .....	46
9	Literaturverzeichnis .....	47
IV.	Anhang .....	IX

## I. Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
AV	Ausbeuteverlust
bspw.	beispielsweise
BZG	Bereinigter Zuckergehalt
ca.	circa
cm	Zentimeter
DNA	Desoxyribonukleinsäure
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
et al.	et alii (und Andere)
e.V.	eingetragener Verein
evtl.	eventuell
FISH	Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ha	Hektar
i.d.R.	in der Regel
incl.	inclusive
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KW	Kalenderwoche
m	Meter
mm	Millimeter
M ü. NN	Meter über Normalnull
NAK	Nachauflaufbehandlung im Keimblattstadium
nördl.	nördlich

PCR	Polymerase Kettenreaktion
Pfl/ha	Pflanzen pro Hektar
PLH	Panel on Plant Health
SBR	Syndrome des basses richesses
SE & Co KGaA	Kommanditgesellschaft auf Aktien
usw.	und so weiter
UV	Ultraviolettstrahlung
z.B.	zum Beispiel
ZG	Zuckergehalt
°C	Grad Celsius
%	Prozent
€	Euro
µm	Mikrometer

## **II. Tabellenverzeichnis**

TABELLE 1: ÜBERSICHT DER SCHLAGDATEN ALLER SCHLÄGE .....	29
TABELLE 2: ÜBERSICHT WETTERDATEN 2020 UND 2019 (EIGENES FORMAT).....	30
TABELLE 3: GEFANGENE SCHILF-GLASFLÜGELZIKADEN AUF DEN EINZELNEN SCHLÄGEN IM WÖCHENTLICHEN RHYTHMUS .....	35
TABELLE 4: ERGEBNISSE DER NACHUNTERSUCHUNG VOM 25. SEPTEMBER AUF SBR .....	38

### III. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: GROBE DARSTELLUNG DES EINZUGSGEBIETES DER ZUCKERFABRIK WABERN .....	2
ABBILDUNG 2: ENTWICKLUNGSSTADIEN DER ZUCKERRÜBE IM ERSTEN VEGETATIONSJAHR .....	7
ABBILDUNG 3: QUERSCHNITT EINER ZUCKERRÜBE .....	8
ABBILDUNG 4: GROßFLÄCHIGE VERGILBUNG EINES ZUCKERRÜBENFELDES DURCH SBR-BEFALL.....	21
ABBILDUNG 5: GESUNDE HERZBLÄTTER (LINKS), HERZBLÄTTER BEI SBR-BEFALL (RECHTS) .....	21
ABBILDUNG 6: GESUNDER RÜBENKÖRPER (LINKS), RÜBENKÖRPER MIT SBR-BEFALL (RECHTS).....	22
ABBILDUNG 7: SCHILF-GLASFLÜGELZIKADE.....	23
ABBILDUNG 8: LEBENSZYKLUS DER SCHILF-GLASFLÜGELZIKADE .....	25
ABBILDUNG 9: ALLE AUSGEWÄHLTEN STANDORTE IM EINZUGSGEBIET DER ZUCKERFABRIK WABERN .....	28
ABBILDUNG 10: BEFESTIGUNG DER LEIMTAFEL AN DEM HOLZSTAB .....	31
ABBILDUNG 11:AUFGEBAUTE FALLE IM RÜBENFELD .....	32
ABBILDUNG 12: FANGBEISPIEL SCHLAG 7 AM 11.05.2020 .....	34
ABBILDUNG 13: GRÜNE BLATZIKADEN AUF DEM SCHLAG 4 AM 25.05.2020 .....	35
ABBILDUNG 14: SCHLAG 2 MIT FESTGESTELTLEM SBR NEST.....	36
ABBILDUNG 15: SCHLAG 8 MIT FESTGESTELTLEM SBR NEST.....	36
ABBILDUNG 16: VERSCHMÄLERTE UND VERKLEINERTE HERZBLÄTTER AUF DEM SCHLAG 8 .....	37
ABBILDUNG 17: LEICHTE VERBRÄUNUNG DER GEFÄßLEITBÜNDEL IM RÜBENKÖRPER AUF DEM SCHLAG 2 .....	38
ABBILDUNG 18: NIEDERSCHLAGSMENGEN IN MM - JAHR 2020 .....	41
ABBILDUNG 19: NIEDERSCHLAGSMENGE IN MM - JAHR 2019 .....	42
ABBILDUNG 20: AUSGEHÄNDIGTER FRAGEBOGEN AN DIE ANBAUER.....	X
ABBILDUNG 21: SCHLAG OSTERFELD RECHTS MIT PLATZIERUNG DER FALLEN.....	XI
ABBILDUNG 22: SCHLAG WERRA MEIßNER 1 MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XII
ABBILDUNG 23: SCHLAG DER NEUE HOF MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XIII
ABBILDUNG 24: SCHLAG PFEIFFERS LAND MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XIV
ABBILDUNG 25: SCHLAG STEINBREITE MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XV
ABBILDUNG 26: SCHLAG AM WEG MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XVI
ABBILDUNG 27: SCHLAG WABERNER WEG MIT PLATZIERUNG DER FALLEN.....	XVII
ABBILDUNG 28: SCHLAG HINTER DER SCHWALM (K) MIT PLATZIERUNG DER FALLEN .....	XVIII
ABBILDUNG 29: SCHLAG BORNSTÜCK MIT PLATZIERUNG DER FALLEN.....	XIX
ABBILDUNG 30: SCHLAG METZENFELD MIT PLATZIERUNG DER FALLE .....	XX
ABBILDUNG 31: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION GÖTTINGEN VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020.....	XXI
ABBILDUNG 32: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION GÖTTINGEN VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020 .....	XXI
ABBILDUNG 33: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION GÖTTINGEN VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019.....	XXII
ABBILDUNG 34: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION GÖTTINGEN VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019 .....	XXII
ABBILDUNG 35: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION SCHAUBURG-ELGERSHAUSEN VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020.....	XXIII
ABBILDUNG 36: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION SCHAUBURG-ELGERSHAUSEN VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020 .....	XXIII

ABBILDUNG 37: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION SCHAUENBURG-ELGERSHAUSEN VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXIV
ABBILDUNG 38: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION SCHAUENBURG-ELGERSHAUSEN VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXIV
ABBILDUNG 39: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION WARBURG VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXV
ABBILDUNG 40: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION WARBURG VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXV
ABBILDUNG 41: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION WARBURG VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXVI
ABBILDUNG 42: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION WARBURG VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXVI
ABBILDUNG 43: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION FRITZLAR VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXVII
ABBILDUNG 44: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION FRITZLAR VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXVII
ABBILDUNG 45: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION FRITZLAR VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXVIII
ABBILDUNG 46: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION FRITZLAR VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXVIII
ABBILDUNG 47: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION GILSERBERG-MOISCHEID VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXIX
ABBILDUNG 48: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION GILSERBERG-MOISCHEID VOM 01.05.2020 BIS 30.06.2020	XXIX
ABBILDUNG 49: TEMPERATURDATEN DER WETTERSTATION GILSERBERG-MOISCHEID VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXX
ABBILDUNG 50: NIEDERSCHLAGSDATEN DER WETTERSTATION GILSERBERG-MOISCHEID VOM 01.05.2019 BIS 30.06.2019	XXX
ABBILDUNG 51: BESTÄTIGUNGS-E-MAIL FÜR DIE ERGEBNISSE DER LABORUNTERSUCHUNGEN	XXXI

## 1 Einleitung

Zucker, einst ein Luxusgut der Reichen und Wohlhabenden, heute ein Lebensmittel des alltäglichen Gebrauchs. Der stetig ansteigende Konsum ist bis heute nachzuweisen und hat erst in den letzten Jahren einen kleinen Bruch erlitten. In den Jahren 2016 und 2017 war der Zuckerverbrauch in der EU so hoch, dass er durch die eigenen Produktionsmengen sämtlicher Mitgliedsstaaten nicht gedeckt werden konnte (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2018). In unseren geografischen Breiten hat sich die Zuckerrübe ab dem 19. Jahrhundert von Mitteleuropa aus als wichtigstes Mittel zur Zuckererzeugung etabliert (Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. 2011).

Der Anbau der anspruchsvollen Zuckerpflanze konzentrierte sich über Jahrzehnte hinweg, in Bezug auf Nährstoffverfügbarkeit und Wasserhaltevermögen, auf entsprechende Anbauregionen. Längst werden nicht mehr alle zuckerrübenwürdigen Anbauflächen innerhalb Deutschlands – nicht zuletzt auch wegen der anspruchsvollen Logistik – bewirtschaftet, sondern erkennbar ist eine Konzentration der Anbauflächen um den Einzugsbereich einer Verarbeitungsstätte (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2018).

Die im Jahr 1880/81 gegründete Zuckerfabrik Wabern, in der Vergangenheit eine von mehreren Zuckerverarbeitungsstätten in Hessen, ist heute die einzige Zuckerfabrik in Hessen und gehört zur Südzucker-Unternehmensgruppe (Südzucker AG 2021).

Die Waberner Zuckerfabrik produziert aktuell jährlich zwischen 110.000 und 140.000 Tonnen Zucker, beschäftigt ca. 80 Mitarbeiter und wird von ca. 1100 Landwirten mit Zuckerrüben beliefert (Südzucker AG 2021). Das Einzugsgebiet der Fabrik umfasst das nördliche Hessen, westliche Thüringen, südliche Niedersachsen und östliche Nordrhein-Westfalen (Vorholzer 2020). Eine grobe Darstellung des Einzugsgebietes zeigt die Abbildung 1 (Vorholzer 2020).

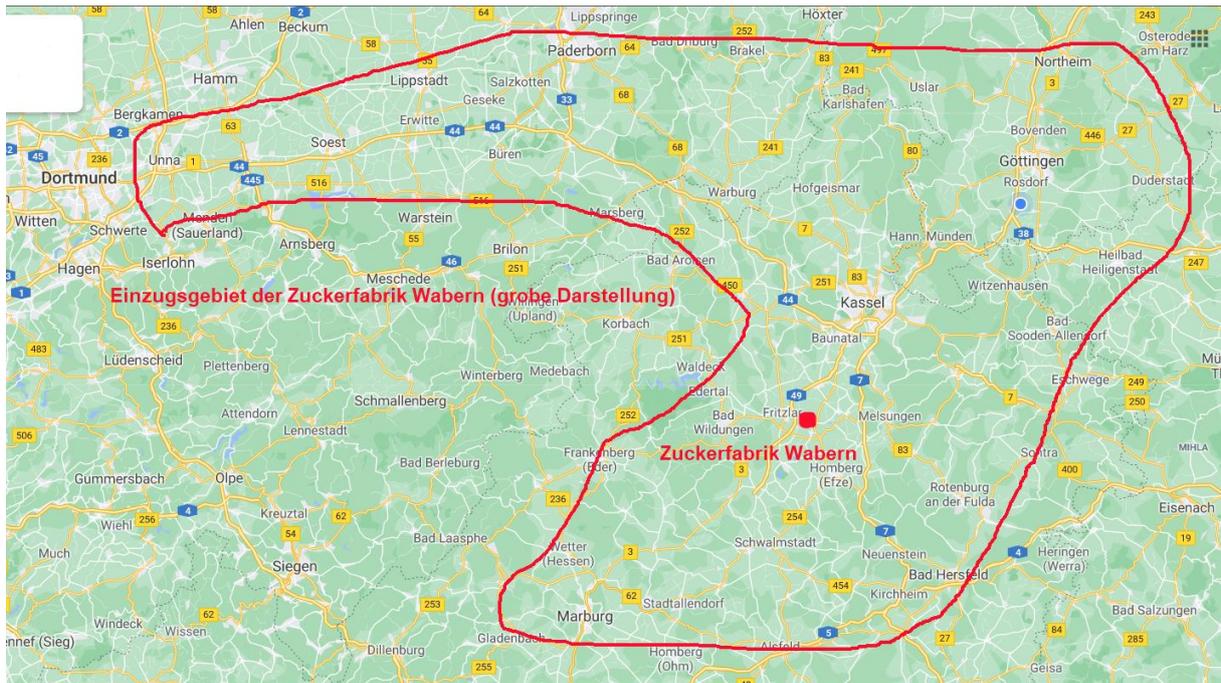


Abbildung 1: Grobe Darstellung des Einzugsgebietes der Zuckerfabrik Wabern

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

Dem gestiegenen Verbrauch von Zucker pro Kopf steht aufgrund beschriebener geografischer Gegebenheiten eine stetig sinkende Anzahl von Zuckerrübenbauern gegenüber (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung 2018). Umso wichtiger ist die thematische und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit möglichen ertragsmindernden Faktoren, wie Umweltfaktoren, Krankheiten und Schädlingen.

Seit 2009 verbreitet sich eine bakterielle Zuckerrübenenerkrankung in Deutschland, erstmalig auftretend im Heilbronner Umland (Schröder, Rissler und Schrameyer 2012). Bei dieser Erkrankung handelt es sich um das „Syndrome des basses richesses“ (folgend: SBR), was übersetzt so viel wie „Syndrom des niedrigen Zuckergehaltes“ heißt (Schröder, Rissler und Schrameyer 2012). Ausgelöst wird diese Krankheit durch ein Proteobakterium (*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*) sowie ein Phytoplasma (*Candidatus Phytoplasma solani*) - beide Erreger werden ausschließlich über Vektoren übertragen (Pfitzer, et al. 2019). Infizierte Zuckerrüben weisen einen verringerten Zuckergehalt und einen verringerten Frischmasseertrag auf, was zu wirtschaftlichen Nachteilen für Zuckerfabrik und Zuckerrübenproduzent führt (Pfitzer, et al. 2019). Untersuchungen zeigten, dass als entscheidender Vektor für die Übertragung von SBR in Frankreich und Süddeutschland ein bestimmtes Insekt, die Schilf-Glasflügelzikade, gilt (Pfitzer, et al. 2019).

Auf einem Zuckerrübenfeld, in der Nähe von Wabern, wurden erstmalig im Jahr 2019 Zuckerrüben positiv auf SBR getestet, wobei jedoch das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade nicht dokumentiert wurde (Vorholzer 2020). Es lässt vermuten, dass sich SBR in Wabern und den umliegenden Regionen verbreitet hat und damit auch die Schilf-Glasflügelzikade in diesen Regionen vorkommt. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade in Verbindung mit SBR im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern aufgezeigt werden.

## 2 Zielstellung der Bachelorarbeit

Das Ziel der Arbeit ist es, in einem Feldversuch das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern nachzuweisen und in einen Zusammenhang mit auftretendem Befall von SBR an Zuckerrüben zu setzen.

In diesem Feldversuch über acht Wochen wurden an ausgewählten Feldschlägen Insektenklebefallen aufgestellt und über den gesamten Zeitraum geprüft und ausgewertet. Dieses Monitoring fand in den Monaten Mai und Juni statt. Zehn ausgewählte Schläge wurden dafür präpariert, wobei sich jeweils zwei Schläge in näherer Umgebung zueinander befanden und weiterführend ein Gebiet bestimmten. Die Auswahl von zwei Schlägen innerhalb eines Gebiets mit ähnlichen Merkmalen diente als Vergleichsreferenz. Die Gebiete erstreckten sich in einem Umkreis von ca. 70 km um die Fabrik und befanden sich im nördlichen Hessen, südlichen Niedersachsen und östlichen Nordrhein-Westfalen. Weiterhin wurden die Schläge aufgrund ihrer geografischen Lage ausgewählt. Die Standorte der Schläge lassen eine besondere Anfälligkeit auf eventuellen Schilf-Glasflügelzikaden-Befall vermuten.

Als Abschlusskontrolle wurden alle Standorte im September auf symptomtragende Zuckerrüben erneut untersucht, um so Ergebnisse des Monitorings in eine direkte Korrelation stellen zu können.

Teil des Monitorings umfasste die Untersuchung gefangener Insekten und befallener Pflanzen im Labor des Instituts für Zuckerrübenforschung Göttingen nach dem Protobakterium *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* und dem Phytoplasma *Candidatus Phytoplasma solani*, um einen Befall der Pflanzen mit SBR auch wissenschaftlich zu belegen.

### 3 Theoretische Grundlagen

#### 3.1 Die Zuckerrübe

##### 3.1.1 Herkunft und Verwendung von Zuckerrüben im geschichtlichen Kontext

Rüben der Art *Beta vulgaris* wurden bereits in der Zeit vor Christi-Geburt nachgewiesen und von den Kelten, Persern, Mesopotamiern, Griechen und Römern als Heil- und Gemüsepflanze verwendet (Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. 2011). „In Mitteleuropa kam es vom 13. bis 16. Jahrhundert zu einer systematischen Verbreitung einzelner Rübenarten und einem verstärkten Rübenanbau.“ (Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. 2011). Im 18. Jahrhundert zählte die Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) zu den relevantesten Hackfrüchten neben Kartoffeln, Tabak, Zichorien, Kohl und Bohnen (Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V. 2011). Der deutsche Chemiker, Mitglied und späterer Direktor der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaft, Sigismund Margraf entdeckte 1747, dass auch Beta-Rüben Zucker in ihren Wurzeln enthalten und beschrieb es als „wahren, vollkommenen Zucker“ (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Sein Schüler Franz Achard gelang es 1786 erfolgreich zuckerreiche Futterrüben zu selektieren und nannte sie „weiße, schlesische Rüben“ (Wind und Holtschulte 2011). Es wird vermutet, dass die heutigen Zuckerrübenzüchtungen auf diesem genetischen Material basieren (Wind und Holtschulte 2011). Zu dieser Zeit lag der Zuckergehalt der Futterrübe bei ca. 5% (Wind und Holtschulte 2011). Man beachte, dass bis Ende des 18. Jahrhunderts Zucker nur aus Zuckerrohr gewonnen werden konnte (Wind und Holtschulte 2011). Im Jahr 1802 errichtete Achard die erste Zuckerfabrik für Zuckerrüben auf dem Gut Cunern (Kunary heutiges Polen) (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Ca. 80 Jahre später, zwischen 1881 und 1890, lag die Zuckerausbeute bei 11% und der Hektarertrag bei 30 Tonnen pro Hektar (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Heutzutage hat sich der Zuckergehalt auf bis zu 20% und der Zuckerrübenhektarertrag um ein Vielfaches gesteigert (Wind und Holtschulte 2011).

Weltweit wurden im Jahr 2019 ca. 185 Millionen Tonnen Zucker produziert, aufgeteilt in ca. 80% Rohrzucker und ca. 20% Rübenzucker (Heinrich 2019) (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Die Zuckerrübenanbaufläche in Deutschland ist in den Produktionsjahren von 2010 bis 2019 von 364.100 Hektar auf 408.700 Hektar leicht gestiegen (Statistisches Bundesamt 2019). Damit bewirtschaftet Deutschland - nach Frankreich - die zweitgrößte Zuckerrübenanbaufläche

Europas (Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V.; Verein der Zuckerindustrie e.V. 2020). Durch die starken Veränderungen der Witterungsbedingungen schwankte der Hektarertrag in Deutschland in den letzten drei Jahren erheblich; so lag der Ertrag 2017 bei 83,7 Tonnen pro Hektar, 2018 bei 63,3 Tonnen pro Hektar und 2019 bei 72,7 Tonnen pro Hektar (Statistisches Bundesamt 2020).

### 3.1.2 Biologie

*Stamm: Magnoliophyta; Klasse Magnoliatae; Ordnung: Caryophyllales; Familie Amaranthaceae; Gattung: Beta; Art: Beta vulgaris; Unterart: Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var. altissima* (Universität Ulm 2015)

Die Zuckerrübe (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris var. altissima*) wird der Familie der Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae) zugeordnet und ist eine dikotyle, zweijährige, fremdbefruchtende Pflanze (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Das erste Jahr dient dem vegetativen Wachstum und das zweite Jahr dem generativen Wachstum (Miedaner 2014). Bevorzugt wächst die Zuckerrübe auf tiefgründigen und fruchtbaren Böden, wie zum Beispiel Bördestandorten und degradierten Lössböden, aber auch auf beregneten Sandböden (Wind und Holtschulte 2011). Für die Keimung benötigt der Samen im Boden eine Temperatur von mindestens 5 Grad Celsius (i.d.R. übliche Aussaatzeit Mitte März) und genügend hohe Feuchtigkeit (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016).

Im ersten Vegetationsjahr (vegetatives Wachstum) bildet die Zuckerrübe den, für die Zuckerproduktion bedeutenden, konisch geformten Rübenkörper und langstielige und löffelförmige Blätter mit einer großen Blattrosette (siehe Abbildung 2) (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Sie besitzt eine Pfahlwurzel, die bis zu 1,5 Meter tief in den Boden reichen kann (Miedaner 2014).

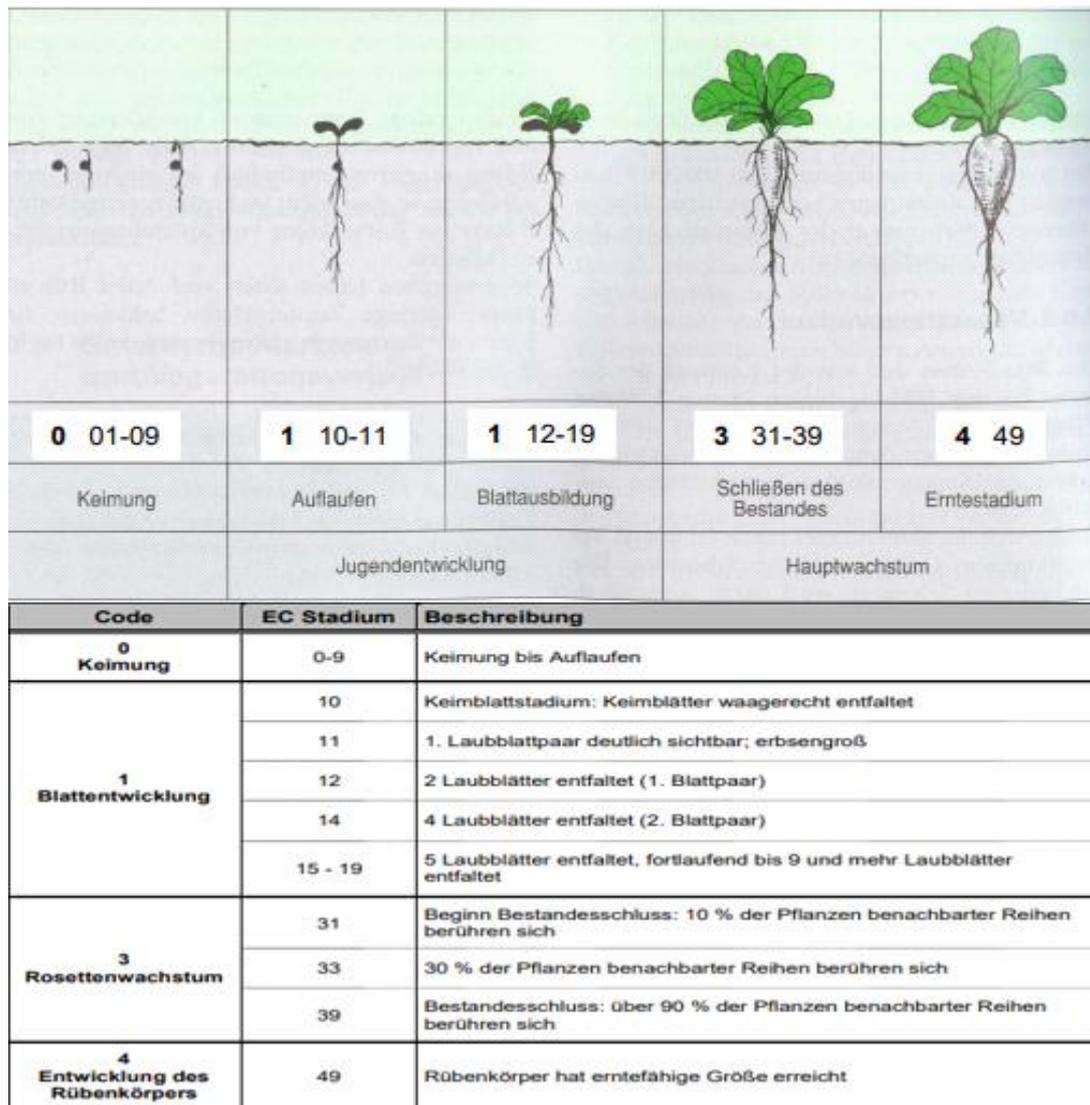


Abbildung 2: Entwicklungsstadien der Zuckerrübe im ersten Vegetationsjahr

(Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2015)

Wie in der Abbildung 2 zu erkennen, durchläuft der Rübenkörper der Zuckerrübe ab der Jugendentwicklung im ersten Vegetationsjahr verschiedene Stadien des sekundären Dickenwachstums, welcher nach der Entfaltung der Keimblätter beginnt (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Das sekundäre Dickenwachstum wird mit der Bildung des ersten Kambiums (siehe Abbildung 3) aus der äußeren Schicht des Zentralzylinders (zentraler Teil der Wurzel) induziert (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Der zweite Kambiumring wird vom Phloemparenchym und den undifferenzierten Prokambiumzellen des ersten Kambiumringes gebildet, was bedeutet, dass alle nachfolgenden Kambiumringe jeweils Abkömmlinge des vorangegangenen Kambiumringes sind (Hoffmann 2006). Im Verlauf des sekundären

Dickenwachstums bildet der Rübenkörper zwischen 8 und 12 Kambiumringe (siehe Abbildung 3) (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016).

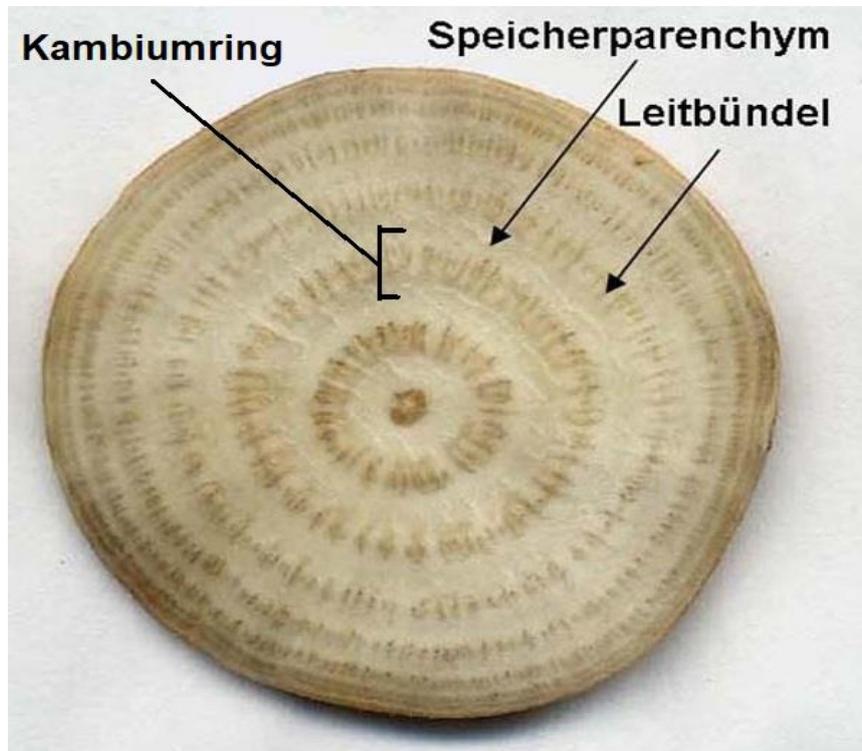


Abbildung 3: Querschnitt einer Zuckerrübe

(Quelle: Kenter 2014, modifiziert)

Die in den Blättern produzierte Saccharose, wird ohne vorherige Hydrolyse über das Phloem in den Leitbündeln (siehe Abbildung 3) zur Speicherwurzel transportiert und durch Diffusion an die Parenchymzellen abgegeben (Hoffmann 2006). Hier wird in den Vakuolen der Parenchymzellen, welche sich zwischen den einzelnen Kambiumringen befinden (siehe Abbildung 3), die Saccharose gespeichert (Hoffmann 2006).

Die Ernte der Zuckerrübe erfolgt im ersten Vegetationsjahr, da in dieser Zeit der Zucker - wie oben beschrieben - im Rübenkörper gespeichert wird und für das zweite Vegetationsjahr als Reservestoff der Pflanze dient (Miedaner 2014). Zum Erreichen der technischen Reife des Rübenkörpers (EC-Stadium 49, siehe Abbildung 2), welche meist in der zweiten Septemberhälfte erreicht wird, benötigt die Pflanze ca. 180 bis 220 Vegetationstage und eine Temperatursumme von 2500 bis 2900 Grad Celsius (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Die optimale Temperatur während der Hauptwachstumsphase liegt zwischen 20 und 25 Grad Celsius (Wind und Holtschulte 2011). Insgesamt liegt der Wasserbedarf in der vegetativen Wachstumsphase bei ca. 550 mm, wobei in den Hauptwachstumsmonaten Juli und August am meisten Wasser benötigt wird (Wind und Holtschulte 2011). In seiner erntereifen Form kann

der Rübenkörper ein Gewicht von 1,2 Kilogramm mit einem Zuckeranteil bis zu 20% aufweisen (Miedaner 2014).

Im zweiten Vegetationsjahr (generatives Wachstum) bildet die Zuckerrübe eine, bis zu 2 Meter hohe, verzweigte Infloreszenz (Schosser), welche zwittrige Blüten mit einfachem Perianth in ursprünglich knäueligen Teilblütenständen trägt (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). „Es bilden sich Samenknäuel mit mehreren, miteinander verwachsene, keimfähigen Samen“ (Miedaner 2014). Die Zuckerrübe kann durch Spätfröste und/oder durch längere Kälteperioden zwischen 0 bis 8 Grad Celsius nach der Aussaat unplanmäßig schon im ersten Vegetationsjahr in das generative Wachstum übergehen und eine Schossinduktion einleiten (Miedaner 2014). Dabei bildet die Pflanze sogenannte „Frühschossen“, deren Auftreten zu Konkurrenz im Pflanzenbestand, Mindererträgen und Ernteerschwernissen führt (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016).

### 3.1.3 Bestandsführung

Folgend wird nur die Bestandsführung der Zuckerrübe im ersten Vegetationsjahr (vegetativen Wachstum) beschrieben.

### **Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Aussaat**

Für die Grundbodenbearbeitung zur Zuckerrübe gibt es keine einheitliche Empfehlung, da hier Aspekte wie Bodenverhältnisse, Oberflächengestaltung des Geländes und Klimalage des Standortes zu berücksichtigen sind (Wind und Holtschulte 2011). Ziel dieser primären Bodenbearbeitung - mittels Einsatz von wendenden oder nicht wendenden Arbeitswerkzeugen in Tiefen von 25 bis 35 cm - ist die Schaffung einer Grenzlinie zwischen Ober- und Unterboden (Wind und Holtschulte 2011). Um das Wurzelwachstum auch in den Unterboden zu erleichtern, sollte diese Grenzlinie so durchlässig wie möglich bleiben (Wind und Holtschulte 2011).

Folgende Bodenbearbeitungssysteme sind in diesem Zusammenhang zu unterscheiden:

- Sommer-, Herbst oder Frühjahrsfurche mit und ohne Zwischenfrucht
- Mulchsaat mit Bodenbearbeitung mit und ohne Zwischenfrucht
- Mulchsaat ohne Bodenbearbeitung

(Wind und Holtschulte 2011)

Die Gründe für den Anbau von Zwischenfrüchten sind Schutz der Bodenoberfläche gegen Strukturschäden durch Niederschläge, Verhinderung von Bodenabtrag durch Erosion und Aufnahme von Nährstoffen und deren Konservierung zur Verhinderung des Eintrags in den Untergrund. Für die Mulchsaat sollten nicht-winterharte Kulturen, wie Senf oder Ölrettich als Zwischenfrucht eingesetzt werden, damit sie über den Winter abfrieren und das abgestorbene Pflanzenmaterial als Zwischenfruchtmulch dient (Wind und Holtschulte 2011). Langjährige Versuche in Südniedersachsen auf Lehmböden mit hohem Lößanteil von 1993 bis 2008 zeigten, dass die Frühjahrsfurche mit Zwischenfrucht (Senf) und die Mulchsaat mit Zwischenfrucht (Senf) in Kombination mit einer Saatbettbereitung gleich hohe Erträge erbringen (Wind und Holtschulte 2011). Beim Zuckerrübenanbau ist die Ertragsleistung mit und ohne Pflug daher gleichzusetzen (Wind und Holtschulte 2011).

Die Saatbettbereitung spielt sich in den oberen 10 cm des Bodens ab und sollte den Zuckerrübensamen optimale Startbedingungen bieten (Wind und Holtschulte 2011). In dieser Schicht wird der Mulch bei Mulchsaat zerkleinert und oberflächlich untergemischt (Wind und Holtschulte 2011). Bei Pflugeinsatz und Mulchsaat sollten außerdem gröbere Erdklumpen zerkleinert und der Boden gelockert werden, wobei der Boden andererseits auch gerade ausreichend rückverfestigt sein sollte (Wind und Holtschulte 2011). Der Einsatz einer Kreisel- oder Scheibenegge ist hierbei zu empfehlen (Wind und Holtschulte 2011). Es ist darauf zu achten, dass das Saatgut beim Einbetten eine rückverfestigte Erdaufgabe mit gerade genügend Feuchtigkeit für den Keimvorgang benötigt (Wind und Holtschulte 2011). Für den Zugang von Wärme, Luft und Wasser ist eine ausreichend lockere Erdaufgabe - bei geringer Durchwachsbehinderung des Keimlings - notwendig (Wind und Holtschulte 2011). An der Grenze zwischen der lockeren oberen Schicht und der rückverfestigten Schicht des Saatbetts sollte kein Schmierhorizont durch das Befahren bei zu feuchten Bedingungen entstehen, da sich sonst sogenannte „beinige Rüben“ bilden können, aufgrund dieser schwer zu durchdringenden Schicht (Wind und Holtschulte 2011). Das kapillare Potential des Wassers im Boden sollte das Saatgut auf der rückverfestigten Auflage erreichen (Wind und Holtschulte 2011).

In Deutschland ist das überwiegend mechanisch arbeitende Einzelkornsägerät die verbreitetste Saattechnik im Zuckerrübenanbau (Wind und Holtschulte 2011). Die Zuckerrüben werden üblicherweise in 45 cm Reihenabständen und 18 - 20 cm Abständen in den Reihen gesät (Wind und Holtschulte 2011). Die optimale Saattiefe liegt ca. bei 2,5 cm Tiefe, richtet sich aber nach örtlichen Vorgaben und Witterungsbedingungen (Wind und Holtschulte 2011). So sollte bei trockenen Frühjahren das Saatgut tiefer abgelegt werden als in nassen (Wind und Holtschulte

2011). Die Aussaatstärke sollte 110.000 Samen pro Hektar betragen, damit auch nach eventuellen Ausfällen durch problematische Witterungsbedingungen der Pflanzenbestand zwischen 80.000 und 100.000 Pflanzen liegt (KWS SAAT SE & Co. KGaA 2020). Der Aussaattermin liegt in Mitteldeutschland meist in der zweiten Märzhälfte, wenn der Boden die Mindestkeimtemperatur von 5 Grad Celsius erreicht und die Gefahr von Spätfrösten gering ist (Wind und Holtschulte 2011). Die Sortenwahl sollte standortangepasst erfolgen, wobei Kriterien wie bereinigter Zuckergehalt, Hektarertrag, Feldaufgang, Schoßresistenz und Resistenzen oder Toleranzen gegenüber standortrelevanten Blatt- und Rübenkrankheiten und Nematoden zu berücksichtigen sind (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2015).

### **Nährstoffversorgung**

Vor den Düngegaben sollte eine Bodenuntersuchung auf Nährstoffe vorgenommen werden, um die Düngung den einzelnen Nährstoffen der Pflanze anzupassen (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Untersuchungen von ARGE NORD im Jahr 2009 besagen, dass das optimale Stickstoffangebot bei 120 – 140 kg pro Hektar liegt (Wind und Holtschulte 2011). Die Stickstoffdüngung erfolgt dann im Frühjahr unter Berücksichtigung des N-min Gehaltes im Boden, wobei die Gabe - wegen möglicher Versalzungsschäden - nicht mehr als 100 kg N zur Saat betragen sollte (Wind und Holtschulte 2011). Der Zeitpunkt der Grunddüngung mit Phosphor und Kalium ist nicht entscheidend und erfolgt in der Regel im Herbst oder im Frühjahr vor der Saat (Wind und Holtschulte 2011). Die Höhe der Kalium- und Phosphordüngung sollte sich nach dem Entzug richten. So ist bei einem angestrebten Hektarertrag von 65 Tonnen pro Hektar 160 kg  $K_2O$  und 65 kg  $P_2O_5$  zu streuen (Wind und Holtschulte 2011). Der Entzug von Magnesium beträgt bei der Zuckerrübe ca. 50 kg pro Hektar und wird meistens in Kombination mit anderen Düngern (40 Kornkali, 40%  $K_2O$  und 6%  $MgO$ ) ausgebracht (Wind und Holtschulte 2011). Bei Mangelerscheinungen bei dem Spurenelement Bor kann eine schnellwirkende Blattdüngung zusätzlich eingesetzt werden (Wind und Holtschulte 2011).

## **Pflanzenkrankheiten**

Zuckerrüben sind einer Vielzahl von Krankheitserregern und tierischen Schaderregern ausgesetzt, die einen ertrags- und qualitätsbetonten Zuckerrübenanbau beeinträchtigt. Eine Bestandsführung im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes (Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird) kann vielen Krankheitserregern und Schädlingen vorbeugen und nach Befallsbeginn eindämmen (Wind und Holtschulte 2011).

Krankheiten werden durch Viren, Pilze oder Bakterien ausgelöst, welche alle mit unterschiedlichen Schadbildern verbunden sind. Die Wahl des richtigen Saatgutes hilft, derartigem Befall vorzubeugen. Züchterische Fortschritte verwirken hohe Toleranzen gegen die pilzlichen Schaderreger *Cercospera* und *Rhizoctonia* und gegen den viralen Schaderreger *Rizomania* (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Die Beizausstattung des Zuckerrübensaatgutes enthält Fungizide, welche gegen pilzliche Auflaufkrankheiten wie Wurzelbrand und *Rhizoctonia*-Wurzelfäule wirksam sind (Betaseed 2019). Weitere Pilzkrankheiten der Zuckerrübe sind z.B. *Fusarium*-Wurzelfäule, späte Rübenfäule, *Cercospera*-Blattflecken, *Ramularia*-Blattflecken, echter Mehltau, Rübenrost und *Fusarium*-Umfallkrankheit (Wind und Holtschulte 2011). Gegen *Cercospera*-Blattflecken, *Ramularia*-Blattflecken, echter Mehltau und Rübenrost sind wirksame chemische Pflanzenschutzmittel zugelassen, die nach Erreichen der Behandlungsschwelle eingesetzt werden sollten, wobei der Behandlungstermin wichtiger als die Wirkstoffmittelwahl ist (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Viren und Bakterien können nicht mit chemischen Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden (Wind und Holtschulte 2011). Viruskrankheiten sind z.B. viröse Wurzelbärtigkeit, nekrotischer und milder Rübenvergilbungsvirus und Rübenmosaikvirus (Wind und Holtschulte 2011). Bakterielle Krankheiten sind z.B. bakterielle Blattfleckenkrankheit der Zuckerrübe und Syndrome des *basses richesses* (SBR) (Wind und Holtschulte 2011) (Schröder, Rissler und Schrameyer 2012). SBR wird im weiteren Verlauf der Bachelorarbeit beschrieben.

Tierische Schaderreger sind z.B. Insekten wie der Moosknopfkäfer, die schwarze Bohnenlaus, die grüne Pfirsichblattlaus, die Rübenfliege, der Erdfloh und die Schilf-Glasflügelzikade, Insektenlarven wie der Drahtwurm des Saatschnellkäfers und Fadenwürmer wie die

Rübenzystennematode (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020) (Pfitzer, et al. 2019). Bei Standorten mit Nematodenverdacht sollten Nematoden tolerante Zuckerrübensorten gewählt werden (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Die Beizausstattung des Zuckerrübensaatgutes kann neben Fungiziden auch zusätzlich mit Insektiziden gewählt werden, welche die junge Zuckerrübenpflanze unterirdisch gegen den Moosknopfkäfer, den Drahtwurm des Saatschnellkäfers und andere bodenbürtige Schaderreger schützt (Betaseed 2019). Viele Insekten können mit chemischen Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden, was nach Erreichen der jeweiligen Bekämpfungsschwelle erfolgen sollte (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Das Schadbild durch tierische Schaderreger ist meist mit Fraßschäden verbunden, wobei Insekten wie die grüne Pfirsichblattlaus, die schwarze Bohnenlaus und die Schilf-Glasflügelzikade virale und bakterielle Krankheitserreger übertragen können (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020) (Pfitzer, et al. 2019). Die Schilf-Glasflügelzikade dient als Hauptvektor für die bakterielle Krankheit SBR und wird im weiteren Verlauf der Bachelorarbeit beschrieben (Pfitzer, et al. 2019).

### **Unkrautbekämpfung und Ungräserbekämpfung**

Die Bekämpfung von Unkräutern erfolgt meist über zwei oder mehr Nachauflaufbehandlungen im Keimblattstadium (folgend: NAK) mit Blatt- und Bodenherbiziden (Bauer 2020). Optimale Behandlungsbedingungen findet man vor, sobald sich die Unkräuter im Keimblattstadium befinden, die Temperaturen zwischen 5 und 20 Grad Celsius liegen und eine mittlere Bodenfeuchtigkeit herrscht (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Je nach Standortbedingungen werden die Mittelmengen und die Komponenten der Herbizidgrundmischung der vorhandenen und zu erwartenden Verunkrautung angepasst (Bauer 2020). Die erste NAK erfolgt kurz nach dem Auflaufen der Zuckerrübe und die zweite NAK kurz nach dem Auflaufen der neuen Unkräuter (Bauer 2020). Das Ziel - neben der vollständigen Bekämpfung von Unkräutern - ist der Aufbau eines Depots von Bodenwirkstoffen, um Spätverunkrautung zu verhindern (Bauer 2020). Um Herbizidresistenzen vorzubeugen, sollten möglichst Wirkstoffe mit unterschiedlichen Wirkmechanismen kombiniert werden

(Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Übliche, zu erwartende Unkräuter sind z.B. Melde, Weißer Gänsefuß, Hundspetersilie, Hirtentäschelkraut, Bingelkraut, Klettenlabkraut, echte Kamille, Vogelmiere, Taubnessel usw. (Wind und Holtschulte 2011).

Ungräser, wie z.B. Ackerfuchsschwanz, Quecke, Windhalm, Flughafer, einjährige Risppe und Ausfallgetreide, sind optimal zwischen dem 3-Blatt-Stadium und dem Bestockungsbeginn zu bekämpfen (Wind und Holtschulte 2011). Wichtig dabei ist, dass möglichst alle Ungräser aufgelaufen sind, da Gräserherbizide nicht bodenwirksam sind (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Auch hier ist durch Wirkstoffwechsel einer Herbizidresistenz vorzubeugen (Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 2020). Unkrautrüben (Schosser) können durch Herbizide nicht beseitigt werden und müssen durch Hackarbeiten entfernt werden (Wind und Holtschulte 2011).

### **Ernte und technologische Qualitäten**

Je nach Region beginnt die Zuckerrübenernte meist um den 15. September und endet im Dezember (Wind und Holtschulte 2011). Die Verarbeitung der Zuckerrübe in Fabriken beginnt mit Erntebeginn und dauert z.B. in der Zuckerfabrik Wabern ca. 120 Tage (Vorholzer 2020). Die Zuckerrübe sollte zur Ernte möglichst die „technologische Reife“ erreicht haben, damit der Anteil an Nichtzuckerstoffen möglichst gering ist (Wind und Holtschulte 2011). Das Blatt-Rübe-Verhältnis liegt dann bei etwa 0,7:1 (Wind und Holtschulte 2011). Die gängigste Erntetechnik in Deutschland ist die sechsreihige, selbstfahrende Köpfrödebunkermaschine, welche die Rübe aus der Erde holt und die Blattmasse entfernt (Diepenbrock, Ellmer und Léon 2016). Zuckerrüben werden nach dem Roden am Feldrand auf sogenannten Rübenmieten gelagert. Bei Frostgefahr sollten die Rübenmieten mit Vlies zugedeckt werden, um sie vor Frostschäden zu schützen (Wind und Holtschulte 2011).

In der Zuckerfabrik wird die Rübe in Stichproben auf folgende Inhaltsstoffe untersucht, die aus zuckertechnologischer Sicht bedeutsam sind:

- Zuckergehalt                      ZG                      in % auf Rübe
- Kaliumgehalt                      K                      in mmol/100g Rübe
- Natriumgehalt                      Na                      in mmol/100g Rübe
- Alpha-Amino-Gehalt              AmN                      in mmol/100g Rübe

(Wind und Holtschulte 2011). K, Na und AmN werden als Melassebildner zusammengefasst und behindern bei steigendem Anteil im Dicksaft die Ausbeute des theoretisch im Rübenkörper enthaltenden Zuckers (ZG) (Wind und Holtschulte 2011). Daher wird aus angelieferten Rüben weniger Zucker gewonnen als der in der Rübe gemessene theoretische Zuckergehalt (Wind und Holtschulte 2011). „Die Differenz zwischen dem theoretischen Zuckergehalt (ZG) und dem tatsächlich gewinnbaren, also um den Melassebildner Bereinigten Zuckergehalt (BZG) ist der Ausbeuteverlust (AV)“ (Wind und Holtschulte 2011).

#### 3.1.4 Aktuelle Situation des Zuckerrübenanbaus

Mit dem voranschreitenden Klimawandel verändert sich auch der Zuckerrübenanbau in den gemäßigten Temperaturzonen. Kremer zeigte in Untersuchungen im Jahr 2017 in Südhessen die Auswirkungen des Klimawandels auf den Zuckerrübenanbau. In Südhessen wurde von 1881 bis 2014 ein Temperaturanstieg von 1,4 Grad Celsius festgestellt. Dies bedeutet, dass durch diese verlängerte jährliche Warmphase der Zuckerrübe ein längerer Vegetationszeitraum zur Verfügung steht und sich somit das Zuckerertragspotential erhöht. Ertragsdatenreihen, welche vom Züchtungsfortschritt bereinigt wurden, zeigten im Untersuchungszeitraum von 1991 bis 2012 eine ertragssteigende Tendenz. Im Untersuchungsgebiet hatten sich die Witterungsparameter positiv auf den Zuckerertrag ausgewirkt. Weiterhin wurde ersichtlich, dass sich die Aussaat der Zuckerrübe in den Jahren 1971 bis 2014 zwischen 7 bis 14 Tage vorverlagert hat, bei gleichzeitig sinkendem Risiko für Spätfröste. Auch im Bereich der Pflanzenentwicklung konnte festgestellt werden, dass sich der Reihenschluss der Zuckerrübe in den Jahren 1971 bis 2014 um 14 bis 20 Tage vorverlagert hat. Die klimatischen Veränderungen haben somit einen Teil zum vergangenen Ertragsanstieg beigetragen. Jedoch wird für die Zukunft eine tendenzielle Abnahme der Niederschlagsmenge während der Hauptwachstumsphase von Juni bis September prognostiziert. Eine Änderung der Witterung

hin zu im Mittel trockeneren Sommern und feuchteren Wintern ist anzunehmen und steht einer Ertragsausweitung durch die höheren Temperaturen konträr entgegen.

Zusätzlich wird erwartet, dass in Zukunft die Temperaturen den optimalen Wachstumstemperaturbereich der Zuckerrübe, der - wie in 3.1.2 beschrieben - zwischen 20 und 25 Grad Celsius liegt, häufiger als aktuell zwischen April und Oktober überschritten wird. Eine aktive Verlagerung des Zuckerrübenbaus auf Flächen mit höherer Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser und damit einem höheren Pufferpotential wird notwendig und ist daher zu erwarten. Wasserunterversorgung steht dem schnelleren Wachstum auch hier entgegen. (Kremer 2017)

Vom skizzierten Temperaturanstieg werden auch Krankheiten und Schädlinge in Ihrer Epidemiologie beeinflusst. So wird bspw. bei der Heterodera-Nematode, welche aktuell im Schnitt 3,7 Generationen pro Jahr entwickelt, in Zukunft ein Schnitt von 4,8 Generationen erwartet (Kremer 2017). Auch Schädlinge, wie zum Beispiel die Schilf-Glasflügelzikade und die Rübenmotte, profitieren von dem Klimawandel, da durch die wärmeren Jahre längere Flugzeiten und mehrere Generationen pro Jahr erwartet werden (Kremer 2017).

Im Bereich der pilzlichen Pflanzenkrankheiten wurde aktuell bereits ein Anstieg des Behandlungsindex festgestellt. Für den epidemiologischen Verlauf von Cercospora-Blattflecken wird zukünftig im Mittel ein früheres Auftreten prognostiziert (Kremer 2017).

Auch die Entwicklung des Zuckermarktes wirkt sich auf den Zuckerrübenanbau aus. Seitdem die Europäische Zuckermarktordnung am 30. September 2017 ausgelaufen ist, ist der Zuckerpreis im EU-Binnenmarkt drastisch gesunken (Zinke 2020). Vor dem Auslauf im Juni 2017 belief sich der Weißzuckerpreis im EU-Binnenmarkt auf ca. 500 €/Tonne. Aktuell (Stand Januar 2020) liegt der Preis bei ca. 380 €/Tonne Weißzucker (Zinke 2020). Im Januar 2019 erreichte der Zuckerpreis einen historischen Tiefpreis von 312 €/Tonne Weißzucker (Zinke 2020). Zuckerunternehmen verbuchen durch diesen Preisverfall drastische Umsatzrückgänge, was wiederum weitere Schließungen von Zuckerfabriken zur Folge hat (Zinke 2020). Das börsennotierte Zuckerunternehmen Südzucker schloss im Jahr 2019 fünf Zuckerfabriken, davon zwei in Deutschland (Eckinger 2019). Ableitend sinkt auch die Zahl der Rübenproduzenten incl. der gesamten Zuckerrübenanbaufläche in Deutschland (Zinke 2020). Zusätzlich zum niedrigen Zuckerpreis im EU-Binnenmarkt kommt es zu einer Wettbewerbsverzerrung innerhalb Europas, da in manchen Ländern - wie zum Beispiel Polen

oder Tschechien - Subventionen pro Hektar angebaute Zuckerrüben an einheimische Bauern gezahlt werden (Zinke 2020).

Auch das Verbot von Wirkstoffen im Bereich des Pflanzenschutzes hat erhebliche Auswirkungen auf die Produktionskapazitäten im Zuckerrübenanbau. Die aktuelle Zulassungssituation von Pflanzenschutzmittel in Deutschland stellt den Zuckerrübenanbau vor große Herausforderungen. Mit dem Wegfall etablierter Lösungen müssen nun alternative Konzepte entwickelt werden, welche einen zeitlichen Vorlauf benötigen und derzeit unzureichend verfügbar sind (Ladewig, et al. 2018). Beispielsweise ist die Beizung des Zuckerrübensaatgutes mit neonicotinoiden Wirkstoffen in Deutschland seit dem Jahr 2018 verboten, was zu einem Anstieg des Insektizidaufwands, bei gleichzeitig reduzierter Effizienz in der Schädlingsbekämpfung führte und damit höheren Kosten und Ertragsrisiken im Zuckerrübenanbau (Zinke 2020). Generell sind für den Zuckerrübenanbau nur fünf Insektizide zugelassen, wovon vier den gleichen Wirkmechanismus aufweisen, was zukünftig zu Problemen im Resistenzmanagement führen kann. Für ein wirksames Resistenzmanagement sollten mindestens drei verschiedene Wirkmechanismen zur Verfügung stehen (Dabbelt 2020). Für Fungizide sind sechs Wirkstoffe mit drei verschiedenen Wirkmechanismen zugelassen und für Herbizide 16 Wirkstoffe mit sieben verschiedenen Wirkmechanismen (Dabbelt 2020). Jedoch werden auch hier zukünftig Zulassungen für Wirkstoffe wegfallen (Dabbelt 2020).

## 3.2 Syndrome des basses richesses (SBR)

### 3.2.1 Verbreitung von SBR in Deutschland

Die Zuckerrübenkrankheit „Syndrome des basses richesses“ (folgend: SBR) wurde erstmals 1991 in Burgundy, Frankreich beschrieben (Gatineau, et al. 2002). 2009 wurde diese Krankheit erstmalig in Deutschland im Landkreis Heilbronn an einer Zuckerrübe nachgewiesen, nachdem Symptome dieser Krankheit bereits im Vorjahr zu erkennen waren (Schröder, Rissler und Schrameyer 2012). Seitdem findet eine starke Ausbreitung dieser Krankheit in Deutschland statt (J. Müller 2019), wobei 2018 das bisher stärkste Auftreten von SBR in Deutschland verzeichnet wurde (Pfitzer, et al. 2019). In Baden-Württemberg wurden 2018 ca. 20.000 Hektar Zuckerrüben angebaut, wovon ca. 15.000 Hektar (75%) im SBR-Befallsgebiet lagen und ca. 8.000 Hektar (40%) schwer befallen waren (Pfitzer, et al. 2019). In der Elbaue lagen von insgesamt ca. 10.300 Hektar angebaute Zuckerrübenfläche ca. 1.200 Hektar (11,7%) im SBR-

Befallsgebiet; ca. 600 Hektar (5,8%) waren hiervon schwer befallen (Pfitzer, et al. 2019). Stand 2019 sind die Hauptbefallsgebiete Baden-Württemberg, das angrenzende Rheinland-Pfalz und die Elbaue der neuen Bundesländer (J. Müller 2019). Zudem wurden bundesweit aus Zuckerrübenanbaugebieten Verdachtsfälle gemeldet, die sich teilweise als positiv bestätigt haben (J. Müller 2019). In Wabern (Nordhessen) wurde 2019 eine symptomtragende Zuckerrübe auf SBR untersucht und bestätigt (Vorholzer 2020).

SBR kann in Zuckerrüben durch ein  $\gamma$ -3-Proteobakterium „*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*“ (folgend: Proteobakterium) und/oder einem Phytoplasma der Stolbur-Gruppe „*Candidatus Phytoplasma solani*“ (folgend: Phytoplasma) ausgelöst werden (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009) (Gatineau, et al. 2002). Das Proteobakterium und das Phytoplasma sind phloembeschränkte Krankheitserreger, infizieren Wurzel und Blatt und sorgen für einen reduzierten Zuckergehalt in infizierten Zuckerrübenkörpern (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009) (Gatineau, et al. 2002). Beide SBR-Auslöser können derzeit nicht kultiviert werden und werden ausschließlich über Vektoren übertragen (Sémétey, et al. 2007) (Bressan, Sémétey und Nusillard, et al. 2008). Als Hauptvektor gilt *Pentastiridius leporinus* (Linnaeus, 1761), eine Zikade der Familie Cixiidae (Bressan, Sémétey und Nusillard, et al. 2008). Im Deutschen wird diese Zikade „Schilf-Glasflügelzikade“ genannt (Mühlethaler, et al. 2019). Nach Untersuchungen im Jahr 2018 konnten Pfitzer, et al. 2019 das Proteobakterium auch in weiteren Zikadenarten feststellen, wie z.B. bei Zikaden der Gattung *Empoasca*, wie *Empoasca pteridis* und *Empoasca affinis*. Ob und in wie weit diese Zikadenarten das Proteobakterium übertragen können, wurde bisher nicht erforscht.

### 3.2.2 Beschreibung „*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*“

*Domäne: Bakterien; Abteilung: Proteobacteria; Klasse: Gammaproteobacteria; Ordnung: Enterobacterales; Familie: Morganellaceae; Gattung: Arsenophonus; Spezies: Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* (Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH 2019)

Bakterien aus der Gattung *Arsenophonus* sind weitverbreitete Endosymbionten von Gliederfüßlern und kolonisieren häufig das Mixocoel des Wirtes (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). Die Taxonomie der Gattung *Arsenophonus* erfolgt über die 16S ribosomale Gensequenz (Novakova, Hypsa und Moran 2009). *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* besiedelt das Phloem der Pflanze und hat einen Durchmesser von 0,28 –

0,32 µm und eine Länge von 2,0 – 2,5 µm (Pfitzer, et al. 2019). Es wird von phloemsaugenden Zikaden der Familie Cixiidae übertragen und stellt für Zuckerrüben als auch Erdbeeren ein Pathogen dar (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). In Zuckerrüben ist *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* neben dem Phytoplasma *Candidatus Phytoplasma solani* (siehe 2.2.2) für SBR verantwortlich (Pfitzer, et al. 2019). In der Ätiologie von SBR ist *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* der Hauptverursacher (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). Als Hauptvektor für *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* als SBR-Bakterium gilt die Schilf-Glasflügelzikade (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). Infizierte weibliche Zikaden übertragen *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* vertikal an durchschnittlich 30% der Nymphen der nächsten Generation (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). Viele Nymphen infizieren sich jedoch mit *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* durch das Saugen an infizierten Zuckerrübenwurzeln im Boden (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* besiedelt in der Schilf-Glasflügelzikade das Zytoplasma, ist oft filamentös und bildet lange Stäbchen (Pfitzer, et al. 2019). Derzeit ist es nicht möglich, *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* in vitro außerhalb seines Wirtes zu kultivieren (Pfitzer, et al. 2019). *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* kann mit einer „nested Polymerase Chain Reaction“ (PCR) auf 16S-ribosomale DNA oder mittels Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) nachgewiesen werden (Pfitzer, et al. 2019).

### 3.2.3 Beschreibung „*Candidatus Phytoplasma solani*“

*Domäne:* Bakterien; *Abteilung:* Tenericutes; *Klasse:* Mollicutes; *Ordnung:* Achleplasmatales; *Familie:* Achleplasmataceae; *Gattung:* *Candidatus Phytoplasma*; *Spezies:* *Candidatus Phytoplasma solani* (EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2014)

Phytoplasmen sind pleomorphe (vielgestaltige), zellwandlose und phloembeschränkte Bakterien, die der Klasse der Mollicutes angehören und mit der provisorischen Gattung „*Candidatus Phytoplasma*“ klassifiziert werden (Marccone 2014). Charakteristisch für Phytoplasmen ist ihr kleines Genom, welches eine Größe zwischen 530 und 1350 Kilobasen (1 Kilobase = 1000 Basenpaare) aufweist (Marccone 2014). Die Taxonomie der Phytoplasmen basiert grundsätzlich auf der 16S ribosomalen Gensequenz. *Candidatus Phytoplasma solani* (auch Stolburphytoplasma genannt) wird, wie auch *Candidatus Phytoplasma australiense*, *Candidatus Phytoplasma japonicum* und *Candidatus Phytoplasma fragariae*, der taxonomischen Gruppe 16SrXII zugewiesen, welche eine große Anzahl von wilden und

kultivierten Pflanzen befallen können (Quaglino, et al. 2013) (Aryan, et al. 2014). Das auch für SBR in Zuckerrüben verantwortliche Phytoplasma *Candidatus Phytoplasma solani* ist bei Nachtschattengewächsen verantwortlich für die Stolbur-Krankheiten und bei Weinreben für die „bois noir“-Krankheiten (Quaglino, et al. 2013) (EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2014). Weitere Kulturpflanzen, die von *Candidatus Phytoplasma solani* befallen werden können, sind: Sellerie, Mais, Erdbeeren und Lavendel (EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2014). In Pflanzen besiedeln Phytoplasmen die Zellen der Siebelemente des Phloems und werden zu anderen Pflanzen durch phloemsaugende Zikaden der Familie Cixiidae übertragen, wo sie verschiedene Zelltypen des Vektorinsektes besiedeln (Quaglino, et al. 2013). Phytoplasmen können in Insekten in den Verdauungsorganen, Speicheldrüsen und intrazellulär in Organen nachgewiesen werden (Pfitzer, et al. 2019). Bisher konnten *Candidatus Phytoplasma solani* nicht außerhalb des Wirtes in vitro kultiviert werden (Seruga Music, et al. 2019). Es ist möglich, dass Phytoplasmen in manchen Fällen mütterlicherseits von infizierten weiblichen Zikaden an die nächste Generation übertragen werden können (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). In der Ätiologie von SBR zeigten Felduntersuchungen, dass *Candidatus Phytoplasma solani*, im Gegensatz zu dem  $\gamma$ -3-Proteobakterium *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*, eine untergeordnete Rolle spielt (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009). *Candidatus Phytoplasma solani* kann mit einer „nested Polymerase Chain Reaction“ (PCR) auf 16S-ribosomale DNA nachgewiesen werden (Bressan, Sémétey und Arneodo, et al. 2009).

### 3.2.4 Pathogenese, Symptome, Auswirkung und Sorteneignung

SBR kann in Zuckerrüben - wie in 3.2.1 und 3.2.2 erklärt - von einem Proteobakterium und ein Phytoplasma ausgelöst werden, wobei eine Infektion mit beiden Erregern gleichzeitig möglich ist (Pfitzer, et al. 2019). „In Abhängigkeit des Erregers kann die Biomassebildung der Blätter (Proteobakterium) oder Rüben (Phytoplasma) stärker beeinträchtigt werden“ (Pfitzer, et al. 2019). Infizierte Pflanzen weisen einen reduzierten Zuckergehalt von bis zu 5% absolut auf und eine Reduzierung der Frischmasse um bis zu 25% gegenüber gesunden Pflanzen (Pfitzer, et al. 2019). Ab Mai, wenn der Flug der Schilf-Glasflügelzikade beginnt, werden durch sie die Erreger durch Saugen an den Pflanzen übertragen. Der SBR-Befall äußert sich dann im Spätsommer anhand verschiedener Symptome. Im allgemeinen wirken Zuckerrübenbestände bei SBR-Befall vergilbt (siehe Abbildung 4), da die äußeren bzw. älteren Blätter Nekrosen und Chlorosen bilden, wobei die Blattadern grün bleiben (Pfitzer, et al. 2019).



*Abbildung 4: Großflächige Vergilbung eines Zuckerrübenfeldes durch SBR-Befall*

*(Quelle: Strube D&S GmbH 2020)*

Neu entwickelte Herzblätter weisen Deformationen, wie Verschmälerung, Verkleinerung und Asymmetrien auf (siehe Abbildung 5) (Pfitzer, et al. 2019).



*Abbildung 5: Gesunde Herzblätter (links), Herzblätter bei SBR-Befall (rechts)*

*(Quelle: Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau 2021)*

Als deutlichstes Anzeichen für einen SBR-Befall gilt das Verbräunen der Gefäßleitbündel im Rübenkörper (siehe Abbildung 6).



*Abbildung 6: Gesunder Rübenkörper (links), Rübenkörper mit SBR-Befall (rechts)*

*(Quelle: Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau 2021)*

Durch die genannten Symptome ist eine visuelle Diagnostik von SBR möglich. Eindeutige Gewissheit, ob ein Befall mit SBR vorliegt, liefert nur eine Laboruntersuchung.

Um die Auswirkungen eines Befalls von SBR zu reduzieren, empfiehlt sich in Befallsgebieten der Anbau toleranter Sorten. Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz im Jahr 2019 und 2020 zeigten, dass die Zuckerrübensorten BTS 7300 N (Hersteller: Betaseed GmbH), Lunella (Hersteller: KWS SAAT SE & Co. KGaA), Racoon (Hersteller: SESVANDERHAVE), Rhinema (Hersteller: MariboHilleshög GmbH) und Raison (Hersteller: Strube D&S GmbH) besonders tolerant gegenüber SBR, im Vergleich zu anderen Sorten, sind.

### 3.3 Schilf-Glasflügelzikade als Vektor

#### 3.3.1 Biologie und Verbreitung

*Klasse: Insecta; Unterklasse: Pterygota; Ordnung: Hemiptera; Unterordnung: Fulgoromorpha; Familie: Cixiidae; Spezies: Pentastiridius leporinus (Mühlethaler, et al. 2019)*

Zikaden der Unterordnung Fulgoromorpha (Spitzkopfizikaden), zeichnen sich aus durch ihre fest mit dem Thoraxsegment verwachsenen Hinterhüften (Mühlethaler, et al. 2019). Die *Pentastiridius leporinus* (folgend: Schilf-Glasflügelzikade) gehört zur Familie der Cixiidae (Glasflügelzikade), die einjährig ist und als Larven überwintern. Nach Mühlethaler, et al. 2019 sind Glasflügelzikaden Phloemsauger. In Europa finden sich ca. 100 Arten der Familie, davon sind ca. 30 Spezies in Mitteleuropa heimisch (Pfitzer, et al. 2019).

Ursprünglich lückenhaft, meist an nassen, zum Teil auch moorigen oder salzigen Standorten verbreitet und meist auf Schilf zu finden, tritt die Schilf-Glasflügelzikade heute in ganz Südeuropa auf Rübenfeldern auf (Mühlethaler, et al. 2019). Sie ist in Deutschland weitestgehend im gesamten Rübenanbaugebiet in Baden-Württemberg, der Südpfalz, in Südhessen und den Elbauen zu finden und breitet sich stetig weiter aus (Pfitzer, et al. 2019). Sie ist 5 bis 9 mm groß (die Weibchen sind mit 6,5 – 9 mm etwas größer als die 5 – 7 mm großen Männchen), ihre Grundfarbe ist braun, wobei das Mesonotum und das Gesicht dunkelbraun bis schwarz gefärbt sind (siehe Abbildung 7) (Biedermann und Niedringhaus 2004). Die Vorderflügel sind transparent und am Außenrand mit einem deutlichen dunklen Fleck im unteren Drittel versehen (siehe Abbildung 7) (Biedermann und Niedringhaus 2004).



Abbildung 7: Schilf-Glasflügelzikade

(Quelle: Industrieverband Agrar 2013)

Mit den nachfolgend aufgeführten, vier bestimmungsrelevanten Merkmalen grenzt sich die Schilf-Glasflügelzikade von anderen Zikaden der Familien Cixiidae ab (R. Pfitzer 2020):

- Fünf deutliche Kiele auf dem Mesonotum (Mittelbrust)
- Der Vertex (Scheitel) ist länger als breit
- 12 Dörnchen am 1. Glied des Hintertarsus (Hinterbein)
- Das Analsegment der Männchen weist einen basal entspringenden, umlaufenden Dorn auf; der Aedeagus ist schlank, drehrund, nach oben gerichtet und fast rechtwinklig gekrümmt.

### 3.3.2 Lebenszyklus und Flugverlauf

Der Lebenszyklus der Schilf-Glasflügelzikade beträgt i.d.R. eine Generation pro Jahr. Im Mai/Juni beginnt der Flug der adulten Zikaden; die Eiablage durch die Weibchen (durchschnittlich werden 48 Eier entwickelt) erfolgt in Zuckerrübennähe. Die geschlüpften Nymphen ernähren sich durch Saugen an den Zuckerrübenwurzeln im Boden (Bressan, Holzinger, et al. 2009). Es sind fünf Nymphenstadien bekannt (Mühlethaler, et al. 2019). Zum Zeitpunkt der Zuckerrübenernte befinden sich die Nymphen in der Diapause, die wiederum im zweiten und dritten Nymphenstadium stattfindet (Pfitzer, et al. 2019). Die Nymphen überleben den Wirtswechsel von Zuckerrüben auf Winterweizen und setzen ihre Entwicklung im Frühjahr im vierten und fünften Nymphenstadium fort, wobei sie sich dann von Winterweizenwurzeln ernähren (siehe Abbildung 8) (Pfitzer, et al. 2019). Je nach Kultur halten sich die Nymphen in unterschiedlichen Bodentiefen auf (Pfitzer, et al. 2019). Nach der Entwicklung zu Adulten sucht die Schilf-Glasflügelzikade erneut Zuckerrübenfelder auf (Pfitzer, et al. 2019). Die Flugphase erstreckt sich laut Mühlethaler, et al. (2019) von Mitte Mai bis Anfang August.

Pfitzer, et al. (2019) konnten jedoch im Jahr 2018 einen Flugverlauf vom 18. Mai bis 7. September feststellen und somit erstmals nachweislich das Auftreten einer zweiten Generation aufzeigen, wahrscheinlich ausgelöst durch die im Jahr 2018 hohen Temperaturen.

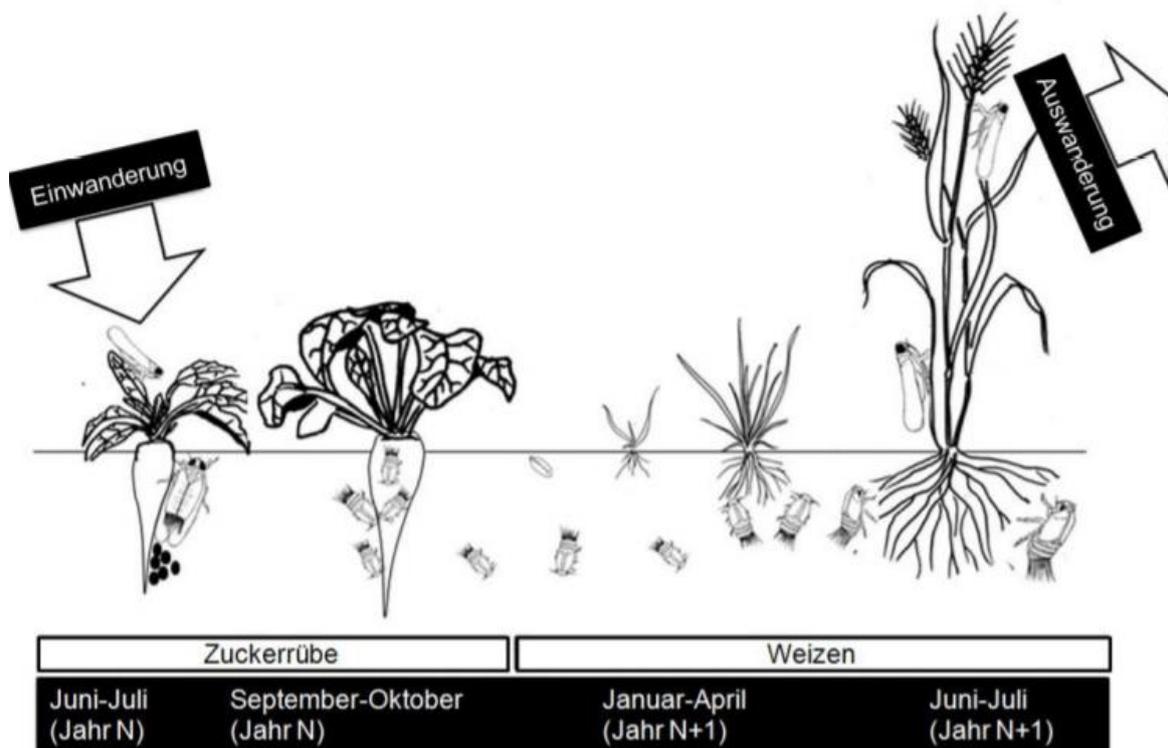


Abbildung 8: Lebenszyklus der Schilf-Glasflügelzikade

(Quelle: Pfitzer, et al. 2019)

Wie in 3.2 beschrieben, gilt die Schilf-Glasflügelzikade als Hauptvektor für das für SBR verantwortliche Proteobakterium und das für SBR verantwortliche Phytoplasma. Wie in 3.2.1 erläutert, besiedelt *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* in der Schilf-Glasflügelzikade das Zytoplasma, ist oft filamentös und bildet lange Stäbchen. Infizierte weibliche Zikaden übertragen *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* vertikal an durchschnittlich 30% der Nymphen der nächsten Generation. Viele Nymphen infizieren sich jedoch mit *Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus* durch das Saugen an infizierten Zuckerrübenwurzeln im Boden. Die genaue Interaktion zwischen *Candidatus Phytoplasma solani* und der Schilf-Glasflügelzikade ist bisher nicht nachgewiesen. Wie in 3.2.2 beschrieben, besiedeln Phytoplasmen in Insekten die Verdauungsorgane, Speicheldrüsen und intrazelluläre Organe. Es ist möglich, dass Phytoplasmen in manchen Fällen mütterlicherseits von infizierten weiblichen Zikaden an die nächste Generation übertragen werden können. Hauptsächlich nehmen Insekten Phytoplasmen indirekt durch Saugen an infizierten Pflanzen auf und verbreiten diese durch persistente Übertragung (Pfitzer, et al. 2019).

### 3.3.3 Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade

Die Bekämpfung der Zikaden durch aufgestellte Gelbstreifen oder Klebefallen hat sich vor Allem im privaten Umfeld als effektiv herausgestellt. Für einen professionellen Einsatz im Agrarumfeld ist diese Methode eher ungeeignet, da eine hohe Anzahl von Fallen aufgestellt werden müsste und diese vergleichsweise hohe Investitionen nach sich ziehen. Der damit verbundene zeitliche Faktor ist ebenfalls nicht wirtschaftlich zu rechtfertigen.

In Bezug auf den Zuckerrübenanbau hat Bressan im Jahr 2009 auf einem Standort eine Untersuchung zur Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade durchgeführt. Seine Untersuchungen zeigten, dass sich die Anzahl der Nymphen im Boden um 80% reduzieren, wenn nach der Zuckerrübe Sommergerste statt Winterweizen angebaut wird, wobei die Aussaat des Winterweizens 19 Tage nach der Zuckerrübenernte erfolgte und die der Sommergerste erst nach etwa fünf Monaten (Bressan, *Agronomic practices as potential sustainable options for the management of Pentastiridius leporinus (Hemiptera: Cixiidae) in sugar beet crops* 2009). Weiterhin wurde festgestellt, dass bei der Bodenbearbeitung mit einer Scheibenegge (10 – 15 cm Tiefe) im Vergleich zum Pflug (25 cm Tiefe) die Anzahl der adulten Zikaden um 28 % geringer war (Bressan, *Agronomic practices as potential sustainable options for the management of Pentastiridius leporinus (Hemiptera: Cixiidae) in sugar beet crops* 2009).

Untersuchungen von Pfitzer 2018 veranschaulichten, dass die Bekämpfung der Schilf-Glasflügelzikade mit chemischen Pflanzenschutzmitteln, zur Eindämmung von SBR generell möglich ist. In dieser Untersuchung wurde die Wirksamkeit von je einem Pyrethroid, Kontakt-Akarizid sowie teilsystemischen Insektizid untersucht. Hierbei stellte sich das Pyrethroid als am wirksamsten heraus (Pfitzer, et al. 2019).

## 4 Material und Methode

### 4.1 Beschreibung der gewählten Standorte mit Platzierung der Fangmethodik

Die der Untersuchung zugrunde gelegten Standorte wurden unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien ausgewählt. In Rücksprache mit der Zuckerfabrik Wabern wurden Gebiete ausgewählt, die nachweislich einen Vorbefund mit SBR hatten und die sich in ihrem näheren geografischen Einzugsgebiet befinden, um eine zusätzliche fachliche Unterstützung bei offenen Fragen durch die Mitarbeiter der Fabrik zu ermöglichen. Zusätzliche Kriterien und Gründe wurden bei der Auswahl der Flächen berücksichtigt, die sich an den Gewohnheiten und Lebensräumen der Schilf-Glasflügelzikade orientierten:

- Nähe zu Weizenschlägen, mit der Vorfrucht Zuckerrübe, da die auf den Winterweizenschlägen zu Adulten entwickelte Schilf-Glasflügelzikade erneut in der Nähe befindliche Zuckerrübenfelder befällt.
- Nähe der ausgewählten Flächen zu ständig fließenden oder stehenden Gewässern, da sich die Schilf-Glasflügelzikade in ihrem Ursprung auf Schilf in feuchten Gebieten aufhält.

Es wurden jeweils zwei Standorte in folgenden, selbst definierten Bereichen gewählt:

- Region 1 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen (Schlag 1 und Schlag 2)
- Region 2 - Nördlich von Kassel in der Nähe von Immenhausen (Schlag 3 und Schlag 4)
- Region 3 - Um Warburg (Schlag 5 und Schlag 6)
- Region 4 - Um Wabern (Schlag 7 und Schlag 8)
- Region 5 - Südlich von Schwalmstadt (Schlag 9 und Schlag 10)

Die gewählten Untersuchungsstandorte (siehe Abb. 9) befinden sich in bis zu 70 km Entfernung zur Zuckerfabrik und stellen eine durchschnittliche Anreiseentfernung möglicher Kunden dar. Ein dokumentiertes Auftreten der Zikade im näheren Umfeld würde durch die Fabrik in ihrer Kundenkommunikation Erwähnung finden.

Besonders erwähnenswert ist, dass in direkter Nachbarschaft zu Schlag 7 (ca. 5 m entfernt) im Jahr 2019 Zuckerrüben positiv auf SBR getestet wurden, jedoch das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade nicht dokumentiert wurde.

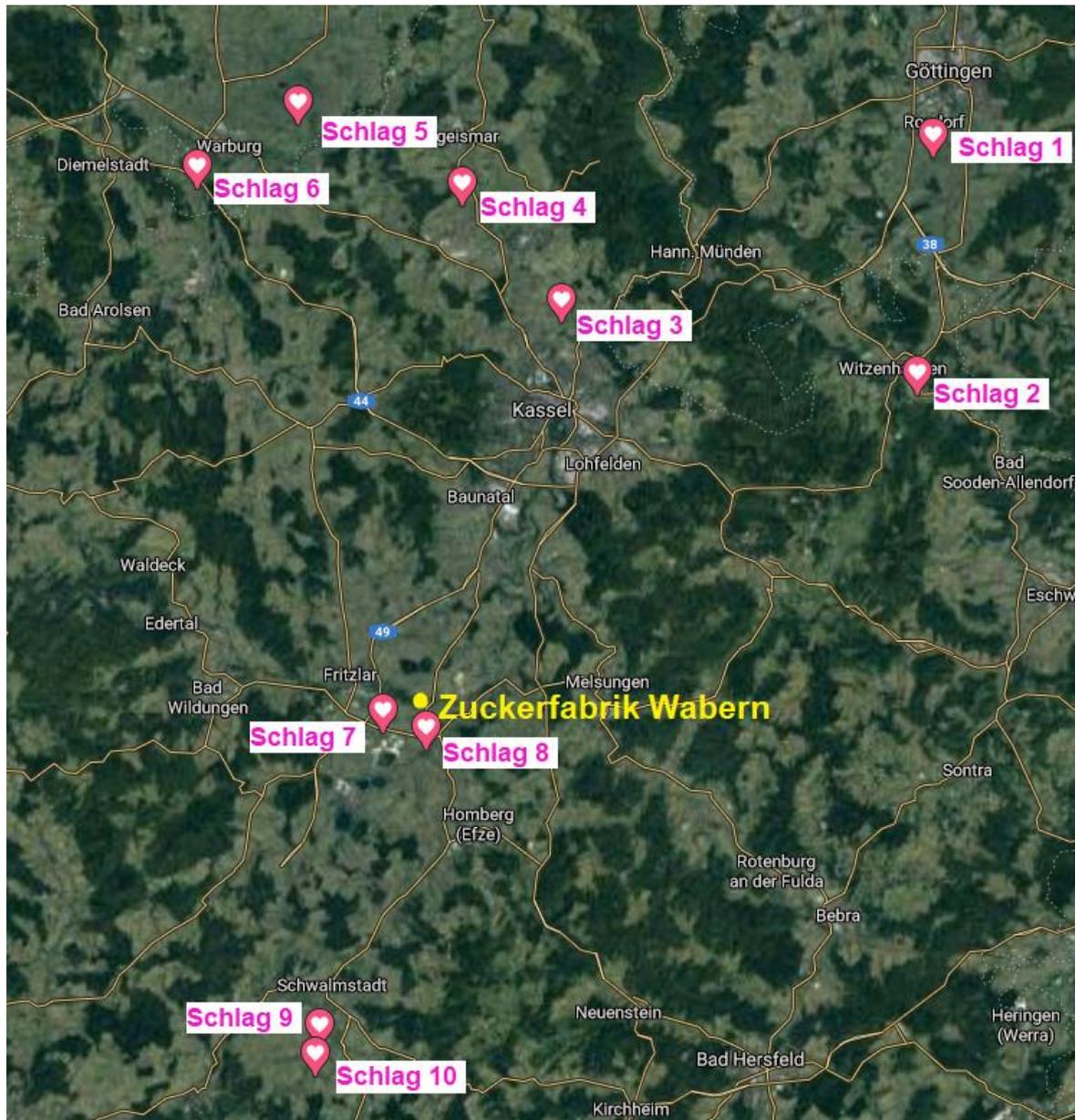


Abbildung 9: Alle ausgewählten Standorte im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

Um weitere Informationen zu den Schlägen zu erhalten, wurden den entsprechenden Landwirten jeweils Fragebögen zu Daten aus der Schlagkartei ausgehändigt; die Rückgabe der ausgefüllten Bögen erfolgte zum Ende des Monitorings (Beispielfragebogen siehe Anhang A.1).

Im Folgenden werden die maßgeblichen Eckdaten der einzelnen Schläge in einer Übersicht aufgeführt. Eine detailliertere Beschreibung der Schläge mit Satellitenaufnahme des Schlages zur Einordnung der geographischen und geologischen Umgebung, findet sich im Anhang A.2 dieser Arbeit. Auf den Fotos sind die Standorte der Fallen auf dem Schlag markiert.

Tabelle 1: Übersicht der Schlagdaten aller Schläge

	Region	Region 1		Region 2		Region 3		Region 4		Region 5	
	Schläge	Schlag 1	Schlag 2	Schlag 3	Schlag 4	Schlag 5	Schlag 6	Schlag 7	Schlag 8	Schlag 9	Schlag 10
Lage	Größe in ha	24,8	3,7	8,2	17,2	3,4	7,2	11,1	4,2	6,9	5,3
	m über NN	160	120	200	170	nicht angegeben	180	190	155	220	nicht angegeben
	Entfernung zum nächsten Gewässer in m	8	6	900	300	500	280	3	20	260	500
	Gewässername, Ausrichtung	Horlgraben, nördlich	Werra, westlich	Espe, nördlich	Nesselbach, nördlich	Eggel, östlich	Twiste, östlich	Siechengraben, westlich	Schwalm, östlich	Lehmbach, südlich	Antrefft, westlich
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	50 (nördlich)	700 – 800 (nördlich)	550	100 (nördlich)	1	5 (südlich)	3 (südlich)	1 (westlich)	5 (nördlich)	500 (westlich)
Boden	Bodenart	Lehm	lehmgiger Sand	nicht angegeben	Lehm	nicht angegeben	lehmgiger Ton	schluffiger Lehm	nicht angegeben	Lehm	nicht angegeben
	Bodenpunkte	82	55 - 60	nicht angegeben	58	nicht angegeben	70	78	65	64	nicht angegeben
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat	Mulchsaat	Mulchsaat	Lehm	Mulchsaat	Mulchsaat	Herbstfurche	Mulchsaat	Frühjahrsfurche	Herbstfurche
Fruchtfolge	Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Wintergerste	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Wintergerste
	Vorvorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben in %	33	25	25	33	25	33	33	33	33	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 bis 30	< 10	< 10	10 bis 30	10 bis 30	< 10	10 bis 30	10 bis 30	10 bis 30	10 bis 30
Bestand	Sorte	BTS 7300 N	Lunella	BTS 3750	Annarosa	Lunella	Annarosa	Danicia	Annarosa	Danizia	BTS 3750
	Aussaattermin	26.03.2020	01.04.2020	28.03.2020	25.03.2020	26.03.2020	28.03.2020	27.03.2020	19.03.2020	26.03.2020	26.03.2020
	Auflauftermin (KW)	16	16	15	15	16	16	15	nicht angegeben	16	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	95000	95000	95000	90000	95000	97000	80000	92000	88000	70000
	Reihenschluss (KW)	24	25	22	20	23	23	23	23	23	24

## 4.2 Wetterdaten

Die Umwelt- und Wettersituation hat, wie bereits innerhalb der theoretischen Grundlagen erläutert, erheblichen Anteil an der Verbreitung der Zikaden, als auch an dem Wachstum der Zuckerrüben. Deshalb wurden die Wetterdaten der betrachteten Gebiete als Einflussfaktoren zum Ergebnis dieser Studie hinzugezogen. Folgend werden die Wetterdaten für die untersuchten Gebiete für das Jahr 2020 und 2019 aufgeführt. Dabei wurden jeweils die nächstgelegenen Wetterstationen gewählt, welche die Maximal-Temperatur, die Minimal-Temperatur in Grad Celsius und die Niederschlagsmenge in mm aufzeichnet. Der Zeitraum für beide Jahre umfasst den Zeitraum des Monitorings und wurde in einer übersichtlichen Tabelle (siehe Tabelle 2) zusammengefasst. Eine detaillierte Ansicht dieser Information befindet sich ebenfalls im Anhang A.3 dieser Arbeit.

Tabelle 2: Übersicht Wetterdaten 2020 und 2019 (eigenes Format)

			Region 1		Region 2		Region 3		Region 4		Region 5	
			2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019
Mai	Woche1	Höchstwert (°C)	20,00	13,00	20,00	15,00	22,00	14,00	22,00	15,00	23,00	13,00
		Tiefstwert (°C)	-3,00	-2,00	0,00	-2,00	-2,00	-2,00	0,00	-2,00	-3,00	-3,00
		Mittelwert (°C)	8,50	5,50	10,00	6,50	10,00	6,00	11,00	6,50	10,00	5,00
		Niederschlag (mm)	5,00	14,00	2,00	30,00	1,00	12,00	2,00	12,00	2,00	13,00
	Woche2	Höchstwert (°C)	22,00	22,00	17,00	22,00	17,00	24,00	19,00	24,00	19,00	15,00
		Tiefstwert (°C)	-3,00	2,00	-1,00	3,00	-2,00	0,00	5,00	0,00	-2,00	-3,00
		Mittelwert (°C)	9,50	12,00	8,00	12,50	7,50	12,00	12,00	12,00	8,50	6,00
		Niederschlag (mm)	0,00	15,00	3,00	10,00	1,00	7,00	3,00	19,00	2,00	19,00
	Woche3	Höchstwert (°C)	24,00	23,00	24,00	20,00	24,00	22,00	24,00	23,00	24,00	23,00
		Tiefstwert (°C)	0,00	5,00	7,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	2,00	4,00
		Mittelwert (°C)	12,00	14,00	15,50	12,50	14,50	13,50	14,00	13,50	13,00	13,50
		Niederschlag (mm)	7,00	48,00	10,00	65,00	20,00	52,00	6,00	42,00	7,00	37,00
	Woche4	Höchstwert (°C)	23,00	27,00	22,00	26,00	24,00	24,00	23,00	24,00	23,00	22,00
		Tiefstwert (°C)	3,00	6,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	2,00	4,00
		Mittelwert (°C)	13,00	16,50	13,50	16,00	15,00	14,00	13,50	14,50	12,50	13,00
		Niederschlag (mm)	0,00	8,00	0,00	15,00	0,00	9,00	0,00	7,00	1,00	7,00
Juni	Woche5	Höchstwert (°C)	26,00	30,00	25,00	29,00	26,00	28,00	27,00	30,00	26,00	30,00
		Tiefstwert (°C)	3,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	5,00	4,00
		Mittelwert (°C)	14,50	18,00	15,50	17,50	16,00	17,50	17,00	18,50	15,50	17,00
		Niederschlag (mm)	17,00	30,00	21,00	15,00	21,00	36,00	15,00	13,00	20,00	12,00
	Woche6	Höchstwert (°C)	28,00	26,00	28,00	26,00	28,00	27,00	29,00	26,00	28,00	25,00
		Tiefstwert (°C)	5,00	6,00	7,00	7,00	5,00	8,00	5,00	7,00	5,00	4,00
		Mittelwert (°C)	16,50	16,00	17,50	16,50	16,50	17,50	17,00	16,50	16,50	14,50
		Niederschlag (mm)	82,00	20,00	60,00	17,00	28,00	13,00	24,00	16,00	35,00	17,00
	Woche7	Höchstwert (°C)	30,00	28,00	24,00	30,00	24,00	31,00	26,00	30,00	24,00	30,00
		Tiefstwert (°C)	12,00	10,00	10,00	12,00	12,00	8,00	9,00	10,00	8,00	8,00
		Mittelwert (°C)	21,00	19,00	17,00	21,00	18,00	19,50	17,50	20,00	16,00	19,00
		Niederschlag (mm)	21,00	15,00	18,00	33,00	19,00	12,00	10,00	13,00	42,00	20,00
	Woche8	Höchstwert (°C)	28,00	32,00	27,00	34,00	28,00	33,00	29,00	35,00	27,00	34,00
		Tiefstwert (°C)	8,00	12,00	10,00	10,00	10,00	11,00	10,00	10,00	8,00	12,00
		Mittelwert (°C)	18,00	22,00	18,50	22,00	19,00	22,00	19,50	22,50	17,50	23,00
		Niederschlag (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00

#### 4.3 Beschreibung der gewählten Fangmethode

Als Fangmethode wurde auf eine Leimstreifenfalle gesetzt, da sie einfach in der Anschaffung und Aufstellung, als auch in der Auswertung ist. Sie gilt als bewährte Fangmethode in Langzeitauswertungen und hat eine gute Resonanz im privaten Bereich zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen. Als Fangmittel wurden die „Gelbe Insekten Leimtafel“ von dem Hersteller Aeroxon gewählt. Die Leimtafel misst 10 x 25 cm und besteht aus 100% Polystyrol. Laut Hersteller auf der Verpackung und der Internetseite dient als Klebemittel auf der Leimtafel ein spezieller, giftfreier, wasser- und UV-resistenter Leim.

Die Leimtafel wurde an einem 24 x 24 mm breiten und 120 cm langen Holzstab aus unbehandelter Fichte mit einem Tacker rundlich befestigt (siehe Abbildung 10). Der Holzstab wurde zur Stabilisierung 30 cm in den Boden versenkt. An dem Holzstab wurden die Leimtafeln 10 cm über der Bestandshöhe angebracht und beim wöchentlichen Wechsel an die aktuelle Bestandshöhe angepasst (siehe Abbildung 11). Um die Höhenanpassung zu erleichtern, wurden an dem Holzstab in jeweils 5 cm Abstand Einkerbungen eingesägt.



Abbildung 10: Befestigung der Leimtafel an dem Holzstab

(Quelle: Eigene Aufnahme)



*Abbildung 11: Aufgebaute Falle im Rübenfeld*

*(Quelle: Eigene Aufnahme)*

## 4.4 Monitoring

### 4.4.1 Zeitlicher Ablauf

Am 4. Mai 2020 wurden Fallen mit gewählter Fangmethode auf allen zehn Standorten aufgestellt. Durch die frühe Aufstellung der Fallen im Mai wurde versucht einer möglichen frühen Flugphase adulter Zikaden gerecht zu werden, da diese nachweislich Mitte Mai zu ihren “Verbreitungsflügen” ausschwärmen. Im weiteren Verlauf der Überwachung sollte ein Anstieg gefangener Zikaden aufgrund wachsender Population nachweisbar sein und sich über den zeitlichen Verlauf der Untersuchung bestätigen lassen.

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes wurden die aufgestellten Fallen im wöchentlichen Rhythmus kontrolliert und ausgewertet. Darüber hinaus erfolgte in den letzten zwei Kontrollwochen der aktiven Überwachung eine Begehung des jeweiligen Feldes und eine

visuelle Begutachtung des Pflanzenbestandes samt stichprobenartiger Untersuchung der pflanzennahen Erde, um evtl. Eiablagerungen durch die Zikade feststellen zu können. Die Fallen wurden an allen Standorten am 29. Juni desselben Jahres wieder entfernt. Der Ablauf des Monitorings sah eine verifizierende Betrachtung des Fruchtbestandes zu einem späteren Zeitpunkt (ca. 3 Monate nach Ende der aktiven Überwachungsphase) vor. Diese Kontrolle fand am 25.09.2020 auf allen Schlägen statt und wurde visuell vorgenommen. Positive Befunde wurden fotografisch dokumentiert und labortechnisch verifiziert.

#### 4.4.2 Platzierung der Fallen auf den Schlägen

Es wurden pro Zuckerrübenfeld drei Insekten-Leimtafeln aufgestellt, die vom Feldrand aus zwei Meter neben einer Fahrgasse entlang platziert wurden. Die Abstände vom Feldrand aus betragen 20 m, 50 m und 90 m. Es wurde eine Fahrgasse gewählt, die zu einem Weizenschlag mit Vorfrucht Zuckerrüben ausgerichtet war, um dem Verbreitungsverhalten möglicher Zikadenbestände zu entsprechen. Dabei wurde darauf geachtet, dass es sich nicht um die erste Fahrgasse am Rand des Feldes handelt, sondern die zweite oder dritte Fahrgasse. Das Wechseln der gelben Insekten-Leimtafeln erfolgte einmal wöchentlich nach immer gleicher Vorgehensweise. Die Aufstellhöhe der Gelbfallen wurde im Laufe der Untersuchung der Blatthöhe des Bestands angepasst. Die entnommenen Leimtafeln wurden auf Insekten überprüft mit besonderem Augenmerk auf das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikaden. Alle Tafeln wurden visuell untersucht und fotografisch dokumentiert.

#### 4.4.3 Kontrolluntersuchung

Eine eingeplante Kontrolluntersuchung sollte das Fangresultat verifizieren. So erfolgte die Nachkontrolle kurz vor der Ernte der Zuckerrüben. Die Kontrolluntersuchung sollte durch eine visuelle Begutachtung stattfinden und weitere Maßnahmen nach positiver Bestandsaufnahme nach sich ziehen. Dazu zählte auch die labortechnische Untersuchung befallener Zuckerrüben zur Bestätigung der Betrachtungen. Bei der Nachkontrolle wurden Proben symptomtragender Zuckerrüben dem Rübenkörper entnommen, in verschließbaren Plastikfolien verpackt und dem Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen, für eine Laboruntersuchung bezüglich beider, für SBR verantwortlichen Erreger, übergeben.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Auswertung der Insekten-Leimtafeln

Die Klebestreifen der Fallen wurden visuell betrachtet und fotografisch dokumentiert und konnten im gesamten Verlauf des 8-wöchigen Monitorings auf allen Schlägen ein großes Spektrum von gefangenen Insekten nachweisen (siehe Abbildung 12). Das Zielinsekt, die Schilf-Glasflügelzikade kann mit bloßem Auge auf den Klebestreifen gut identifiziert werden, hätte im Falle eines visuellen Vorbefundes aber eine detailliertere mikroskopische Kontrolluntersuchung erfahren.



Abbildung 12: Fangbeispiel Schlag 7 am 11.05.2020

(Quelle: Eigene Aufnahme)

Die übrigen gefangenen Insekten sind im Rahmen dieser Arbeit nicht detaillierter analysiert worden und finden deshalb auch keine weitere Betrachtung innerhalb der Auswertung. Im gesamten Verlauf des 8-wöchigen Monitorings wurde auf allen dargestellten Schlägen keine Schilf-Glasflügelzikade gefangen (siehe Tabelle 3). Eine detailliertere mikroskopische Bestimmung der Arten musste deshalb nicht erfolgen.

Tabelle 3: Gefangene Schilf-Glasflügelzikaden auf den einzelnen Schlägen im wöchentlichen Rhythmus

Standorte		Gefangene Schilf-Glasflügelzikaden im wöchentlichen Rhythmus							
Region	Schlag	11. Mai	18. Mai	15. Mai	01. Jun	08. Jun	15. Jun	22. Jun	29. Jun
Region 1	Schlag 1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlag 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Region 2	Schlag 3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlag 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Region 3	Schlag 5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlag 6	0	0	0	0	0	0	0	0
Region 4	Schlag 7	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlag 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Region 5	Schlag 9	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schlag 10	0	0	0	0	0	0	0	0

Trotz des ausgebliebenen Fangs von Schilf-Glasflügelzikaden ist hervorzuheben, dass sich Zikaden der Gattung *Empoasca* unter den gefangenen Insekten befanden und besonders häufig ab dem 25. Mai 2020 an allen Standorten in großen Mengen nachzuweisen waren. Diese sind besonders gut an ihrer grünen Gestalt, ihrer länglichen Körperform und kleinen Körpergröße von wenigen Millimetern (3 – 4 mm Länge) zu erkennen. Meist konnten mehr als 20 Exemplare pro Klebetafel (siehe Abbildung 13) gezählt werden.

Eine genaue entomologische Bestimmung der gefangenen Zikaden, also um welche Spezies es sich in diesen Fällen konkret handelte, wurde nicht vorgenommen, da eine Verbreitung des SBR durch andere Zikadenarten in keiner der einschlägigen Literaturen erwähnt wurde.



Abbildung 13: Grüne Blattzikaden auf dem Schlag 4 am 25.05.2020

(Quelle: Eigene Aufnahme)

## 5.2 Ergebnisse der Kontrolluntersuchung auf symptomtragende Zuckerrüben

Die Kontrolluntersuchung ergab, dass zwei der zehn beobachteten Schläge optische Veränderungen der Zuckerrübenpflanzen aufwiesen. Diese Veränderungen konnten nicht auf dem gesamten Feld beobachtet werden, sondern bildeten sich in vereinzelt Nestern aus. Die gefundenen Nester wurden auf den Satellitenfotos nachgetragen und farblich markiert (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15). Sie befanden sich sowohl in der Nähe der ehemals aufgestellten Fallen als auch auf gegenüberliegender Feldseite und umfassten lediglich wenige Quadratmeter.

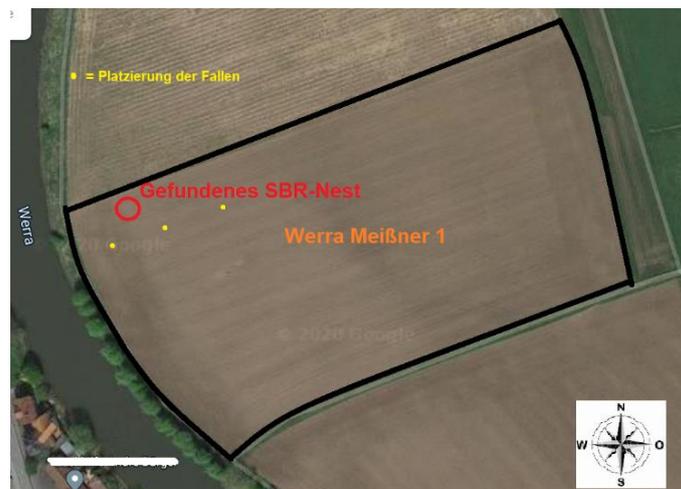


Abbildung 14: Schlag 2 mit festgestelltem SBR Nest

(Quelle: Google Maps, modifiziert)

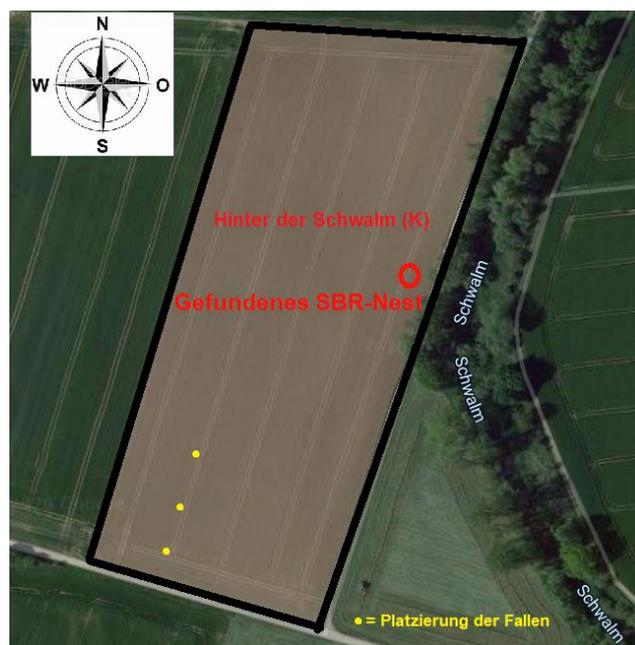


Abbildung 15: Schlag 8 mit festgestelltem SBR Nest

(Quelle: Google Maps, modifiziert)

Die Areale befanden sich in geographischer Nähe der angrenzenden Fließgewässer. Werra und Schwalm stellten im Vergleich zu den anderen Untersuchungsstandorten die größten Gewässer und wiesen üppigen Schilfbestand auf. Angrenzende Zuckerrüben zeigten keine nennenswerte Veränderung. Auffallend war, dass sich die Unkrautbekämpfung der Felder unterschiedlich darstellte. Während auf Schlag 2 eine starke Verunkrautung des Bestandes (Melde) vorzufinden war, wirkte Schlag 8 nahezu unkrautfrei homogen.

Die Pflanzen innerhalb der Nester zeigten erhebliche Deformationen der Herzblätter und eine allgemeine Vergilbung des übrigen Blattwerkes (siehe Abbildung 16). Die feststellbaren Veränderungen sind klar als verkleinerte, deformierte und verschmälerte jüngere Blätter auszumachen und die Vergilbung auf nekrotisches und chlorotisches Blattgewebe zurückzuführen.



*Abbildung 16: Verschmälerte und verkleinerte Herzblätter auf dem Schlag 8*

*(Quelle: Eigene Aufnahme)*

Der Rübenkörper innerhalb der betroffenen Flächen auf den Schlägen 2 und 8, wies ebenfalls typische Merkmale einer SBR-Infektion auf. Festgestellt wurde dabei ein im Verhältnis kleinerer, sowie ein unförmiger Rübenkörper. Die Verformungen waren nicht sehr stark ausgeprägt, konnten aber gut ausgemacht werden.



Abbildung 17: Leichte Verbräunung der Gefäßleitbündel im Rübenkörper auf dem Schlag 2

(Quelle: Eigene Aufnahme)

Des Weiteren konnte man leichte Verbräunungen der Gefäßleitbündel im Inneren des Rübenkörpers feststellen (siehe Abbildung 17).

Die visuelle Feststellung erforderte eine genauere labortechnische Untersuchung der gefundenen, veränderten Zuckerrüben, um den optischen SBR Verdacht auch wissenschaftlich zu bestätigen. Nachweislich konnte ein SBR Befall bei den beprobten Pflanzen der Nester diagnostiziert werden und die symptomtragenden Zuckerrüben wurden positiv auf SBR getestet.

Tabelle 4: Ergebnisse der Nachuntersuchung vom 25. September auf SBR

	Indikation SBR auf untersuchten Schlägen			Vorbefund von SBR in 2019 in örtlicher Nähe
	Schläge	Monitoringzeitraum	Kontrolle am 25.09.2020	
Region 1	Schlag 1	Nein	Nein	Nein
	Schlag 2	Nein	Ja	Nein
Region 2	Schlag 3	Nein	Nein	Nein
	Schlag 4	Nein	Nein	Nein
Region 3	Schlag 5	Nein	Nein	Nein
	Schlag 6	Nein	Nein	Nein
Region 4	Schlag 7	Nein	Nein	Ja
	Schlag 8	Nein	Ja	Nein
Region 5	Schlag 9	Nein	Nein	Nein
	Schlag 10	Nein	Nein	Nein

Folgend werden in einer Diskussion mögliche Ansätze der Ausbreitung innerhalb der betrachteten Gebiete diskutiert und Zusammenhänge mit nicht gefangenen Schilf-Glasflügelzikaden erörtert.

## 6 Diskussion

Die Auswertung der aufgestellten Fallen stellte sich aus dem Blickwinkel dieser Arbeit als ernüchternd dar, da keine Zielinsekten gefangen wurden, sich dennoch SBR auf den betrachteten Feldern nachweisen ließ. Da ein Schlag im Sommer 2019 einen positiven SBR Befund hatte, wurde eine Mindestpopulation an Glasflügelzikaden erwartet, die einen Befall des Zuckerrübenbestandes mit SBR auch nachträglich noch rechtfertigen könnte. Während des Betrachtungszeitraumes konnte keine Schilf-Glasflügelzikade in den aufgestellten Fallen nachgewiesen werden. Dies lässt keine belastbare Annahme zu, dass sich keine entsprechende Zikade im Umfeld der aufgestellten Fallen aufgehalten hat. Der nachträglich positive Befund der Zuckerrüben auf zwei der untersuchten Schläge lässt vermuten, dass Faktoren die Ausbreitung der Zikade verändert oder verlangsamt haben, die Zuckerrübe veränderte Bedingungen zur Ausbreitung der Zikade und der Krankheit bereitstellte oder andere Ursachen ausschlaggebend für die Verbreitung der Krankheit innerhalb der betrachteten Gebiete sind. Folgend werden in einer Diskussion unterschiedliche Ansätze zur Erklärung der Ausbreitung von SBR in den betrachteten Schlägen ohne nennenswerten Schilf-Glasflügelzikaden-Fanganteil dargelegt.

Zunächst ist die Frage, warum kein Zielinsekt in die Fallen geflogen ist, zu erklären. Diskussionswürdig wären hier sowohl der Untersuchungszeitraum, die Fangmethode, Aufstellort der Fallen und die Fallendichte pro Region.

Für den Untersuchungszeitraum ist anzumerken, dass, wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, der Zeitraum bewusst auf den ersten Abschnitt möglicher Flugverbreitung der Zikade gelegt wurde, um einen Nachweis für eine ansteigende, adulte Population innerhalb der Zeitspanne nachzuweisen. Die gefangenen Exemplare der Gattung *Empoasca* haben laut wissenschaftlicher Untersuchung (vgl. Pfizer et al, 2019) ein ähnliches Flugverhalten wie die Glasflügelzikade. Der nachweisliche Anstieg der gefangenen Insekten nach dem 25. Mai belegt diese Annahme und rechtfertigt die Aufstellung in besagtem Zeitraum.

Fangmittel, -methode und Anzahl der Fallen wird durch den Fangumfang und Insektentypen ebenfalls als zuverlässig betrachtet und bietet keine Rückschlüsse auf eine mangelnde Sorgfalt in Bezug auf die Durchführung der Untersuchung. Ausgebliebener Fangerfolg in Bezug auf oben benannte Kriterien ist zu verneinen. Lediglich der Aufstellungsort kann in nachführender Betrachtung der aufgetretenen Befallnester überdacht werden. Ein Zusammenhang zwischen Gewässernähe und SBR-Befall ist hier naheliegend und sollte bei erneuter Standortwahl der Fallen konsequent Berücksichtigung finden.

Nicht nennenswert nachzuweisende Populationen der Schilf-Glasflügelzikaden in dem gewählten Untersuchungszeitraum könnten durch Umwelteinflüsse beeinträchtigt worden sein. So wäre ein im Jahr späterer Befall durch adulte Schilf-Glasflügelzikaden durch teilweise sehr ungleichmäßiges Auflaufen des Zuckerrübenbestandes erklärbar. Diesbezüglich wurden die Wetterdaten der betroffenen Gebiete untersucht und stellten einen erheblichen Mangel an Niederschlag für die betroffenen Gebiete gerade innerhalb der ersten Wachstumsphase der Zuckerrüben fest.

Wie in Abbildung 18 und 19 zu erkennen, fiel im Jahr 2020 in den gleichen Monatszeiträumen Mai deutlich weniger Niederschlag, was zur Folge hatte, dass die Zuckerrübe in der Jugendentwicklung weniger als üblich gewachsen ist.

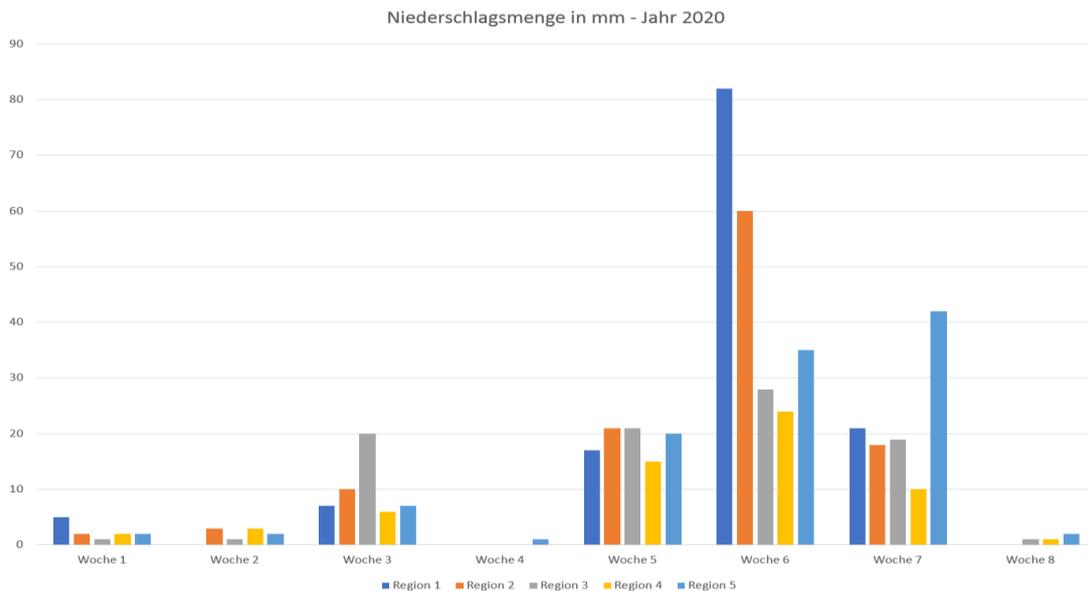


Abbildung 18: Niederschlagsmengen in mm - Jahr 2020

(Quelle: Eigene Darstellung)

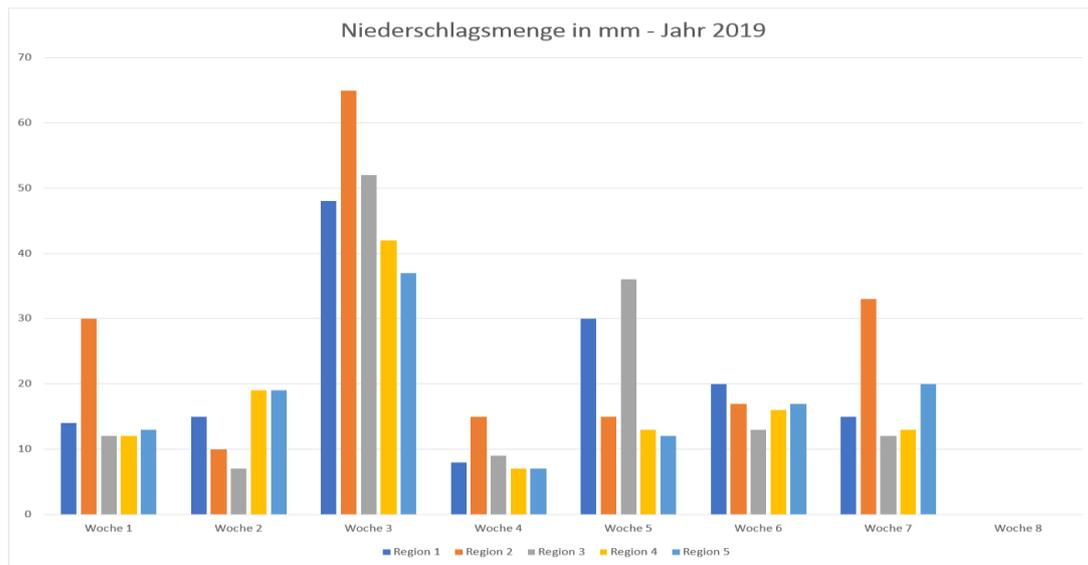


Abbildung 19: Niederschlagsmenge in mm - Jahr 2019

(Quelle: Eigene Darstellung)

Dazu kam der trockene April des Jahres, was schon zu einem lückenhaften und sehr unterschiedlichen Auflaufen der Frucht führte. Diese verzögerte und lückige Entwicklung kann zu einer zeitlichen Verschiebung der Flugzeiträume der Schilf-Glasflügelzikade geführt haben, was die Fangquote innerhalb des Betrachtungszeitraums erklären könnte. Eine Ausdehnung der Schilf-Glasflügelzikade könnte sich auf direkte Ufernähe wasserführender Gewässer beschränkt haben.

Ein Zusammenhang der Verbreitung der Schilf-Glasflügelzikade mit den Temperaturdaten ist aus den vorhandenen Informationen nicht klar ersichtlich, da sich die durchschnittlichen Temperaturwerte der Jahre 2019 und 2020 ähnlich entwickelten (siehe Tabelle 2). Zudem findet sich in der Fachliteratur kein Hinweis zu möglicher Temperatursensibilität der Zikade innerhalb ihrer Verbreitungsregionen, die Einfluss auf eine spätere Adultenreife der Zikade hätte oder das Vermehrungs- und Flugverhalten der Insekten beeinflusst. Aufgrund der zugrundeliegenden Situationslage kann man auch geringe Temperaturschwankungen unter Umständen nicht vernachlässigen. So kam es in den ersten beiden Monitoringswochen im Jahr 2020 im Schnitt in den Regionen häufiger zu Spätfrösten als im gleichen Zeitraum im Jahr 2019. Auch die Temperaturen in der zweiten Kontrollzeitraumshälfte waren durchschnittlich niedriger als zum gleichen Zeitraum im Jahr 2019. Ein Zusammenhang zwischen häufigeren Spätfrösten, trockeneren ersten Abschnitten und einer später moderaten Temperaturerhöhung kann die Entwicklung zur Adultform (von Nymphe zur Zikade) verzögert und einer Verbreitung im Jahr 2020 entgegengewirkt haben.

Der nachgewiesene SBR Befall auf zwei Schlägen im Erntestadium der Zuckerrübe lässt weitere Annahmen möglicher Ursachen der Ausbreitung zu. So könnte eine weitere Insekten- oder Tierart möglicher Vektor des SBR sein und sollte zukünftig Einzug in wissenschaftliche Untersuchungen über einen längeren Zeitraum erhalten.

Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, ist eine Beladung mit dem für SBR verantwortlichen Proteobakterium bei Zikaden der Gattung *Empoasca* (z.B. *Empoasca pteridis* und *Empoasca affinis*) möglich und kann so zu einem Ausbruch der Krankheit innerhalb der Feldfrucht führen. Dies ist bislang wissenschaftlich noch nicht näher erforscht und dokumentiert worden, weshalb Rückschlüsse auf den Ausbruch des SBR in den besagten Schlägen nicht möglich sind. Eine mögliche Schadpopulation der Zikaden der Gattung *Empoasca* wäre, basierend auf den getätigten Fängen, statistisch möglich, da sie vermehrt innerhalb des Betrachtungszeitraumes auftraten. Entgegen dieser Annahme spricht der nur nestweise auftretende Befall der Schläge, was bei der Menge der gefangenen *Empoasca* Zikadenart nur einer kleinen Schädigung entsprechen würde. Unterstrichen wird dies durch die Tatsache, dass stichprobenhaft (darunter 10 Zikaden von Schlag 2) im Labor auf mögliche SBR-Erreger untersuchte Zikaden der Gattung *Empoasca* negativ getestet wurden und sich so als unwahrscheinliche Quelle ausschließen lassen. Eine fundierte wissenschaftliche Untersuchung samt entomologischer Bestimmung müsste dies dennoch verifizieren.

Auffällig ist, dass nur die Felder befallen wurden, die sich in unmittelbarer Nähe zu größeren Gewässern befinden. Die Werra und die Schwalm stellen hier ein Herausstellungsmerkmal dar und legen den Verdacht nah, dass sich eine vermehrte Ansammlung von Schilf positiv auf eine Populationsverbreitung der Schilf-Glasflügelzikade auswirkt. Die anfängliche Trockenheit im Jahr hatte auch Auswirkungen auf die angrenzende Vegetation der Schläge an den Ufern und Überschwemmungsgebieten der Gewässer. Die abgeleitete Korrelation der Schilffauna zu der Verbreitungsdynamik der adulten Zikade ist im Rahmen dieser Arbeit nicht nachweisbar und Bedarf weiterer Untersuchungen, um stichhaltige Zusammenhänge dazu ableiten zu können.

## 7 Schlussfolgerung und Ausblicke

Wie aus den Ergebnissen zu entnehmen ist, konnte im Verlauf des Monitorings keine Schilf-Glasflügelzikade gefangen werden. Trotzdem wurden Zuckerrüben auf zwei Versuchsschlägen positiv auf SBR getestet. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass ein einmaliges Monitoring zur Beurteilung von Zusammenhängen zwischen Schilf-Glasflügelzikade und SBR unzureichend ist und weitere Untersuchungen zum Erhalt zuverlässiger und zielführender Ergebnisse erforderlich macht.

Diese Kritik ist ebenfalls auf bestimmte Ergebnisse der Fachliteratur anzuwenden. So sind die von A. Bressan (2009) vorgestellten Ergebnisse zur Bekämpfung und Eindämmung der Verbreitung der Schilf-Glasflügelzikade nur auf einen einjährigen Zeitraum beschränkt. Auch ist seine Untersuchung auf einen Standort beschränkt. Eine wissenschaftliche Bestätigung dieser Ergebnisse auf anderen Standorten erfolgte bislang nicht. Diese fehlende Bestätigung wurde ebenfalls in der Fachliteratur bemängelt. So schreiben Pfitzer, et al. (2019): „Es zeigen sich jedoch Schwierigkeiten in der Kontrolle von SBR mittels pflanzenbaulicher Maßnahmen, da nur wenige Erkenntnisse vorliegen, die eine geringe Wirkung (Bodenbearbeitung) andeuteten oder schwer in der landwirtschaftlichen Praxis umzusetzen sind (Fruchtfolge)“.

Als wahrscheinlichste Annahme, dass keine Schilf-Glasflügelzikade gefangen wurde, gilt die Theorie des verspäteten Flugverhaltens durch die in der Diskussion beschriebenen Umwelteinflüsse. Um diese Theorie zu belegen oder zu widerlegen, ist ein Monitoring über einen längeren als den hier betrachteten Zeitraum notwendig.

Auch der Zusammenhang des auffälligen Auftretens von SBR in direkter Nähe zu größeren Gewässern, wie in dieser Untersuchung, die Schwalm und die Werra, bedarf weiterer Untersuchungen. Es ist zu klären, ob eine vermehrte Ansammlung von Schilf und/oder größere Gewässer im Allgemeinen sich positiv auf die Populationsverbreitung auswirken.

Des Weiteren sollten zukünftig wissenschaftliche Untersuchungen bezüglich der Ätiologie von SBR durchgeführt werden. Es besteht Grund zur Annahme, dass die positiv getesteten Zuckerrüben auf den beiden Versuchsflächen von anderen Zikaden- oder Insektenarten übertragen wurden.

Der Einsatz von Insektiziden im Zusammenhang mit der Bekämpfung des SBR ist eine, ebenfalls noch genauer zu untersuchende Komponente. Die vorliegenden Daten der Wirksamkeit der einsetzbaren Pflanzenschutzmittel sind unzureichend und können keine Vorgehensweisen im Umgang mit Insektiziden zur Empfehlung geben. Auch Pfitzer, et al.

(2019) stellen dies in Bezug auf wirksame Entscheidungskriterien fest, da in deren Untersuchung zur Wirksamkeit von Insektiziden bezüglich der Schilf-Glasflügelzikade genehmigte und deutlich erhöhte Aufwandsmengen eingesetzt und eine praxisferne Anzahl von Applikationen vorgenommen wurde. Die Untersuchung zeigt lediglich Ansätze für weiterführende Untersuchungen auf.

Abschließend lässt sich aus den gewonnenen Erkenntnissen das zukünftige Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern nicht ausschließen. Das Auftreten von SBR konnte jedoch, nach dem positiven SBR-Befall im Jahr 2019, erneut bestätigt werden. Die Zuckerfabrik Wabern und deren Zuckerrübenproduzenten sollten in den nächsten Jahren mit einem vermehrten Auftreten von SBR in Zuckerrübenbeständen und damit einem verringerten Zuckergehalt und Ertrag rechnen. Eine Informationskampagne in Bezug auf regional auftretendes SBR und ein damit verbundener Datenerhebungsauftrag könnte positiv dazu beitragen, mehr Informationen über die Ausbreitung von SBR zu erhalten. Die Erstellung einer „Landkarte“ über das historische und aktuelle Vorkommen der Schilf-Glasflügelzikade wäre hilfreich.

Ableitend davon könnten Fruchtfolgeempfehlungen an sämtliche Produzenten geleistet, Bodenbearbeitungsmaßnahmen empfohlen, neue Pflanzenschutzmittel punktgenau und damit umweltschonend eingesetzt und tolerantere oder resistente Pflanzen verwendet werden. Eine kontinuierliche, mehrjährige Datenerhebung würde die vielen offenen Fragen zu SBR und deren Bekämpfung um einen erheblichen Anteil reduzieren.

## **8 Zusammenfassung**

Auf einem Zuckerrübenfeld in der Nähe von Wabern wurden erstmalig im Jahr 2019 Zuckerrüben positiv auf „Syndrome des basses richesses“ (SBR) getestet. SBR ist eine bakterielle Zuckerrübenkrankheit, die einen verminderten Zuckergehalt und einen verminderten Rübenantrag verursacht. Als Hauptvektor gilt die Schilf-Glasflügelzikade, welche sich von Süddeutschland aus verbreitet. Das Ziel dieser Arbeit war es, in einem Feldversuch das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Wabern nachzuweisen und in einen Zusammenhang mit auftretendem Befall von SBR an Zuckerrüben zu setzen. Dafür wurde ein Monitoring über acht Wochen, von Anfang Mai bis Ende Juni in fünf Gebieten mit je zwei Standorten durchgeführt. Es wurde versucht, die Schilf-Glasflügelzikade in Zuckerrübensschlägen mit gelben Insektenklebetafeln von Beginn ihres Flugverlaufes an zu fangen. Im September, drei Monate nach Ende des Monitorings, wurden zur Kontrolle alle Standorte erneut besichtigt und auf SBR-Symptome begutachtet. Gefangene Zikaden und symptomtragende Rüben sollten im Labor auf SBR untersucht werden.

Es wurde im gesamten Verlauf des Monitorings keine Schilf-Glasflügelzikade gefangen. Jedoch wurden bei der Kontrolle im September symptomtragende Zuckerrüben aus zwei Standorten positiv auf SBR getestet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich das Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade nicht ausschließen. Gründe, wie ein verspätetes Flugverhalten durch Umwelteinflüsse und die Übertragung von SBR durch weitere Zikaden- oder Insektenarten, wurden diskutiert.

## 9 Literaturverzeichnis

- Aeraxon Insect Control GmbH:** Juni 2020. <https://www.aeraxon.de/produkte/gartenlandwirtschaft/gelbe-insekten-leimtafeln/>.
- Arbeitsgemeinschaft für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz:** Anbauinformationen 2020. Anbauinformationen, ARGE Zuckerrübe Südwest, 2020.
- Aryan, A.; Brader, G.; Mörtel, J.; Pastar, M.; Riedle-Bauer, M.:** „An abundant ‘Candidatus Phytoplasma solani’ tuf b strain is associated with grapevine, stinging nettle and *Hyalesthes obsoletus*.“ In European Journal of Plant Pathology, 213-227. European Foundation for Plant Pathology, 2014.
- Bauer, Harald:** Unkraut- und Ungräserbekämpfung in Zuckerrüben <https://bisz.suedzucker.de/pflanzenschutz/unkraut-und-ungraeserbekaempfung-in-zuckerrueben/> (Zugriff am 28. Dezember 2020).
- Betaseed GmbH:** <https://www.betaseed.com/de/de/artikel/saatguttechnologie.html#:~:text=Das%20Zuckerr%C3%BCbensaatgut%20ist%20mit%20den%20fungiziden%20Beizen%20TMTD,Die%20Beize%20zeigt%20unter%20anderem%20Wirkung%20gegen%20Phytium.> (Zugriff am 20. Dezember 2020).
- Biedermann, Robert; Niedringhaus, Rolf:** Die Zikaden Deutschlands: Bestimmungstabellen für alle Arten. Scheeßel: Wissenschaftlich-Akademischer-Buchvertrieb, 2004.
- Börner, Horst; Schlüter, Klaus; Aumann, Jens:** „Phytoplasmen und Spiroplasmen“ In Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 43-47. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.
- Bressan, Alberto:** „Agronomic practices as potential sustainable options for the management of *Pentastiridius leporinus* (Hemiptera: Cixiidae) in sugar beet crops.“ In Applied Entomology and Zoology, 760 - 766. Heidelberg: Springer Verlag, 2009.
- Bressan, Alberto; Holzinger, Werner E.; Nusillard, Benoit; Semetey, Olivier; Gatineau, Frederic; Simonato, Mauro; Boudon-Padieu, Elisabeth:** „Identification and biological traits of a planthopper from the genus *Pentastiridius* (Hemiptera: Cixiidae) adapted to an annual cropping rotation.“ In European Journal of Entomology, 405-413. 2020 Institute of Entomology, 2009.

- Bressan, Alberto; Sémétey, Olivier; Nusillard, Benoit; Clair, Denis; Boudon-Padieu, Elisabeth:** „Insect Vectors (Hemiptera: Cixiidae) and Pathogens Associated with the Disease Syndrome “Basses Richesses” of Sugar Beet in France.“ In *Plant Disease*, 113-119. The American Phytopathological Society (APS), 2008.
- Bressan, Alberto; Sémétey, Olivier; Arneodo, J.; Lherminier, J.; Boudon-Padieu, Elisabeth:** „Vector Transmission of a Plant-Pathogenic Bacterium in the Arsenophonus Clade Sharing Ecological Traits with Facultative Insect Endosymbionts.“ In *Phytopathology*, 1289-1296. The American Phytopathological Society (APS), 2009.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung:** „Bericht zur Markt- und Versorgungslage.“ Bonn, 2018.
- Dabbelt, Daniel:** „Zuckerrübenanbau vor ungewisser Zukunft“ TopAgrar am 17. Juni 2020. <https://www.topagrar.com/acker/news/zuckerruebenanbau-vor-ungewisser-zukunft-12088312.html> (Zugriff am 3. Februar 2021).
- Diepenbrock, Wulf; Ellmer, Frank; Léon, Jens:** *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*. Eugen Ulmer Stuttgart, 2016.
- Eckinger, Eva:** „Preisverfall: Südzucker schließt fünf Werke.“ In *agrarheute*, 2019.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH):** “Scientific Opinion on the pest categorisation of *Candidatus Phytoplasma solani*.” Internetjournal, European Food Safety Authority, 2014.
- Gatineau, F.; Jacob, N.; Vautrin, S.; Larrue, J.; Lherminier, J.; Richard-Molard, M.; Boudon-Padieu, E.:** „Association with the Syndrome “Basses Richesses” of Sugar Beet of a Phytoplasma and a Bacterium-Like Organism Transmitted by a *Pentastiridium* sp.“ In *Phytopathology*, 384-392. The American Phytopathological Society (APS), 2002.
- Google Maps.** <https://www.google.de/maps> (Zugriff am 30. Dezember 2020).
- Heinrich, Philipp:** „Zuckererzeugung weltweit“ am 7. Juli 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/189389/umfrage/zuckererzeugung-weltweit/> (Zugriff am 21. Dezember 2020).
- Hoffmann, Christa Maria:** „Zuckerrüben als Rohstoff“ Göttingen: Weender Druckerei GmbH & Co KG, 2006.

**Industrieverband Agrar:** „Kleine Schilf-Glasflügelzikade überträgt neue Rübenkrankheit.“

IVA. 10. Mai 2013. <https://www.iva.de/iva-magazin/umwelt-verbraucher/kleine-schilf-glasfluegelzikade-uebertraegt-neue-ruebenkrankheit> (Zugriff am 4. Januar 2021).

**Kenter, Christine:** „Markgehalt von Zuckerrüben.“ Publikation, Göttingen: Institut für Zuckerrübenforschung, 2014.

**Kremer, Pascal:** „Die Zuckerrübe im Klimawandel - Analyse agrarökologischer Auswirkungen in Südwestdeutschland.“ Hohenheim: ResearchGate, 2017.

**Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau:** „Syndrome de basses richesses“ In BISZ 2021. <https://bisz.suedzucker.de/pflanzenschutz/blattkrankheiten/syndrome-basses-richesses/> (Zugriff am 3. Januar 2021).

**KWS SAAT SE & Co. KGaA:**  
<https://www.kws.com/de/de/beratung/aussaat/zuckerruebe/#:~:text=Um%20maximale%20Zuckerertr%C3%A4ge%20zu%20erreichen%2C%20sollten%20Sie%20eine,und%20eine%20Aussaatst%C3%A4rke%20von%20ca.%20110.000%20Pillen%2Fha%20w%C3%A4hlen.> (Zugriff am 23. Dezember 2020).

**Ladewig, Erwin; Buhre, Cord; Kenter, Christine; Stockfisch, Nicol; Varrelmann, Mark:** „Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau in Deutschland – Situationsanalyse 2018.“ Sugar Industry, Dezember 2018: 707 - 722.

**Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen:** „Entwicklungsstadien der Zuckerrüben.“ Landwirtschaftskammer. 1. Februar 2015. <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/zuckerrueben/zuckerrueben-ec-pdf.pdf> (Zugriff am 28. Dezember 2020).

**Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen:** „Sorten, Aussaat, Ernte bei Zuckerrüben.“ <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/zuckerrueben/sortenwahlpdf.pdf#:~:text=Sorten%2C%20Aussaat%2C%20Ernte%20bei%20Zuckerr%C3%BCben%20Sortenwahl%3A%20Wichtige%20Kriterien,R%C3%BCbenkrankheiten%20und%20Nematoden.%20Die%20Sorten-wah> (Zugriff am 23. Dezember 2020).

**Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen**

**GmbH:** LPSN.dsmz.de. November 2019. <https://lpsn.dsmz.de/species/arsenophonus-phytopathogenicus> (Zugriff am 8. Januar 2020).

**Marcone, C:** „Molecular biology and pathogenicity of phytoplasmas.“ In *Annals of Applied Biology*, 199-221. Wiley-Blackwell Oxford UK, 2014.

**Miedaner, Thomas:** *Kulturpflanzen: Botanik - Geschichte - Perspektiven*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2014.

**Mühlethaler, Roland; Holzinger, Werner; Nickel, Herbert; Wachmann, Ekkehard:** *Die Zikaden Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co., 2019.

**Müller, H. J.:** „Neuere Vorstellung über Verbreitung und Phylogenie der Endosymbiosen Der Zikaden.“ In *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere, von Phylogenie*, 190-210. Springer, 1962.

**Müller, Julian:** „Neue Gefahr: SBR in Zuckerrüben.“ *TopAgrar*, 6. Dezember 2019: 18-19.

**Namba, Shigetou:** „Molecular and biological properties of phytoplasmas.“ In *Proceedings of the Japan Academy, Ser. B, Physical and Biological Sciences*, 401-418. The Japan Academy, 2019.

**Novakova, Eva; Hypsa, Vaclav; Moran, Nancy:** “Arsenophonus, an emerging clade of intracellular symbionts with a broad host distribution.” Research article, Branisovska: *BMC Microbiology*, 2009.

**Pfitzer, Rene:** Interview geführt von Merlin Zimmermann. „Bestimmung der Schilf-Glasflügelzikade“ (28. 05 2020).

**Pfitzer, René; Schrameyer, Klaus; Voegelé, Ralf T.; Maier, Johann; Lang, Christian; Varrelmann, Mark:** „Ursachen und Auswirkungen des Auftretens von „Syndrome Basses Richesses“ in deutschen Zuckerrübenanbaugebieten.“ *Sugar Industry*, 2019: 70-80.

- Quaglino, Fabio; Zhao, Yan; Casati, Paola; Bulgari, Daniela; Bianco, Piero Attilio; Wei, Wei; Davis, Robert Edward:** „‘Candidatus Phytoplasma solani’, a novel taxon associated with stolbur- and bois noir-related diseases of plants.“ In International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2879-2894. Microbiology society, 2013.
- Schröder, Manfred; Rissler, Dietlinde; Schrameyer, Klaus:** „Syndrome des Basses Richesses“ (SBR) – erstmaliges Auftreten an Zuckerrübe in Deutschland.“ Journal für Kulturpflanzen, 2012: 392-398.
- Sémétey, O.; Bressan, A.; Gatineau, F.; Boudon-Padieu, E.:** „Development of a specific assay using RISA for detection of the bacterial agent of ‘basses richesses’ syndrome of sugar beet and confirmation of a Pentastiridius sp. (Fulgoromopha, Cixiidae) as the economic vector.“ In Plant Pathology, 797-804. British Society for Plant Pathology, 2007.
- Seruga Music, Martina; Samarzija, Ivana; Hogenhout, Saskia; Haryonoc, Mindia; Choc, Shu-Ting; Kuoc, Chih-Horng:** „The genome of ‘Candidatus Phytoplasma solani’ strain SA-1 is highly dynamic and prone to adopting foreign sequences.“ In Systematic and Applied Microbiology. 117-127: Elsevier BV, 2019.
- Statistisches Bundesamt:** „Hektarerträge ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich“ 22. Januar 2020. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/gtz-zeitreihe-hektarertrag-augewaehlter-anbaukulturen.html> (Zugriff am 21. Dezember 2020).
- Statistisches Bundesamt:** „Ackerland Hauptfruchtgruppen“ 20. November 2019. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/ackerland-hauptfruchtgruppen-frucharten.html> (Zugriff am 21. Dezember 2020).
- Strube D&S GmbH:** „Sortenratgeber 2020/21“ (Zugriff am 30. Dezember 2020).
- Südzucker AG:** „Werk Wabern“ 23. Januar 2021. <https://www.suedzucker.de/de/unternehmen/standorte/wabern>.
- Universität Ulm:** SysTax. 2015. <http://www.systax.org/de/details/tax/507465> (Zugriff am 29. Dezember 2020).

**Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V.:** 100 Jahre gemeinsam erfolgreich für Rübe und Zucker. Worms: Druckhaus Franz Seibert KG, 2011.

**Vorholzer, Moritz:** Interview geführt von Merlin Zimmermann. „persönliche Korrespondenz“ (März 2020).

**WetterKontor GmbH:** <https://www.wetterkontor.de/>. 2020. <https://www.wetterkontor.de/> (Zugriff am 14. Januar 2021).

**Wind, A.; Holtschulte, B.:** „Zucker- und Futterrüben.“ In Lehrbuch des Pflanzenbaues; Band 2: Kulturpflanzen, von Norbert Lütke Entrup und Schäfer C. Bernhard, 489-540. Bonn: AgroConcept GmbH, 2011.

**Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V.; Verein der Zuckerindustrie e.V. Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V. / Verein der Zuckerindustrie e.V. 2020:** „Rübenanbau“ <http://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/eu-zuckermarkt/ruebenanbau.html> (Zugriff am 21. Dezember 2020).

**Zinke, Olaf:** Viele Rüben-Bauern geben den Anbau auf. Deutscher Landwirtschaftsverlag, 2020.

## IV. Anhang

### Anlagenverzeichnis

A.1	Ausgehändigter Fragebogen an die Anbauer.....	X
A.2	Detailansichten der untersuchten Schläge .....	XI
A.2.1	Schlag 1 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen .....	XI
A.2.2	Schlag 2 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen .....	XII
A.2.3	Schlag 3 - Über Kassel in der Nähe von Immenhausen.....	XIII
A.2.4	Schlag 4 - Über Kassel in der Nähe von Immenhausen.....	XIV
A.2.5	Schlag 5 – Um Warburg.....	XV
A.2.6	Schlag 6 – Um Warburg.....	XVI
A.2.7	Schlag 7 – Um Wabern .....	XVII
A.2.8	Schlag 8 – Um Wabern .....	XVIII
A.2.9	Schlag 9 – Südlich von Schwalmstadt .....	XIX
A.2.10	Schlag 10 – Südlich von Schwalmstadt.....	XX
A.3	Wetterdaten.....	XXI
A.3.1	Region 1 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen.....	XXI
A.3.2	Region 2 – Über Kassel in der Nähe von Immenhausen.....	XXIII
A.3.3	Region 3 – Um Warburg .....	XXV
A.3.4	Region 4 – Um Wabern.....	XXVII
A.3.5	Region 5 – Südlich von Schwalmstadt.....	XXIX
A.4	Bestätigungs-E-Mail für die Ergebnisse der Laboruntersuchungen.....	XXXI

## A.1 Ausgehändigter Fragebogen an die Anbauer

Merlin Zimmermann  
Kirchgasse 5, 37124 Rosdorf  
Mobil: 0160 94877669

### **Schlagkartei SBR-Monitoring**

Anbauernname: \_\_\_\_\_ Schlagname: \_\_\_\_\_  
Ortsname: \_\_\_\_\_ Landkreis: \_\_\_\_\_  
m über NN: ..... Bodentyp: ..... Bodenart: .....  
Bodenzahl: .....

### **Fruchtfolge:**

Vorfrucht: \_\_\_\_\_ Vorvorfrucht: \_\_\_\_\_  
Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag (%): .....  
Anbaudichte Zuckerrüben in der Region: >30%  10-30%  <10%   
Nächstgelegene Wetterstation: \_\_\_\_\_ Entfernung (km): \_\_\_\_\_  
Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr (m): .....  
Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer (m): .....

### **Rübenbestand:**

Sorte: \_\_\_\_\_ Aussattermin: \_\_\_\_\_  
Auflauftermin (Kalenderwoche): \_\_\_\_\_  
Bestandsdichte (Pfl/ha): \_\_\_\_\_  
Reihenschluss (Kalenderwoche): \_\_\_\_\_

### **Bodenbearbeitung:**

Herbstfurche: ja  nein   
Frühjahrsfurche: ja  nein   
Mulchsaat: ja  nein

Abbildung 20: Ausgehändigter Fragebogen an die Anbauer

## A.2 Detailansichten der untersuchten Schläge

### A.2.1 Schlag 1 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen

<b>Schlag</b>	Schlagname	Osterfeld Rechts
	Landkreis	Göttingen
	Gemarkung	Sieboldshausen
	Koordinaten	51°28'56.1"N 9°53'56.2"E
	Größe in ha	24,8
	m über NN	160
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	8 (Horlgraben, nördl.)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	50 (nördl.)
<b>Boden</b>	Bodenart	Lehm
	Bodenpunkte	82
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Weizen
	Vorvorfrucht	Weizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	BTS 7300 N
	Aussaattermin	26.3.2020
	Aufdauertermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	90.000 – 100.000
	Reihenschluss (KW)	24

Gem. der Abbildung 20 wurden die Fallen am nordwestlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 3. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 65m vom westlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.



Abbildung 21: Schlag Osterfeld Rechts mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

## A.2.2 Schlag 2 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen

<b>Schlag</b>	Schlagname	Christen Werra 1
	Landkreis	Werra-Meißner-Kreis
	Gemarkung	Unterrieden
	Koordinaten	51°19'24.4"N 9°52'52.1"E
	Größe in ha	3,7
	m über NN	120
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	6 (Werra, westl.)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	700 – 800 (nördl.)
<b>Boden</b>	Bodenart	lehmiger Sand
	Bodenpunkte	55 - 60
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	25
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	< 10
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Lunella
	Aussaattermin	1.4.2020
	Auflauftermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	90.000 – 100.000
	Reihenschluss (KW)	25

Gem. der Abbildung 21 wurden die Fallen am westlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 3. Fahrgasse (30m Fahrgassen) entlang, ca. 75m vom nördlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

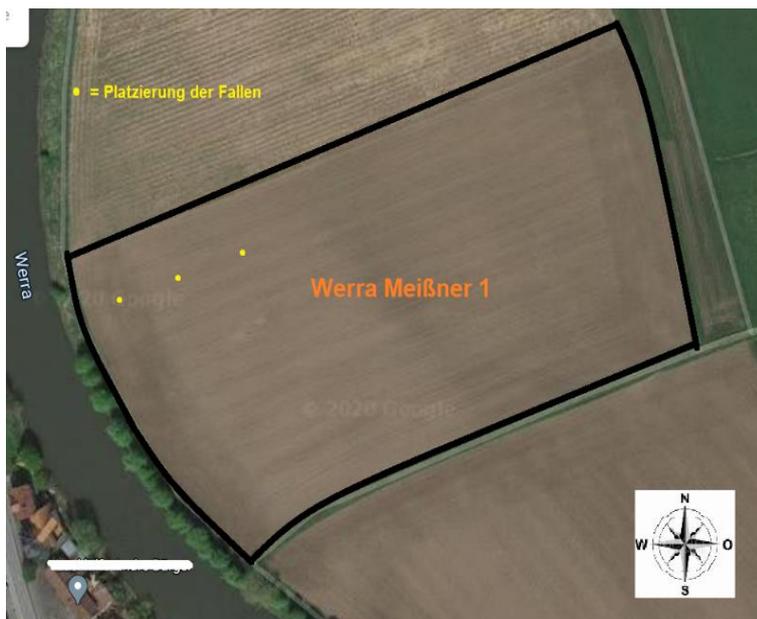


Abbildung 22: Schlag Werra Meißner 1 mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

### A.2.3 Schlag 3 - Über Kassel in der Nähe von Immenhausen

<b>Schlag</b>	Schlagname	Der neue Hof
	Landkreis	Kassel
	Gemarkung	Simmershausen
	Koordinaten	51°22'15.6"N 9°29'59.0"E
	Größe in ha	8,2
	m über NN	200
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	900 (Espe, nördl.)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	550
<b>Boden</b>	Bodenart	nicht angegeben
	Bodenpunkte	nicht angegeben
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Wintergerste
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	25
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	< 10
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	BTS 3750
	Aussaattermin	28.03.2020
	Aufbaufruchttermin (KW)	15
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	95.000
	Reihenschluss (KW)	22

Gem. der Abbildung 22 wurden die Fallen am nördlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 3. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 65m vom östlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

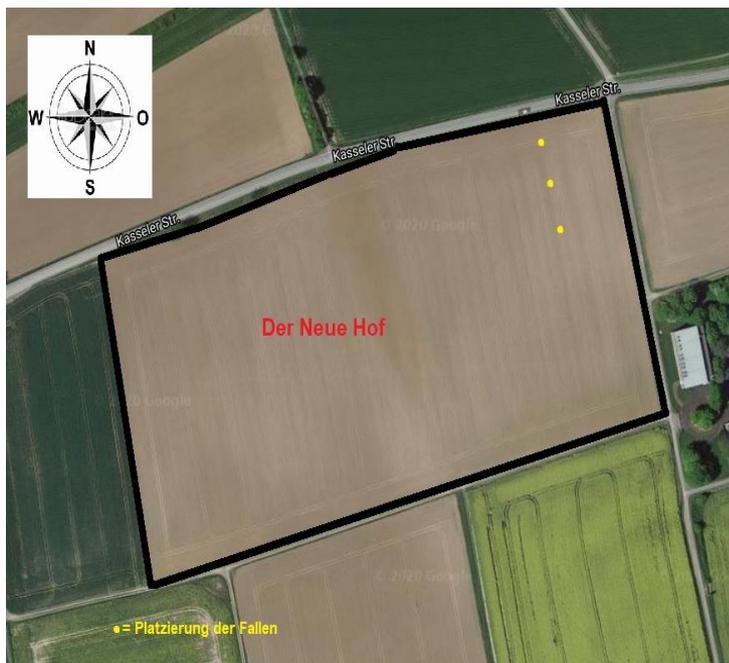


Abbildung 23: Schlag Der Neue Hof mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

#### A.2.4 Schlag 4 - Über Kassel in der Nähe von Immenhausen

<b>Schlag</b>	Schlagname	Pfeiffers Land
	Landkreis	Kassel
	Gemarkung	Grebenstein
	Koordinaten	51°26'60.0"N 9°23'38.8"E
	Größe in ha	17,2
	m über NN	170
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	300 (Nesselbach, nördlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	100 (nördlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	Lehm
	Bodenpunkte	58
	Bodenbearbeitung	Lehm
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Annarosa
	Aussaattermin	25.3.2020
	Auflauftermin (KW)	15
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	90.000
	Reihenschluss (KW)	20

Gem. der Abbildung 23 wurden die Fallen am nördlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 15. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 390m vom östlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

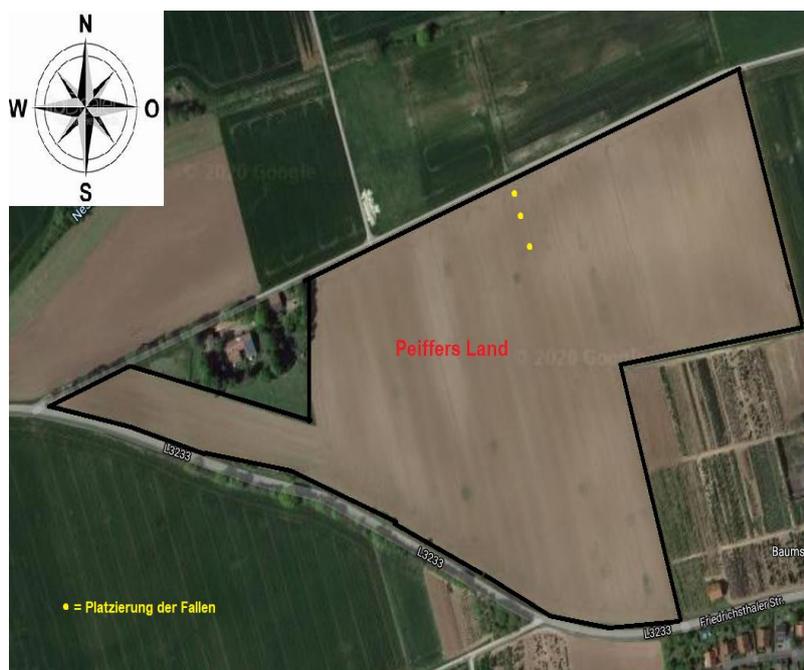


Abbildung 24: Schlag Pfeiffers Land mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

### A.2.5 Schlag 5 – Um Warburg

<b>Schlag</b>	Schlagname	Steinbreite
	Landkreis	Höxter
	Gemarkung	Daseburg
	Koordinaten	51°30'16.9"N 9°13'08.6"E
	Größe in ha	3,4
	m über NN	nicht angegeben
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	500 (Eggel, östlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	1
<b>Boden</b>	Bodenart	nicht angegeben
	Bodenpunkte	nicht angegeben
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	25
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Lunella
	Aussaattermin	26.3.2020
	Auflauftermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	95.000
	Reihenschluss (KW)	23

Gem. der Abbildung 24 wurden die Fallen am westlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 2. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 50m vom südlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

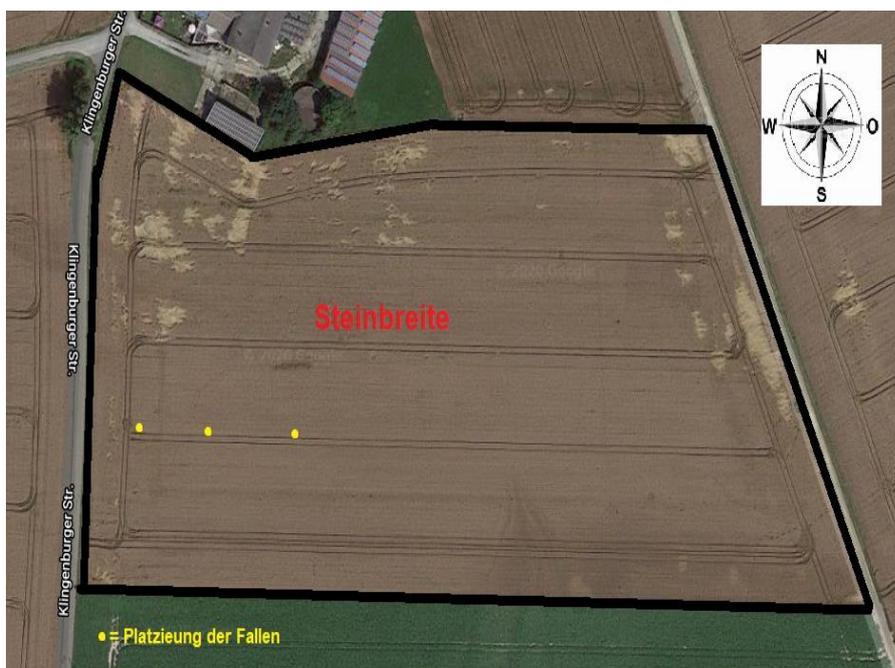


Abbildung 25: Schlag Steinbreite mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

## A.2.6 Schlag 6 – Um Warburg

<b>Schlag</b>	Schlagname	Am Weg
	Landkreis	Höxter
	Gemarkung	Welda
	Koordinaten	51°27'41.3"N 9°06'40.7"E
	Größe in ha	7,2
	m über NN	180
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	280 (Twiste, östlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	5 (südlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	lehmiger Ton
	Bodenpunkte	70
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	< 10
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Annarosa
	Aussaattermin	28.03.2020
	Auflauftermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	97.000
	Reihenschluss (KW)	23

Gem. der Abbildung 25 wurden die Fallen am östlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 2. Fahrgasse (30m Fahrgassen) entlang, ca. 45m vom südlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.



Abbildung 26: Schlag Am Weg mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

### A.2.7 Schlag 7 – Um Wabern

<b>Schlag</b>	Schlagname	Waberner Weg
	Landkreis	Schwalm-Eder-Kreis
	Gemarkung	Udenborn
	Koordinaten	51°05'36.4"N 9°18'34.3"E
	Größe in ha	11,1
	m über NN	190
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	3 (Siechengraben, westlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	3 (südlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	schluffiger Lehm
	Bodenpunkte	78
	Bodenbearbeitung	Herbstfurche
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Dancia
	Aussaattermin	27.03.2020
	Aufbaufrucht (KW)	15
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	80.000
	Reihenschluss (KW)	23

Gem. der Abbildung 26 wurden die Fallen am westlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 2. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 50m vom südlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert. Auf dem Schlag 3m südlich vom Waberner Weg, wurden letztes Jahr Zuckerrüben angebaut, welche mit SBR befallen waren.



Abbildung 27: Schlag Waberner Weg mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

## A.2.8 Schlag 8 – Um Wabern

<b>Schlag</b>	Schlagname	Hinter der Schwalm (K)
	Landkreis	Schwalm-Eder-Kreis
	Gemarkung	Unshausen
	Koordinaten	51°04'53.8"N 9°21'23.6"E
	Größe in ha	4,2
	m über NN	155
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	20 (Schwalm, östlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	1 (westlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	nicht angegeben
	Bodenpunkte	65
	Bodenbearbeitung	Mulchsaat
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Annarosa
	Aussaattermin	19.3.2020
	Auflauftermin (KW)	nicht angegeben
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	92.000
	Reihenschluss (KW)	23

Gem. der Abbildung 27 wurden die Fallen am südlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 2. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 40m vom westlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.



Abbildung 28: Schlag Hinter der Schwalm (K) mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

### A.2.9 Schlag 9 – Südlich von Schwalmstadt

<b>Schlag</b>	Schlagname	Bornstück
	Landkreis	Schwalm-Eder-Kreis
	Gemarkung	Loshausen
	Koordinaten	50°52'42.5"N 9°14'31.7"E
	Größe in ha	6,9
	m über NN	220
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	260 (Lehmbach, südlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	5 (nördlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	Lehm
	Bodenpunkte	64
	Bodenbearbeitung	Frühjahrsfurche
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Winterweizen
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	Danizia
	Aussaattermin	26.03.2020
	Auflauftermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	88.000
	Reihenschluss (KW)	24

Gem. der Abbildung 28 wurden die Fallen am nordwestlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 3. Fahrgasse (21m Fahrgassen) entlang, ca. 50m vom südwestlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

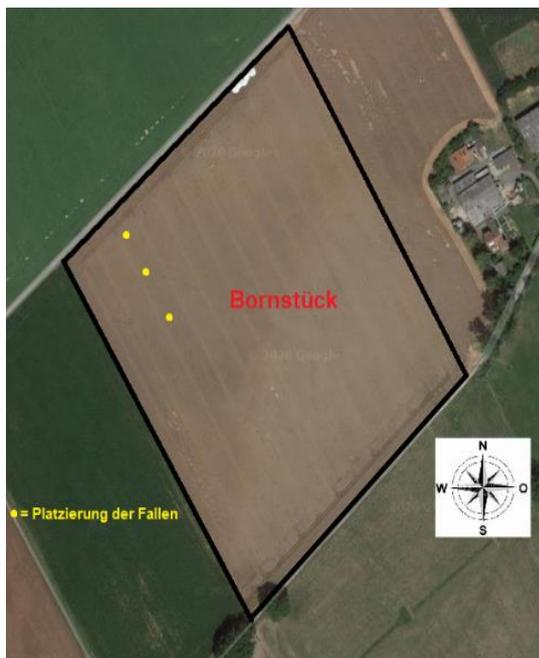


Abbildung 29: Schlag Bornstück mit Platzierung der Fallen

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

### A.2.10 Schlag 10 – Südlich von Schwalmstadt

<b>Schlag</b>	Schlagname	Metzenfeld
	Landkreis	Schwalm-Eder-Kreis
	Gemarkung	Gungelshausen
	Koordinaten	50°51'34.0"N 9°14'14.7"E
	Größe in ha	5,3
	m über NN	nicht angegeben
	Entfernung zum nächsten stehenden oder ständig fließenden Gewässer in m (Gewässername + Ausrichtung)	500 (Antrefft, westlich)
	Entfernung zum nächsten Schlag mit Zuckerrüben im Vorjahr in m (Ausrichtung)	500 (westlich)
<b>Boden</b>	Bodenart	nicht angegeben
	Bodenpunkte	nicht angegeben
	Bodenbearbeitung	Herbstfurche
<b>Fruchtfolge</b>	Vorfrucht	Wintergerste
	Vorvorfrucht	Winterweizen
	Fruchtfolgeanteil Zuckerrüben auf dem Schlag in %	33
	Anbaudichte Zuckerrüben in der Region in %	10 - 30
<b>Rübenbestand</b>	Sorte	BTS 3750
	Aussaattermin	26.03.2020
	Aufbaufruchttermin (KW)	16
	Bestandsdichte (Pfl/ha)	70.000
	Reihenschluss (KW)	24

Gem. der Abbildung 29 wurden die Fallen am westlichen Vorgewende des Schlages, 2m neben der 3. Fahrgasse (27m Fahrgassen) entlang, ca. 65m vom nördlichen Feldrand in den oben genannten Abständen (siehe 4.4.2) platziert.

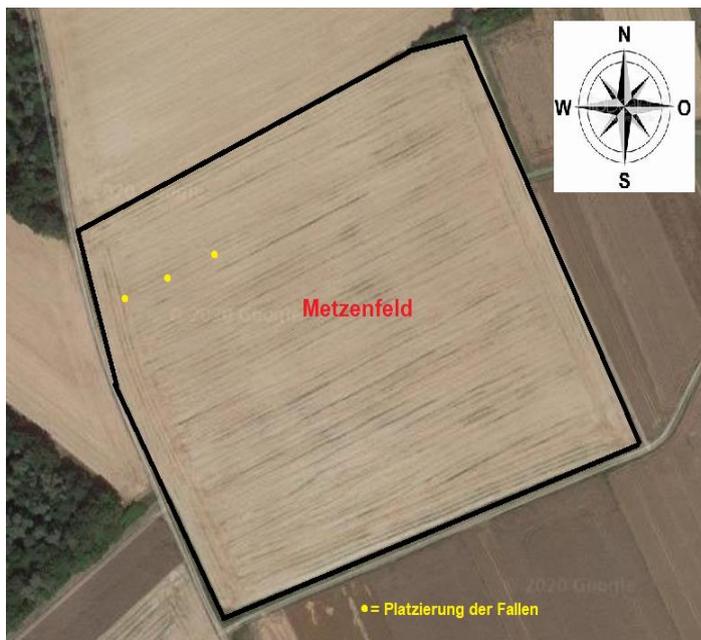


Abbildung 30: Schlag Metzenfeld mit Platzierung der Falle

(Quelle: Google Maps 2020, modifiziert)

## A.3 Wetterdaten

### A.3.1 Region 1 - Zwischen Göttingen und Witzenhausen

Die nächstgelegene Wetterstation in diesem Gebiet ist die Wetterstation Göttingen.

2020:

Temperaturdaten:

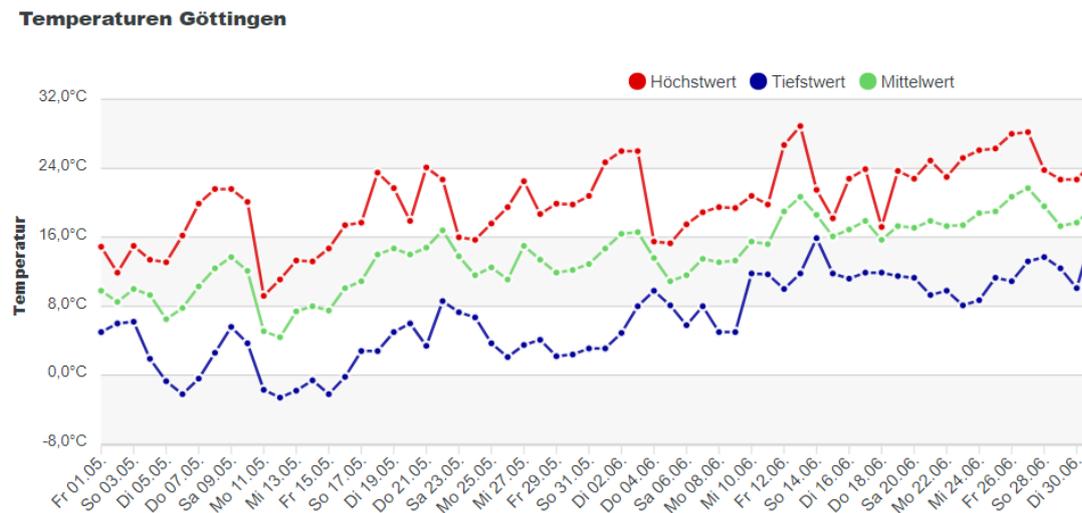


Abbildung 31: Temperaturdaten der Wetterstation Göttingen vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

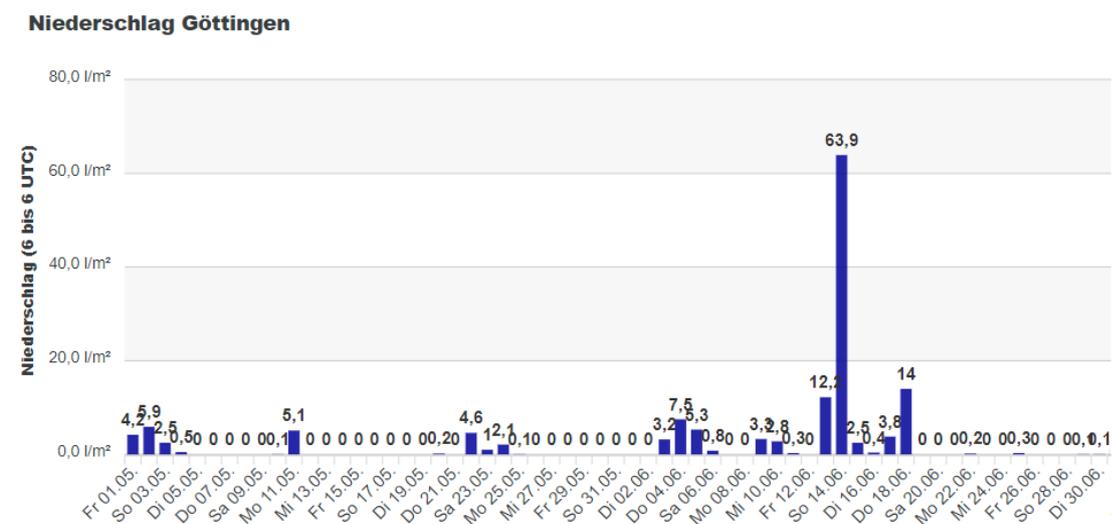


Abbildung 32: Niederschlagsdaten der Wetterstation Göttingen vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

2019:

Temperaturdaten:

### Temperaturen Göttingen

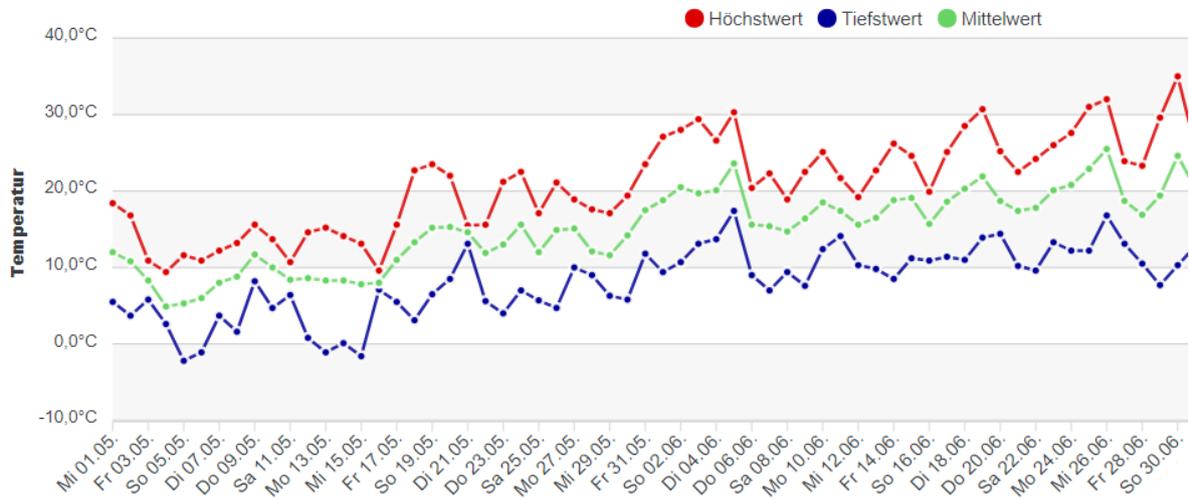


Abbildung 33: Temperaturdaten der Wetterstation Göttingen vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

### Niederschlag Göttingen

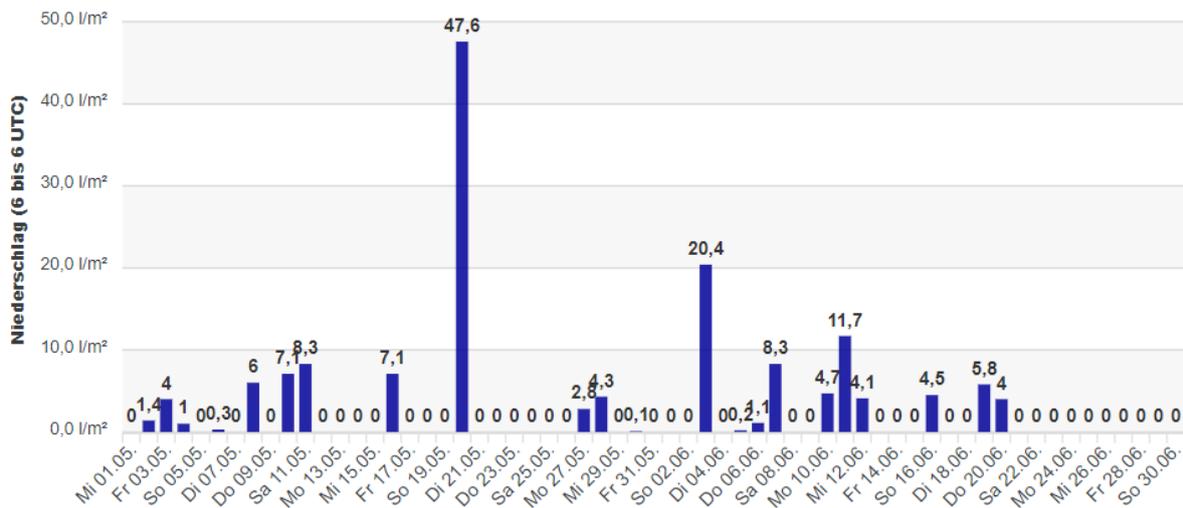


Abbildung 34: Niederschlagsdaten der Wetterstation Göttingen vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

### A.3.2 Region 2 – Über Kassel in der Nähe von Immenhausen

Die nächstgelegene Wetterstation in diesem Gebiet ist die Wetterstation Schauenburg-Elgershausen.

2020:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Kassel / Schauenburg-Elgershausen**

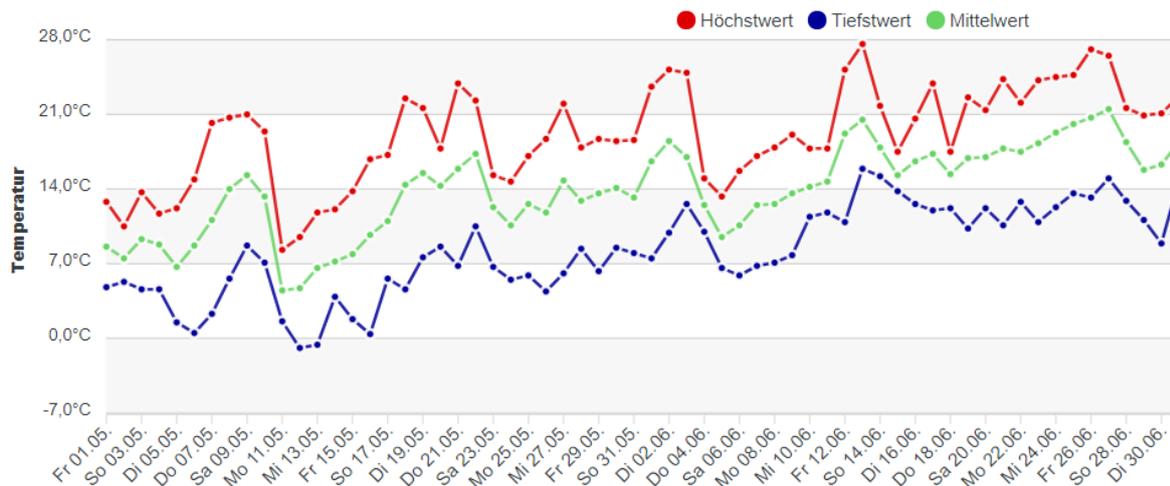


Abbildung 35: Temperaturdaten der Wetterstation Schauenburg-Elgershausen vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Kassel / Schauenburg-Elgershausen**

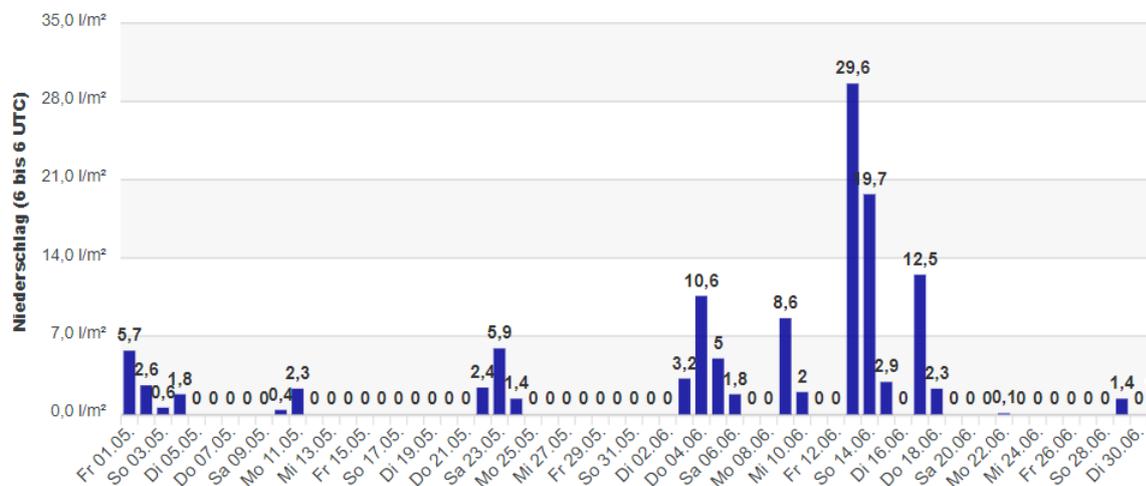


Abbildung 36: Niederschlagsdaten der Wetterstation Schauenburg-Elgershausen vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

2019:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Kassel / Schauenburg-Elgershausen**

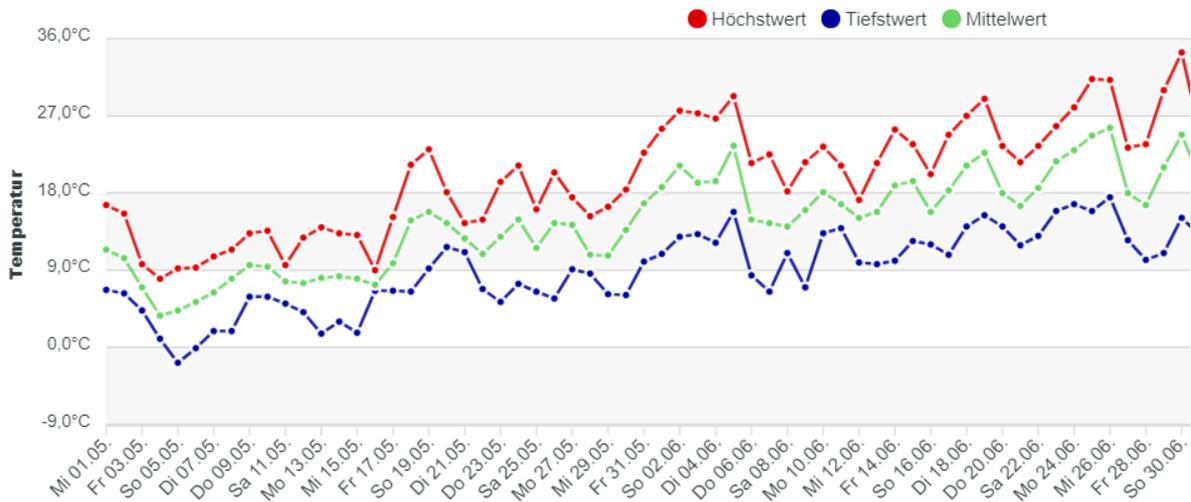


Abbildung 37: Temperaturdaten der Wetterstation Schauenburg-Elgershausen vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Kassel / Schauenburg-Elgershausen**

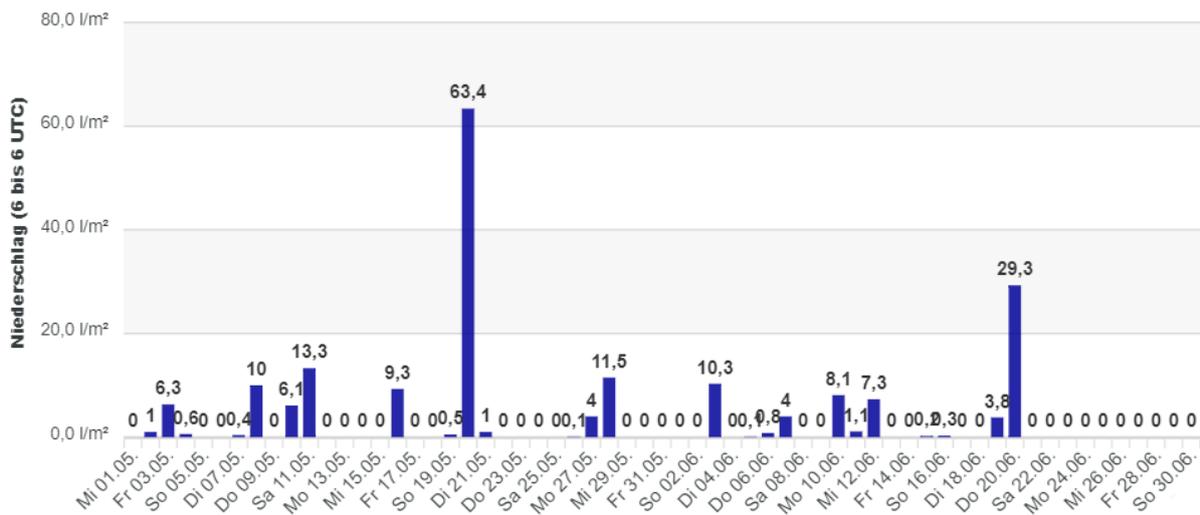


Abbildung 38: Niederschlagsdaten der Wetterstation Schauenburg-Elgershausen vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

### A.3.3 Region 3 – Um Warburg

Die nächstgelegene Wetterstation in diesem Gebiet ist die Wetterstation Warburg.

2020:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Warburg (Ostwestfalen-Lippe)**

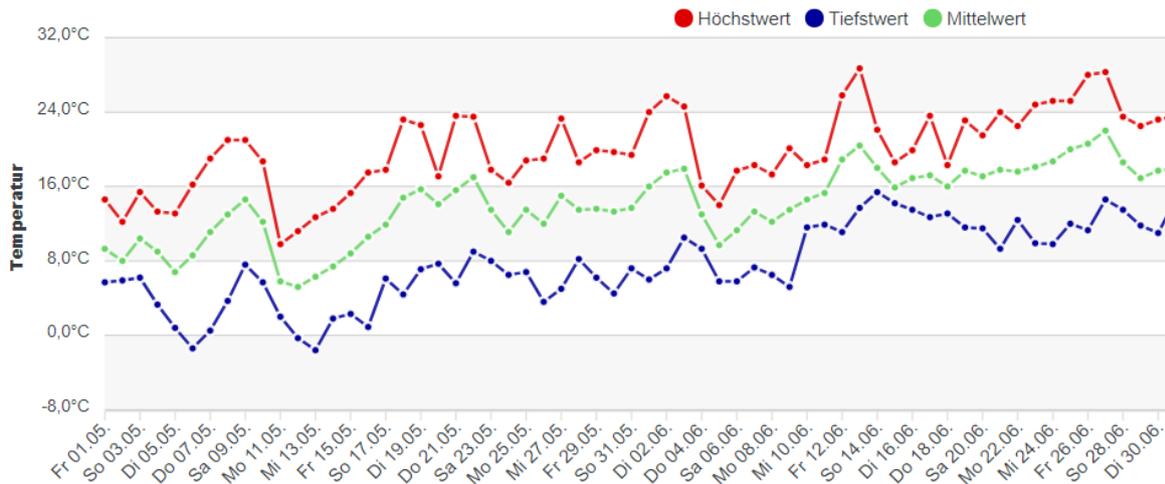


Abbildung 39: Temperaturdaten der Wetterstation Warburg vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Warburg (Ostwestfalen-Lippe)**

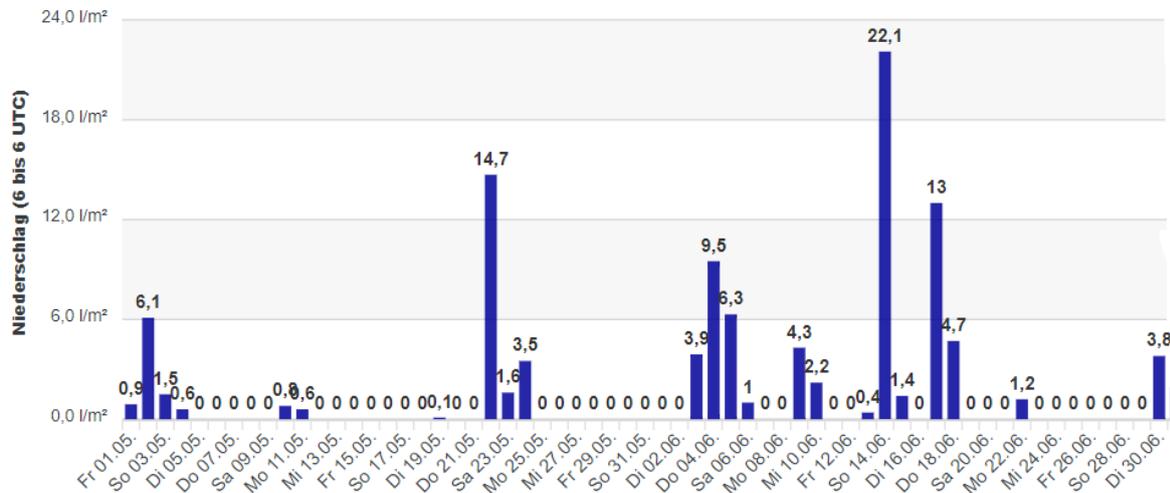


Abbildung 40: Niederschlagsdaten der Wetterstation Warburg vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

2019:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Warburg (Ostwestfalen-Lippe)**

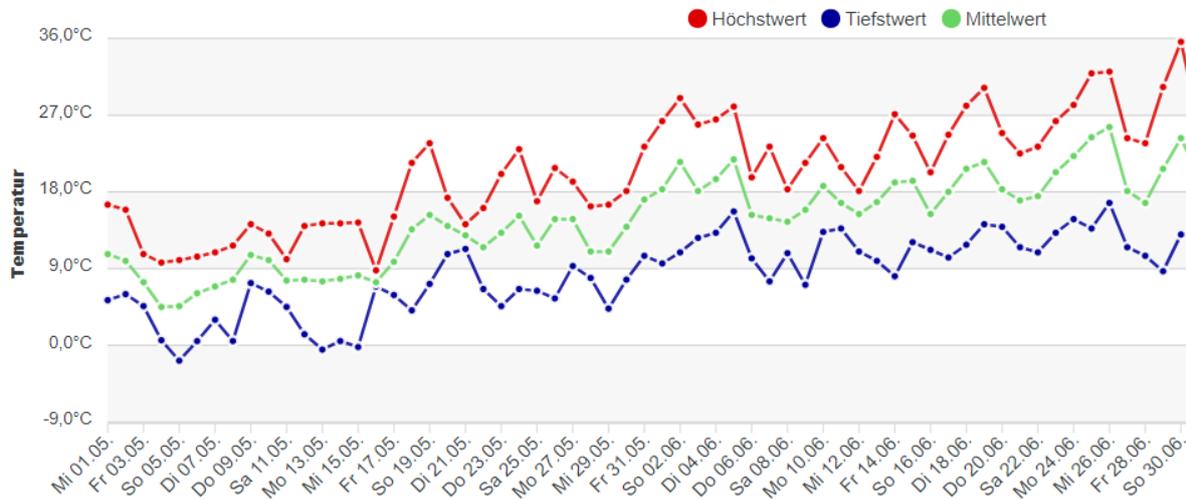


Abbildung 41: Temperaturdaten der Wetterstation Warburg vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Warburg (Ostwestfalen-Lippe)**

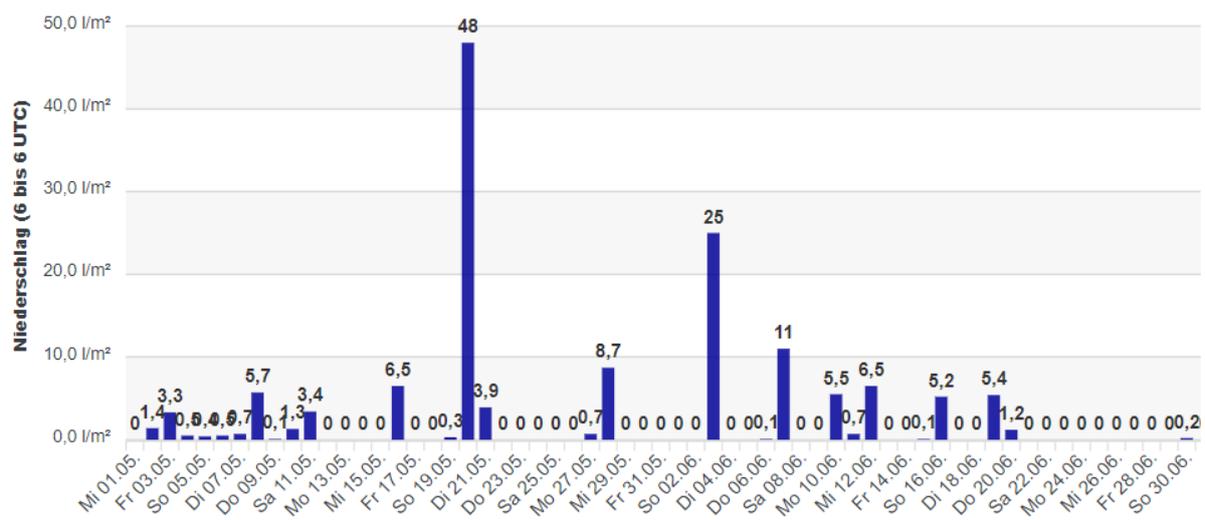


Abbildung 42: Niederschlagsdaten der Wetterstation Warburg vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

### A.3.4 Region 4 – Um Wabern

Die nächstgelegene Wetterstation in diesem Gebiet ist die Wetterstation Fritzlar (Flugplatz).

2020:

Temperaturdaten:

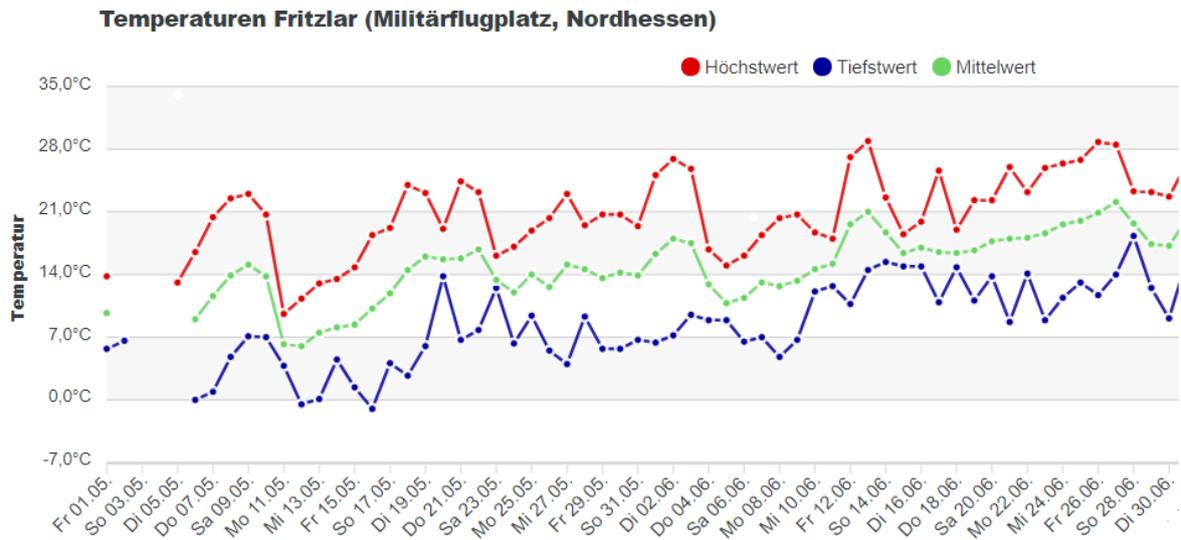


Abbildung 43: Temperaturdaten der Wetterstation Fritzlar vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

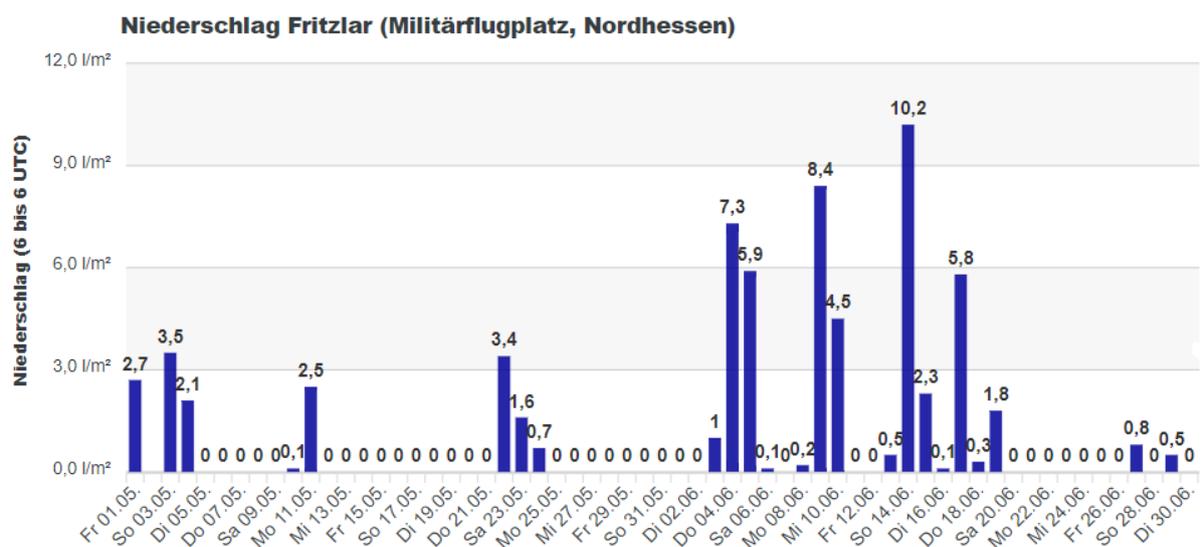


Abbildung 44: Niederschlagsdaten der Wetterstation Fritzlar vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

2019:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Fritzlar (Militärflugplatz, Nordhessen)**

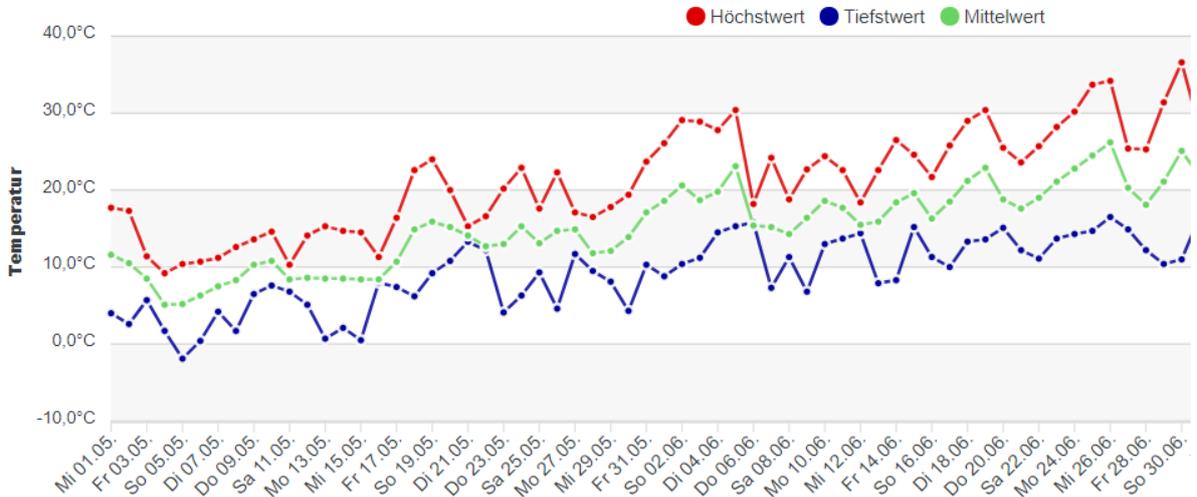


Abbildung 45: Temperaturdaten der Wetterstation Fritzlar vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Fritzlar (Militärflugplatz, Nordhessen)**

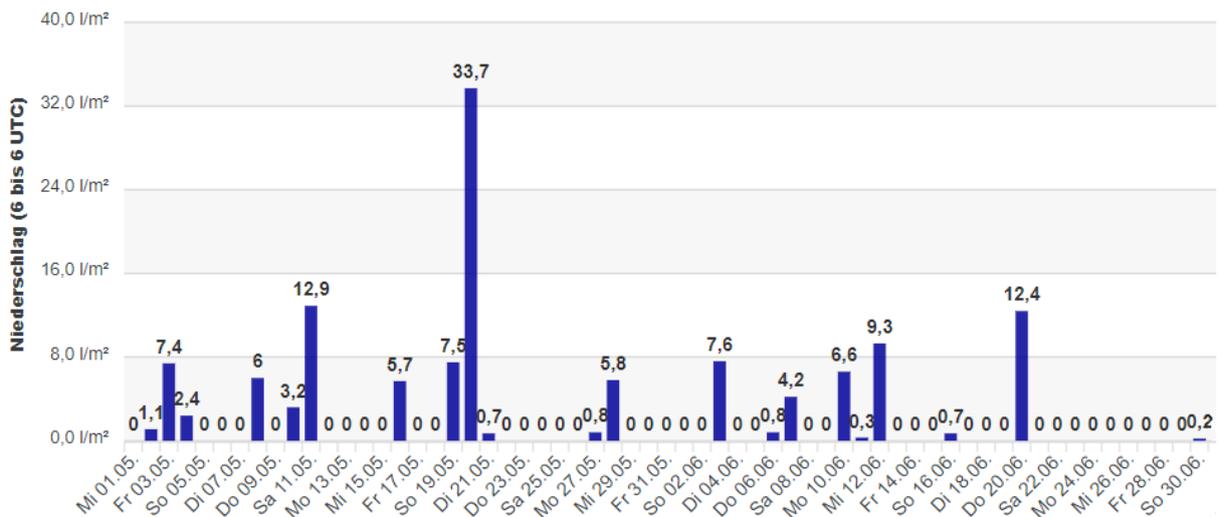


Abbildung 46: Niederschlagsdaten der Wetterstation Fritzlar vom 01.05.2019 bis 30.06.2019

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

### A.3.5 Region 5 – Südlich von Schwalmstadt

Die nächstgelegene Wetterstation in diesem Gebiet ist die Wetterstation Gilserberg-Moischeld.

2020:

Temperaturdaten:

**Temperaturen Gilserberg-Moischeld (Nordhessen, 340 m)**

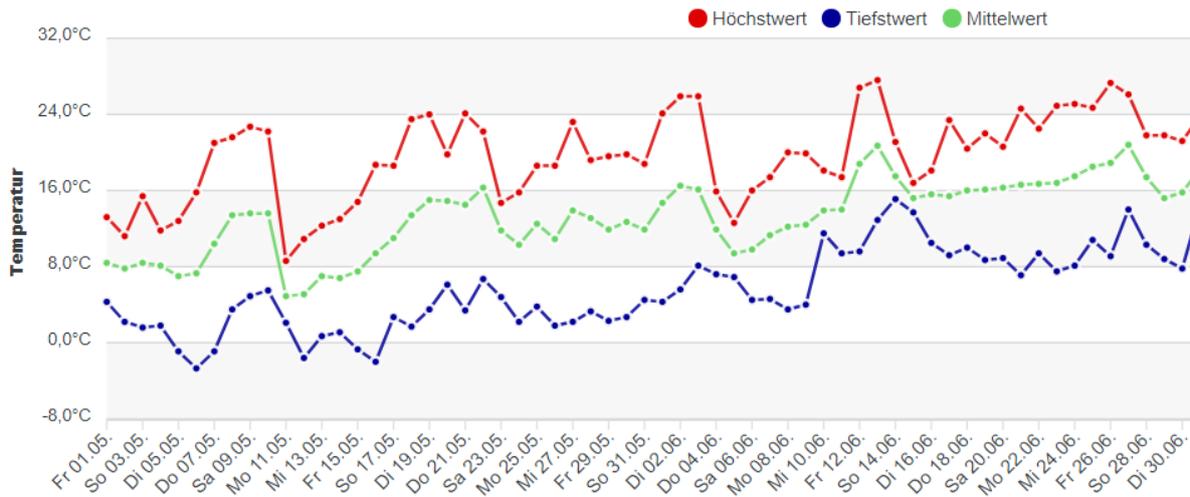


Abbildung 47: Temperaturdaten der Wetterstation Gilserberg-Moischeld vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)

Niederschlagsdaten:

**Niederschlag Gilserberg-Moischeld (Nordhessen, 340 m)**

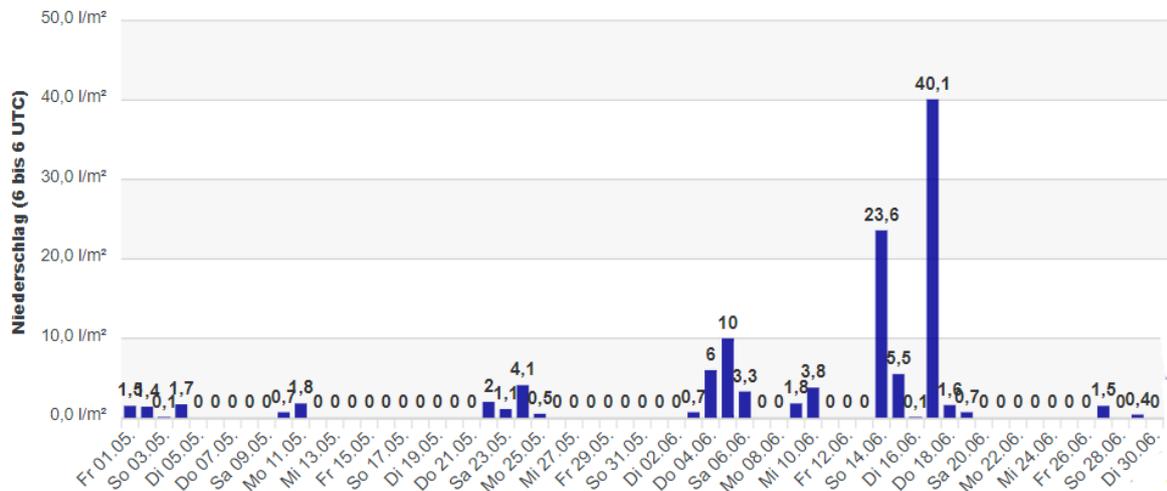


Abbildung 48: Niederschlagsdaten der Wetterstation Gilserberg-Moischeld vom 01.05.2020 bis 30.06.2020

(Quelle: WetterKontor GmbH 2020)



## A.4 Bestätigungs-E-Mail für die Ergebnisse der Laboruntersuchungen

### **Ergebnisse zur SBR-Analytik**

**Von:** "Vorholzer, Moritz" <Moritz.Vorholzer@suedzucker.de>  
**An:** "zimmermann-merlin@web.de" <zimmermann-merlin@web.de>  
**Datum:** 14.01.2021 17:13:44

---

Sehr geehrter Herr Zimmermann,

die Analyse der Zuckerrüben auf den Erreger der SBR-Krankheit am Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen hat ergeben, dass beide eingereichten Proben positiv getestet wurden. Sowohl für unseren Standort in Witzenhausen, bei Michaela Breun als auch am Standort Wabern, Meyfarth KG wurde das Proteobakterium *Arsenophonus* nachgewiesen. Aufgrund der Tragweite dieses Fundes wurden beide Analysen mehrmals durchgeführt – das Ergebnis wurde in jedem Durchgang bestätigt. Ebenfalls erfolgte eine Sequenzierung des PCR-Amplikons.

Da die visuellen Symptome der Zuckerrüben im Verlauf der Kampagne auch an anderen Standorten festgestellt wurden, ist davon auszugehen, dass die SBR-Krankheit in einzelnen Regionen der Zuckerfabrik Wabern angekommen ist.

Unsere Zuckermesswerte der aktuellen Kampagne zeigen aber auch, dass es sich bisher um Einzelfälle handelt und die Krankheit nur in schwacher Ausprägung auftritt! Die Zuckeranalytik der SBR-positiv Schläge hat keine deutlich schlechteren Zuckergehalte ergeben (jew. um die 17,5% Zucker, Inhaltsstoffe auf normalem Niveau → Keine Anzeichen für eine Rübenkrankheit).

**Mit freundlichen Grüßen**

Moritz Vorholzer

Geschäftsbereich Zucker/Rüben

Rohstoffabteilung Kassel/Wetterau

*Abbildung 51: Bestätigungs-E-Mail für die Ergebnisse der Laboruntersuchungen*

# **Selbstständigkeitserklärung**

## **Erklärung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Bernburg, den 14.02.2021

.....

Merlin Friedrich Zimmermann