Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Pflanzenbau

Prof. Dr. Dobers

Bachelor-Studienarbeit

„Einfluss von Saattermin und Sorte auf Wachstum und Entwicklung sowie Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben unter Berücksichtigung der natürlichen Standortheterogenität“

urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2019-0565-1

von

Tim Richter

24. Februar 2020

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Tabellenverzeichnis
1. Einleitung 1
1.1 Problemstellung 1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise 2
2. Stand der Forschung 3
2.1 Standortansprüche 3
2.2 Ertragskomponenten 5
2.2.1 Bestandesdichte 5
2.2.2 durchschnittliches Rübengewicht 6
2.2.3 Zuckergehalt und Bereinigter Zuckergehalt 7
2.3 Ertragsbildung 8
2.3.1 Blattflächenindex und Blattflächendauer 8
2.3.2 Lichtinterzeption 10
2.3.3 Lichtnutzungseffizienz und Harvest-Index 11
3. Material und Methoden 13
3.1 Betrieb und Standort 13
3.2 Bestandesführung 14
3.2.2 Bodenbearbeitung und Aussaat 14
3.2.3 Düngung 15
3.2.4 Pflanzenschutz 16
3.3 Versuchsaufbau und Methodik 18
3.3.1 Standorte der Einzelparzellen 18
3.3.2 Sorten 19
3.3.3 Erfassung Feldaufgänge und Bestandesdichten 21
3.3.4 Erfassung der Blatt- und Bestandesentwicklung im Vegetationsverlauf 23
3.3.5 Ertrags- und Qualitätserfassungen 24
3.3.6 Datenerfassung und Verarbeitung 25
4. Ergebnisse 27
4.1 Feldaufgänge und Bestandesdichten 27
4.2 Blatt- und Bestandesentwicklung im Vegetationsverlauf 30
4.3 Erträge und Qualitäten 43
5. Diskussion 51
6. Zusammenfassung 57
7. Literaturverzeichnis 58
8. Anhang 61
Eidesstaatliche Erklärung 70

Abkürzungsverzeichnis

ZG	Zuckergehalt	in % je Rübe
BZG	Bereinigter Zuckergehalt	in % je Rübe
BZE	Bereinigter Zuckerertrag	in dt/ha
BFI	Blattflächenindex	in m^2 Blattfläche/ m^2 Boden
AV	Ausbeuteverluste	in % je Rübe
SMV	Standard- Melasseverlust	in % je Rübe
Na	Natriumgehalt	in mmol/1000g Rübe
K	Kaliumgehalt	in mmol/1000g Rübe
AmN	Amino-N-Gehalt	in mmol/1000g Rübe
PAR	Photosynthetically Active Radiation	in $MJ/m^2/d$
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche	in ha
BP	Bodenpunktzahl	einheitslos
SL	stark lehmiger Sand	einheitslos
N	Stickstoff	in kg/ha
BBCH	Entwicklungsstadium	einheitslos

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Standorte nach Saatzeiten und Sorten auf dem Untersuchungsfeld (blaue Linie links: Marley in Spätsaat, blaue Linie rechts: Daphna in Spätsaat; grüne Linie rechts und rechter Feldrand: Grenzen des Feldblocks für Marley in Frühsaat, grüne Linien links und mittig: Grenzen des Feldblocks für Daphna in Frühsaat). Hintergrund: Verhältnis-Bild der Sentinel-2-Nahinfrarot-Reflexionen im Frühsommer 2018 (Berechnung: Nahinfrarot vom 06.06.2018 / Nahinfrarot vom 07.05.2018) mit Kontrasstreckung (grün: Verhältnis >1, rot: Verhältnis <1) 18

Abbildung 2: Erreichte Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019 .28

Abbildung 3: Standorteinfluss auf die Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019 29

Abbildung 4: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019 30

Abbildung 5: Blattzahlen von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen am 29. Mai 2019 32

Abbildung 6: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 29. Mai 2019 33

Abbildung 7: Blattzahlen von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen am 15. Juni 2019 34

Abbildung 8: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 15. Juni 2019 34

Abbildung 9: Erreichte Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019 35

Abbildung 10: Standorteinfluss auf die Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019 36

Abbildung 11: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019 37

Abbildung 12: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 13. Juli 2019 38

Abbildung 13: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 13. Juli 2019 38

Abbildung 14: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 12. August 2019 39

Abbildung 15: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 12. August 2019 40

Abbildung 16: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 21. September 2019 41

Abbildung 17: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 21. September 2019 41

Abbildung 18: Erreichte Zuckergehalte von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019) 43

Abbildung 19: Erreichte Rübenerträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019) 44

Abbildung 20: Erreichte bereinigte Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019) 45

Abbildung 21: Mittlere bereinigte Zuckererträge von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen zum Erntetermin (20. Oktober 2019) 46

Abbildung 22: Standorteinfluss auf die bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019) 47

Abbildung 23: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die mittleren bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019) 48

Abbildung 24: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019) 49

Abbildung 25: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Standardmelasseverluste von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019) 50

Abbildung 26: Standorteinfluss auf die Standardmelasseverluste von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019) 50

Abbildung 27: Strohmulchsaat der Zuckerrüben nach der Vorfrucht Winterroggen 62

Abbildung 28: Keimblattstadium der Zuckerrüben (EC 10) 62

Abbildung 29: Ablageungenauigkeit in Form einer Doppelablage 63

Abbildung 30: Ackerbeikräuter: Echte Kamille (links), Vogelmiere (Mitte), Ausfallraps (rechts) 63

Abbildung 31: Zuckerrüben mit 4 entfalteten Laubblättern (EC 14), sowie erste Saug- und Fraßschäden 63

Abbildung 32: Entwicklungsunterschied der Zuckerrüben zwischen frühen (rechts) und späten Aussaattermin (links) 64

Abbildung 34: Aufnahme des Zuckerrübenbestandes bei BBCH 35-36 65

Abbildung 35: Chlorosenbildung und Absterben einzelner Blätter bei Zuckerrüben.....65

Abbildung 36: Starker Fraßschaden an Zuckerrübe durch Mäusebefall 66

Abbildung 37: Schadbild Rübenmottenbefall an Zuckerrüben 66

Abbildung 38: Abgestorbene Zuckerrübenpflanze aufgrund von Starkbefall mit Rübenmotten.....67

Abbildung 39: Cercospora Blattfleckenkrankheit an Zuckerrüben 67

Abbildung 40: Fraßschäden an geernteten Zuckerrüben durch Mäusebefall 68

Abbildung 41: Beinigkeit an geernteten Zuckerrüben (Parzelle 3.2) 68

Abbildung 42: Zuckerrüben mit ausgeprägter Pfahlwurzel (Parzelle 5.1) 69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versuchsaufbau (schematisch) 19

Tabelle 2: Leistungseinstufung beider Versuchssorten (nach Bundessortenamt) 21

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Landwirte, welche Zuckerrüben in ihre Fruchtfolge integriert haben, setzen sich im Frühjahr regelmäßig mit der Frage auseinander, wann der optimale Aussaatzeitpunkt für die Zuckerrüben ist. Oftmals hört man von der Auffassung, dass die Aussaat „so früh wie möglich und so spät wie nötig“ erfolgen sollte (KWS SAAT SE & Co. KGaA 2019). Doch welche Vorteile bringt ein früherer Aussaatzeitpunkt mit sich? Versuche der Nordzucker AG haben gezeigt, dass über drei Jahre hinweg (2011-2013), bei einer zehn Tage früheren Aussaat im Mittel ein um 14 dt/ha höherer Zuckerertrag erzielt werden kann (SONNENBERG 2016). Eine möglichst frühe Aussaat scheint also eine wesentliche Grundlage zum Erreichen hoher Erträge zu sein. Sie bietet bei optimalen Bodenverhältnissen die Chance, ein zeitiges Auflaufen der Rüben zu ermöglichen (HOFFMANN 2014). Dies führt zu einer besseren Ausnutzung der Vegetationszeit und des Wachstumsfaktors Licht, welcher für die Fotosynthese und der damit verbundenen Trockenmassebildung notwendig ist (RÖVER 1995, HOFFMANN 2006). Ein weiterer Faktor, welcher maßgeblichen Einfluss auf den Rüben- beziehungsweise den Zuckerertrag hat, ist der Standort und die dort vorherrschenden Standortbedingungen. Hierbei spielen neben Niederschlag und Temperatur die Bodenverhältnisse, wie zum Beispiel pH-Wert, Verdichtungen oder die Wasserspeicherkapazität des Bodens, eine wesentliche Rolle. Auch die Fruchtfolge und das Schädlingsvorkommen am Standort sind Variablen der Ertragsbildung, welche das Ertragspotenzial der Zuckerrüben positiv oder negativ beeinflussen können. Weiterhin ist die Sorte ein einflussreicher Parameter für die Bildung des Rüben- und Zuckerertrages. Die Sorten können sich beispielsweise im Bezug auf Resistenzen oder Toleranzen gegenüber Blatt- beziehungsweise Rübenkrankheiten und Rübenzystennematoden unterscheiden, oder womöglich hinsichtlich ihrer Eignung für frühe oder späte Rodetermine. Die Wahl der Sorte sollte sich also immer an den Standortverhältnissen orientieren, wie zum Beispiel der Befahrbarkeit bei eventuell späten Ernteterminen, oder dem vor Ort gegebenen Krankeits- und Schädlingsdruck (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2015). Die folgende Arbeit thematisiert das Zusammenwirken der drei Faktoren Saatzeit, Standort und Sorte unter Praxisbedingungen im Jahr 2019.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, zu zeigen, ob eine um zehn Tage nach vorn verlängerte Vegetationszeit bei Zuckerrüben im Jahr 2019 einen höheren Zuckerertrag hervorbringt. Weiterhin wird geprüft, ob die Standortgüte den Zuckerertrag beeinflusst, beziehungsweise ob unter besseren Standortbedingungen höhere Zuckererträge erreicht werden können. Dies wird anhand zweier Zuckerrübensorten untersucht, wobei der Sorteneinfluss auf den Zuckerertrag ebenfalls berücksichtigt wird. Dazu wird zu Beginn auf die Standortanforderungen von Zuckerrüben, also auf die Bodenvorraussetzungen, Witterungsansprüche und auf die Fruchtfolge eingegangen. Weiterhin werden für alle Standorte im Schlag, welche sich hinsichtlich ihres Ertragspotenzials unterscheiden, die Ertragskomponenten ermittelt und auf die Bildung des Rübenertrages eingegangen. Dabei ist beispielsweise der Blattflächenindex, als wesentlicher Faktor der Ertragsbildung, von besonderer Bedeutung. Des Weiteren wird auf die tatsächlichen Standortgegebenheiten des Zuckerrübenschlages eingegangen und die Bestandesführung im Bezug auf Bodenbearbeitung und Aussaat, sowie Düngung und Pflanzenschutz dargelegt. Mit Hilfe eines Praxisversuches soll anschließend gezeigt werden, welchen Einfluss ein früherer Aussaattermin von Zuckerrüben auf den Zuckerertrag hat, beziehungsweise inwieweit sich die Entwicklung der Rüben von den später gesäten Pflanzen unterscheidet. Dies soll anhand zweier Sorten unter der natürlichen Standortheterogenität innerhalb des Praxisfeldes untersucht werden. Zuletzt sollen anhand der Ergebnisse Rückschlüsse darüber gezogen werden, ob eine frühere Aussaat unter den Vorraussetzungen im Versuchsjahr ertragsrelevante Vorteile mit sich bringt und welche Bedeutung den Standortverhältnissen und der Sorte zukommt.

2. Stand der Forschung

2.1 Standortansprüche

Bodenansprüche

Bezüglich des Bodens gilt die Zuckerrübe grundsätzlich als anspruchsvoll. Nährstoffreiche und tiefgründige Böden, welche über eine gute Wasserführung verfügen, zählen zu den Gunststandorten. Sofern die Wasser- und Nährstoffversorgung gesichert ist, sind jedoch auch leichtere Standorte mit sandigen Böden für den Zuckerrübenanbau geeignet (i.m.a & WVZ 2011). Weitere Kriterien für einen rübenfähigen Standort sind eine Krumentiefe von über 25 cm, sowie ein Steinbesatz von unter zwei Prozent, um das Wachstum der tiefreichenden Pfahlwurzel der Zuckerrübe nicht zu beeinträchtigen und ein hindernisfreies Roden zu gewährleisten. Zugleich sollte der pH- Wert des Bodens im Neutralbereich, bei etwa 7, liegen. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass Zuckerrüben eine Mindestkeimtemperatur von 5 °C haben und bereits wenige Temperaturgrade darüber hinaus die Keimung beschleunigen und den Feldaufgang deutlich verbessern (DIEPENBROCK et al. 2016). Aus diesem Grund empfehlen sich Standorte mit guter Erwärmbarkeit im Frühjahr.

Witterungsansprüche

Für den Zuckerrübenanbau wird eine Wärmesumme von 2500-2900 °C benötigt, welche in 180-220 Vegetationstagen erreicht werden sollte. Spätfrostlagen sind für den Zuckerrübenanbau ungünstig, da die Schosshemmung in Abhängigkeit von der Sorte bereits im ersten Vegetationsjahr abgebaut werden könnte. Die Vernalisation könnte zu Frühschossern führen, welche bei vermehrtem Auftreten die Ernte stark erschweren und zu Konkurrenz im Pflanzenbestand führen (DIEPENBROCK et al. 2016). Die Wasserversorgung eines Standorts ist oft ertragsbegrenzend für die Zuckerrüben (DIEPENBROCK et al. 2016). Für eine ausreichende Ertragssicherheit benötigen sie einen Jahresniederschlag von mindestens 500 mm (i.m.a & WVZ 2011). Ein Drittel des gesamten Wasserbedarfs sollte den Rübenbeständen in Juli und August zur Verfügung stehen, da in dieser Phase die Blattbildungsrate und Trockenmassezuwächse maximal sind (DIEPENBROCK et al. 2016). Weiterhin sind warme klimatische Verhältnisse und eine lange Sonnenscheindauer für das Wachstum der Rüben und für das Erreichen hoher Erträge vorteilhaft (i.m.a & WVZ 2011). Während der Jugendphase der Zuckerrüben wird bereits der Rübenkörper, in dem sich zahlreiche Kambiumringe bilden, angelegt (GEISLER 1991). Diese Ausdifferenzierung des sekundä-

ren Dickenwachstums und die Blattbildung werden durch Temperaturen von 15 °C bis 25 °C in der Jugendphase gefördert (DIEPENBROCK et al. 2016).

In der darauffolgenden Hauptwachstumsphase, in der die Ausbildung der Blattrosette erfolgt, vergrößert sich der Rübenkörper stark (GEISLER 1991). Hier ist die Amplitude von der Tages- und der Nachttemperatur entscheidend. Sie wirkt sich ab Ende August auf die Zuckereinlagerung aus. Dabei sind Tagestemperaturen von 20 °C und Nachttemperaturen um 15 °C eine optimale Kombination, um höchste Zuckererträge im Rübenkörper zu erreichen (DIEPENBROCK et al. 2016).

Fruchtfolgeansprüche

Die Anbaupause der Zuckerrübe innerhalb einer Fruchtfolge sollte mindestens drei, jedoch besser fünf Jahre betragen (i.m.a & WVZ 2011). Dies ist in erster Linie auf ihre geringe Selbstverträglichkeit bezüglich der Rübenzystennematoden zurückzuführen. Sofern ein Ackerstandort einen Nematodenbesatz von über 500 Larven und Eiern in 100 Gramm Boden aufweist, gilt er als nicht rübenfähig. Kreuzblütler, wie beispielsweise Raps, zählen zu den Wirtspflanzen der zystenbildenden Nematoden (DIEPENBROCK et al. 2016). Aus diesem Grund sind sie in einer Fruchtfolge mit der Zuckerrübe ein Risiko. Zu den sogenannten Feindpflanzen der Nematoden zählen beispielsweise Lein oder Luzerne. Sie haben einen starken Einfluss auf die Populationsentwicklung der Nematoden, werden aber aus ökonomischen Gründen selten angebaut (DIEPENBROCK et al. 2016). Um den Nematodenbefall zu verringern, werden in der Praxis häufig nematodenresistente Zwischenfrüchte angebaut, welche die Entwicklung der Nematoden hemmen. Hierzu zählen bestimmte Ölrettichsorten. Auch der Anbau nematodentoleranter Zuckerrübensorten ist möglich (DIEPENBROCK et al. 2016). Getreide gilt im Hinblick auf Nematoden als Neutralpflanze. Es bietet den Schädlingen keine Nahrung und übt keinen Schlupfreiz aus (DIEPENBROCK et al. 2016). In getreidelastigen Fruchtfolgen gilt die Zuckerrübe deshalb als auflockernde Blattfrucht, da sie auch kein Wirt für Getreidekrankheiten- und Schädlinge ist (i.m.a & WVZ 2011). Beim Auftreten von Rizomania ist die Anbauhäufigkeit der Zuckerrüben deutlich zu reduzieren, da der Erreger der Wurzelbärtigkeit nicht direkt zu bekämpfen ist. Auch im Hinblick auf Blattkrankheiten, wie Cercospora und Ramularia, sollten die Anbaupausen der Zuckerrübe unbedingt eingehalten und bei Befall verlängert werden (DIEPENBROCK et al. 2016). Die Zuckerrüben hinterlassen einen unkrautarmen Acker und die leicht mineralisierbaren Erntereste stehen der Nachfrucht vorrangig als Natrium- und Kaliumquelle zur Verfügung. Bei sehr feuchten Erntebedingungen aufgrund später Rodetermi-

ne, kann es zu Strukturschäden des Bodens kommen. Dennoch ist der Vorfruchtwert der Zuckerrübe in der Fruchtfolge als hoch einzuordnen (DIEPENBROCK et al. 2016).

2.2 Ertragskomponenten

Zur Ermittlung des Zuckerrüben- bzw. des Zuckerertrages sind im Wesentlichen drei Komponenten notwendig. Diese sind beispielsweise hilfreich um Ertragsprognosen zu erstellen. Diese Komponenten sind die Bestandesdichte, das durchschnittliche Rübengewicht und der Zuckergehalt (ZG) beziehungsweise der Bereinigte Zuckergehalt (BZG). Aus diesen drei Ertragskomponenten setzt sich der Bereinigte Zuckerertrag (BZE) je Hektar zusammen, welcher die Basis für die Vergütung des Zuckerrübenanbauers ist. Der BZE in Kilogramm je Hektar errechnet sich wie folgt:

$$\text{BZE (in kg/ha)} = \frac{(\text{Pflanzen/ha x durchschnittliches Rübengewicht in kg}) \text{ x BZG in \%}}{100}$$

2.2.1 Bestandesdichte

Eine der wichtigsten Ertragskomponenten der Zuckerrübe ist die Bestandesdichte. Sie gibt die Anzahl der Pflanzen je Fläche an und hat großen Einfluss auf den Rüben- und Zuckerertrag. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nicht der Rübenertrag je Hektar zielführend für den Zuckerrübenanbau zur Zuckererzeugung ist, sondern der Ertrag an bereinigtem Zucker je Hektar über die Wirtschaftlichkeit entscheidet. Demnach liegt zum Beispiel die Zielbestandesdichte für einen maximalen Zuckerertrag mit 75.000 bis 85.000 Pflanzen je Hektar höher als die Zielbestandesdichte für einen maximalen Rübenertrag, welcher bereits mit 70.000 bis 75.000 Pflanzen je Hektar erreicht werden kann (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2015). Ein wichtiger Faktor, welcher die Bestandesdichte beeinflusst, ist der Feldaufgang. Er gibt an, wieviel der ausgesäten Pflanzen je Fläche tatsächlich aufgelaufen sind. Gute Feldaufgänge bei der Zuckerrübe liegen bei über 80 % (DIEPENBROCK et al. 2016). Dabei spielen beispielsweise die Saatbettqualität, Bodentemperatur und Witterung eine bedeutende Rolle. So führt ein klutiges Saatbett, Bodentemperaturen unterhalb der Mindestkeimtemperatur von Zuckerrüben sowie starke Niederschläge nach der Aussaat zu erheblich schlechteren Feldaufgängen und geringeren Bestandesdichten. Diesen Problemen kann der Landwirt jedoch mit einer guten Saatbettbe-

reitung und der Wahl des richtigen Aussaatzeipunktes entgegenwirken, oder mit einer Erhöhung der Aussaatstärke versuchen zu kompensieren. Weiterhin ist die Bestandesdichte der entscheidende Parameter, um Umbruchentscheidungen treffen zu können. Hierfür gibt es Richtwerte, unterhalb denen ein Umbruch sinnvoller ist, als den Bestand zu erhalten. So ist es beispielsweise in den meisten Fällen sinnvoll, einen Bestand von 40.000-45.000 Pflanzen je Hektar noch zu erhalten. Dabei ist jedoch immer zu beachten, dass bei geringen Bestandesdichten größere Einzelrüben mit schlechterer Qualität zu erwarten sind. Dahingegen ist es bei Beständen mit unter 35.000 Pflanzen je Hektar sinnvoller, einen Umbruch durchzuführen. Hierbei empfiehlt es sich, gut entwickelte, nachgesäte Bestände später zu ernten, da die Rüben physiologisch jünger und noch Ertragszuwächse zu erwarten sind (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2015).

2.2.2 durchschnittliches Rübengewicht

Auch das durchschnittliche Rübengewicht in Kilogramm dient als zweite Ertragskomponente der Zuckerrübe dazu, den Rübenertrag und den Zuckerertrag je Hektar zu ermitteln. Jedoch besteht der Rübenkörper der Zuckerrübe zu 75 % aus Wasser und lediglich zu 25 % aus Trockensubstanz (DIEPENBROCK et al. 2016). Aus diesem Grund ist der Parameter „durchschnittliches Rübengewicht“ allein nur wenig aussagekräftig und kein Indikator für hohe Zuckererträge und ökonomischen Erfolg im Zuckerrübenanbau. Beispielsweise haben große Rüben, mit einem hohen durchschnittlichen Rübengewicht einen geringeren BZG durch einen tendenziell höheren Anteil an Melassebildnern. Diese verringern den Anteil an ausbeutbarem Zucker in der Rübe und damit auch den BZE je Hektar (DIEPENBROCK et al. 2016). Ebenso können kleine Rüben durch ihr geringeres Gewicht für einen niedrigeren BZE je Hektar verantwortlich sein, auch wenn der BZG im Rübenkörper hoch ist. Das durchschnittliche Rübengewicht ist also immer in Verbindung mit dem BZG der Rüben und der Bestandesdichte zu betrachten.

2.2.3 Zuckergehalt und Bereinigter Zuckergehalt

Die dritte und letzte Ertragskomponente der Zuckerrübe ist der ZG, beziehungsweise der BZG. Letztere der beiden Größen ist maßgebend für die innere Qualität der Zuckerrübe. Der ZG gibt den theoretisch in der Rübe enthaltenen Zucker in % an und der BZG den tatsächlich aus der Rübe gewinnbaren Zuckergehalt in % an. Die Differenz aus diesen beiden Werten wird als Ausbeuteverlust (AV) bezeichnet. Die Formel zur Berechnung des BZG lautet:

$$\text{BZG (in \%)} = \text{ZG (in \%)} - \text{AV (in \%)}$$

In den Ausbeuteverlusten werden die unbestimmten Fabrikverluste, welche vom Landwirten nicht beeinflussbar sind und immer mit 0,6 % veranschlagt werden und die Verluste durch Melassebildner, den sogenannten Standardmelasseverlusten (SMV) zusammengefasst (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2015). Die Ausbeuteverluste errechnen sich wie folgt:

$$\text{AV (in \%)} = \text{SMV (in \%)} + 0{,}6$$

Hierbei wird der Zuckergewinnungsprozess bei der Auskristallisation der Saccharose in der Zuckerfabrik durch die Melassebildner gestört. Aus diesem Grund liegt der BZG um etwa zwei bis vier Prozentpunkte unterhalb des theoretischen ZG. Zu den Melassebildnern gehören Bestandteile der löslichen Asche, in Form von Natrium (Na) und Kalium (K) und Amino- Stickstoff (AmN) (DIEPENBROCK et al. 2016). Die allgemeine Formel zur Berechnung der Standardmelasseverluste lautet:

$$\text{SMV (in \%)} = 0{,}12(K+Na)+0{,}24\ AmN+0{,}48$$

Die Gehalte an Na, K und AmN werden in der Formel in mmol 100 g^{-1} angegeben. Der Amino-N-Gehalt (AmN) hat starken Einfluss auf die Rübenqualität und kann vom Landwirt durch bestimmte Maßnahmen beeinflusst werden. Dabei sind Stickstoffdüngung und Sortenwahl von besonderer Relevanz. Grundsätzlich ist es so, dass die Rübenqualität umso besser ist, je geringer die SMV ausfallen (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2015). Letzten Endes lässt sich sagen, dass allein ein hoher ZG in der Rübe nicht ausreichend ist, um hohe Zuckererträge zu realisieren. Der Landwirt sollte

bestrebt sein, den Anteil an Melassebildner durch Maßnahmen wie Sortenwahl und eine angepasste Düngung möglichst gering zu halten, um einen hohen BZG und daraus resultierend einen hohen BZE zu erzielen.

2.3 Ertragsbildung

Für den Zuckerrübenanbau ist eine effektive Ausnutzung der Einstrahlung eine wichtige Voraussetzung, um in der gemäßigten Klimazone hohe Erträge zu erzielen (RÖVER 1995). Dabei ist die Fotosynthese als Grundlage der Trockenmassebildung von besonderer Bedeutung. Darunter versteht man die Bildung von Sauerstoff und chemischer Energie, in Form von Glucose, durch Umsetzung von Lichtenergie und Kohlenstoffdioxid (HOFFMANN 2006). Parameter, wie die Blattfläche und die Ausnutzung des Lichtes im Zuckerrübenbestand, spielen bei der Ertragsbildung eine tragende Rolle.

2.3.1 Blattflächenindex und Blattflächendauer

Die Entwicklung der Blattfläche von Zuckerrüben zählt zu den wichtigsten Größen bei der Bildung von Biomasse. Das Blatt ist die Grundlage der Ertragsbildung und der Wirkort der Fotosynthese. Aus diesem Grund kommt dem Blattflächenindex (BFI) eine große Bedeutung zu. Er gibt an, wieviel Blattfläche in Quadratmetern, alle auf einem Quadratmeter Boden stehenden Pflanzen, aufweisen. Während der Hauptwachstumsphase der Zuckerrüben, welche mit dem Schließen des Bestandes bei Entwicklungsstadium (BBCH) 31 beginnt, steigt der BFI stark an (RÖVER 1995). Der Bereich des BFI, in dem die Pflanzen ihre maximale Wachstumsrate realisieren, wird als optimaler BFI bezeichnet. Der optimale BFI zur Realisierung hoher Zuckererträge liegt zwischen 3,5 (HOFFMANN 2006) und 4 (RÖVER 1995). Laut Röver (1995) wird beim BFI von 4 die einfallende Einstrahlung nahezu vollständig genutzt und es besteht nur eine geringfügige Konkurrenz um Licht im Bestand. Die Untergrenze des optimalen BFI, bei der nur noch 10 % der einfallenden Strahlung von der Sonne auf den Boden einstrahlen, wird als kritischer BFI bezeichnet. Dieser Wert liegt bei 3,8. Bei größeren Blattflächenindices werden nur noch geringfügige Wachstumsratenzuwächse erwartet (RÖVER 1995). Deutlich höhere Blattflächenindices haben keinerlei positive Auswirkungen auf die Ertragsbildung mehr. Hier könnte es sogar zu Lichtkonkurrenz im Bestand und zu damit verbundener Veratmung von Assimilaten kommen (HOFFMANN 2006). Laut RÖVER (1995) wird hierbei die Blattbildung so stark ge-

fördert, dass dadurch der Rübenertrag und der Zuckerertrag sinkt. Um hohe Erträge im Zuckerrübenanbau zu realisieren, empfiehlt es sich, den Wachstumsfaktor Licht bestmöglich auszunutzen (RÖVER 1995). Da Zuckerrüben bis auf die ersten zwei bis drei Monate nach der Saat nahezu immer den optimalen BFI erreichen und sogar übertreffen, ist es empfehlenswert, den zeitlichen Verlauf sowie die Höhe des BFI zu beeinflussen (HOFFMANN 2006, RÖVER 1995). Laut RÖVER (1995) ist es vor allem in den Monaten April bis Juni notwendig, den BFI zu steigern, da der von HOFFMANN (2006) angegebene, optimale BFI von 3,5 erst gegen Ende Juni, beziehungsweise Anfang Juli erreicht wird. Somit werden erst zu diesem Zeitpunkt 80 % bis 90 % der einfallenden Strahlung vom Bestand absorbiert. Dies ist auf die anfangs relativ langsame Blattbildung der Zuckerrüben zurückzuführen (HOFFMANN 2006). Um also ein schnelleres Erreichen des optimalen BFI zu ermöglichen, ist eine möglichst frühe Aussaat mit einer nach vorn verlängerten Vegetationszeit, sowie gute Feldaufgänge erforderlich. Um den optimalen BFI in seiner Höhe zu erhalten und unnötige Lichtkonkurrenz im Bestand zu vermeiden, ist weiterhin eine angepasste Stickstoffdüngung notwendig (RÖVER 1995). Laut RÖVER (1995) sollte auf eine ausreichende Stickstoffversorgung während der Jugendphase geachtet werden, um die Blattbildung zu beschleunigen. Dennoch sollte bei der Stickstoffdüngung beachtet werden, dass hohe Stickstoffgaben in der Hauptwachstumsphase den BFI deutlich steigern, sodass bei zu hohen Blattflächenindices wieder vermehrt Assimilate zur Blattbildung veratmet werden (HOFFMANN 2006, RÖVER 1995).

Ebenso, wie der BFI für die Lichtabsorption und Trockenmassebildung durch Fotosynthese wichtig ist, ist auch die Dauer der Blattfläche von besonderer Bedeutung. Sie gibt an, wie lange die gebildete Blattfläche der Zuckerrüben funktionstüchtig ist. Die Verlängerung der Blattflächendauer hat bei vielen Kulturen zur Ertragssteigerung beigetragen, da weniger Assimilate für die Blattneubildung verbraucht werden. Aus diesem Grund zielen einige pflanzenbauliche Maßnahmen darauf ab, eine ausreichende Blattfläche so lange wie möglich funktionstüchtig zu erhalten. Hierbei sollte neben einer optimal angepassten Stickstoffdüngung auch die Gesunderhaltung des Blattapparats, beispielsweise mit Hilfe von Pflanzenschutzmitteln, im Fokus stehen. Auch eine durch Züchtung bewirkte, schnellere Blattbildung zum Vegetationsbeginn und eine möglichst frühe Aussaat sind Maßnahmen, um eine hohe Blättflächendauer zu erreichen (HOFFMANN 2006). Abschließend ist zu sagen, dass der Landwirt pflanzenbaulich darauf abzielen sollte, eine schnelle Blattbildung

zu Vegetationsbeginn und eine höhere Blattflächendauer zur Hauptphase der Zuckereinlagerung zu erreichen, um hohe Erträge zu erwirtschaften. (DIEPENBROCK et al. 2016).

2.3.2 Lichtinterzeption

Auch für die Lichtinterzeption des Zuckerrübenbestandes sind eine zeitige Aussaat und eine beschleunigte Blattbildung besonders vorteilhaft. Aus der auf den Bestand einstrahlenden Lichtenergie und der Absorption durch die Blätter der Zuckerrüben ergibt sich die Lichtinterzeption eines Bestandes. Die für die Trockenmassebildung relevante einfallende Strahlung wird als photosynthetisch aktive Strahlung (**P**hotosynthetically **A**ctive **R**adiation- PAR) bezeichnet. Sie liegt etwa im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm vor (HOFFMANN 2006). Durch eine frühere Aussaat und einer beschleunigten Blattbildung würde ein größerer Teil der Einstrahlung in den Monaten von April bis Juni absorbiert, sowie ein früherer Bestandesschluss erreicht werden können (RÖVER 1995). Dazu kommt, dass die fotosynthetische Hochleistungsphase nur etwa ein Drittel der Vegetationsperiode abdeckt (DIEPENBROCK et al. 2016). Die bessere Ausnutzung der Einstrahlung könnte also Ertragssteigerungen im Zuckerrübenanbau ermöglichen (RÖVER 1995). Die Höhe der Lichtinterzeption ist im hohen Maße vom BFI eines Bestandes abhängig. Sie gilt als optimal, wenn bei intensiver Einstrahlung ein ausreichender BFI von 3,5 bis 4 vorhanden ist, damit ein großer Teil der einfallenden PAR für die Fotosynthese genutzt werden kann (HOFFMANN 2006, RÖVER 1995). Demnach ist neben der Länge der Vegetationszeit und der Blattfläche auch das zeitliche Auftreten von hoher Strahlungsintensität und Blattbildung für die Ertragsbildung entscheidend (HOFFMANN 2006). Da Zuckerrüben erst gegen Ende Juni, beziehungsweise Anfang Juli ihren optimalen BFI erreichen, ist dort bereits die maximale Strahlungsintensität des Jahres überschritten. Die Ertragsbildung von Zuckerrüben ist also aufgrund von mangelnder Koinzidenz[1] eingeschränkt, da für die optimale Ausnutzung der intensiven Frühsommerstrahlung die Blattbildung der Zuckerrüben zu spät beginnt und zu langsam verläuft. Die in der Vergangenheit erreichten Ertragsfortschritte bei Zuckerrüben beruhten demnach überwiegend auf eine zügigere Jugendentwicklung durch beschleunigte Blattentwicklung im Frühjahr nach der Saat. Somit könnte auch in Zukunft das Ertragspotenzial von Zuckerrüben, durch die Erhöhung der Lichtinterzeption, weiter gesteigert werden (HOFFMANN 2006).

[1] Koinzidenz beschreibt das zeitgleiche Zusammenfallen zweier Ereignisse.

2.3.3 Lichtnutzungseffizienz und Harvest-Index

Ein weiterer relevanter Faktor für die Ertragsbildung ist die Lichtnutzungseffizienz. Diese gibt an, welche Menge an Trockenmasse pro Einheit an absorbierter Lichtenergie gebildet wird (HOFFMANN 2006). Viele Pflanzenarten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lichtnutzungseffizienz erheblich, aufgrund ihrer unterschiedlichen Trockenmassezusammensetzung. So ist es also von den unterschiedlichen Inhaltsstoffen und von den aufwändigen physiologischen Prozessen ihrer Synthese abhängig, wie hoch die Lichtnutzungseffizienz ausfällt. Dabei ist es so, dass die Lichtnutzungseffizienz abnimmt, sobald der Gehalt an Proteinen und Fetten in der Trockenmasse zunimmt. Der Grund dafür liegt in ihrem höheren Bedarf an Energie und Assimilaten für die Bildung von einem Gramm Biomasse. Die Zuckerrübe, welche im Gegensatz dazu einen hohen Anteil niedrigmolekularer Kohlenhydrate bildet, hat daher eine hohe Lichtnutzungseffizienz. Diese entspricht in etwa der Bildung von 3,6 g Trockenmasse je Megajoule PAR (HOFFMANN 2006). Aus diesem Grund ist es den Zuckerrüben zum Reihenschluss möglich, unter günstigen Bedingungen einen Trockenmassezuwachs von bis zu 250 kg Trockenmasse je Hektar und Tag zu erreichen. Eine Einzelpflanze kann in dieser Phase bis zu 60 Blätter ausbilden, wovon etwa 30 % ab einem BFI von 4 wieder absterben. Anschließend verringert sich die Blattbildung ab Ende August bis Anfang Oktober und das Wachstum des Rübenkörpers dominiert. Darin werden nun etwa 60 bis 70 % aller gebildeten Assimilate einlagert. (DIEPENBROCK et al. 2016). Laut HOFFMANN (2006) werden demnach für die Produktion von 11 Tonnen Zucker ähnlich viele Assimilate verbraucht, wie für die Produktion von 8 Tonnen Weizen und 3,5 Tonnen Raps. Aufgrund des geringeren Aufwands für Umsetzungsprozesse in der Pflanze erreichen die Zuckerrüben, trotz gleicher Lichtinterzeption und Fotosyntheseleistung, einen höheren Trockenmasseertrag als Weizen oder Raps (HOFFMANN 2006).

Der Harvest-Index gibt an, welchen Anteil das Erntegut an der Gesamttrockenmasse hat. Bei Zuckerrüben ist das der Anteil an Zucker an der gesamten Rübe mit Blatt. Blattmasse, Zellwandbestandteile und sonstige Inhaltsstoffe werden im Harvest-Index nicht erfasst. Da, wie bereits geschildert, der BFI im Zuckerrübenbestand häufig zeitweise höher ist, als sein für maximale Zuwachsraten notwendiges Optimum (Kap. 2.3.1), könnte es durch eine Erhöhung des Rübe- Blatt- Verhältnisses zu Ertragsanstiegen führen, ohne dass insgesamt mehr Biomasse produziert werden muss (HOFFMANN 2006). Dabei könnten beispielsweise alle Assimilate, welche zur Blattbildung über den optimalen BFI hinaus verwendet werden würden, auf diesem Wege gleich für die Bildung der gewünschten Speicherkohlen-

hydrate herangezogen werden. Dadurch wäre bei gleicher Trockenmassebildung eine größere Menge an Zucker aus der einzelnen Rübe zu gewinnen. In der Vergangenheit gelang es bereits, die Zusammensetzung der Zuckerrübe, hinsichtlich ihres geringeren Gehalts an Nichtzuckerstoffen (K, Na, AmN) und Zellwandbestandteilen und ihres gleichzeitig ansteigenden Zuckergehalts zu verändern. Eine durch züchterischen Fortschritt bewirkte, weitere Optimierung dieses Verhältnisses, könnte das Ertragspotenzial von Zuckerrüben weiter erhöhen, ohne dass eine höhere Assimilationsleistung der Pflanzen notwendig ist (HOFFMANN 2006).

3. Material und Methoden

3.1 Betrieb und Standort

Die Praxisversuche wurden in Kooperation mit der Marktfrüchte GmbH Ketzin, auf den dazugehörigen Flächen, durchgeführt. Bei der Marktfrüchte GmbH Ketzin werden schon seit vielen Jahren Zuckerrüben angebaut und sie gelten als ein wichtiges Fruchtfolgeglied. Für die Bewirtschaftung sind neben dem Geschäftsführer und dem Pflanzenbauleiter zwei Vollzeitarbeitskräfte, eine Zeitarbeitskraft und ein Studierender im Betrieb beschäftigt. Der Betrieb ist in Brandenburg, südöstlich des Landkreises Havelland, in der Kleinstadt Ketzin/ Havel, gelegen. Von der Marktfrüchte GmbH Ketzin werden 810 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) bewirtschaftet. Es handelt sich um einen Marktfruchtbetrieb, welcher die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Winterraps, sowie auch Sommergerste, Wiesenschwingel zur Grassaamenvermehrung, Erbsen und Zuckerrüben im Anbau hat. Die durchschnittliche Bodenpunktzahl (BP) der bewirtschafteten Flächen beträgt circa 40. Der Schlag, welcher im Jahre 2019 mit Zuckerrüben bestellt wurde, ist 34,7 Hektar groß. Die Vorfrucht war Winterroggen, dessen Stroh auf der Fläche verblieb. Bei diesem Schlag handelt es sich um einen diluvial entstandenen Standort mit einem stark lehmigen Sand (SL) als Bodenart. Diese Böden zeichnen sich durch eine gute Durchlüftung und Wasserführung aus. Demzufolge ermöglichen sie eine relativ leichte Bearbeitbarkeit, eine gute Durchwurzelung, sowie eine zügige Erwärmung des Bodens im Frühjahr. Jedoch sind solche Böden stärker von Nährstoffauswaschungen betroffen und besitzen ein geringeres Wasserhaltevermögen (LOCHNER et al. 2011). Eine Vorbelastung mit Nematoden, welche für den Zuckerrübenanbau ein hohes Risiko darstellen würde, ist an diesem Standort nicht vorhanden. Laut betriebseigenen Niederschlagsaufzeichnungen betrug die Jahresniederschlagssumme im Anbaujahr 2019 an diesem Standort etwa 400 mm Niederschlag. Über die Vegetationszeit der Zuckerrüben, von Anfang April bis zum 20. Oktober, fielen etwa 240 mm Niederschlag. Die Jahresdurchschnittstemperatur 2019 betrug an diesem Standort 9,25 °C und es schien im Durchschnitt täglich für 4,3 Stunden die Sonne. Während der Vegetationszeit der Zuckerrüben wurden durchschnittlich sogar etwa 5,8 Sonnenstunden erfasst (WETTER.COM GMBH 2019). Bereits im August 2018 wurden die Daten für die Makronährstoff- Untersuchung für diesen Standort an vier Stellen des Feldes erfasst, woraus dann Mittelwerte für den gesamten Schlag gebildet wurden. Die Untersuchung ergab einen pH- Wert von 6,2 und zeigte eine Unterversorgung der Makronährstoffe. Die Gehalte

an Phosphor und Magnesium befanden sich demnach durchschnittlich in der Gehaltsklasse B und der Kaliumgehalt in der Gehaltsklasse A. Laut der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2015) weist die Versorgungsstufe B bei einem lehmigen Sand auf etwa 4- 9 mg P_2O_5 je 100 Gramm Boden und auf lediglich 2 mg MgO je 100 Gramm Boden hin. Weiterhin weist die Gehaltsklasse A beim Kalium auf einen sehr niedrigen Nährstoffgehalt, unterhalb von 3 mg K_2O je 100 Gramm Boden hin.

3.2 Bestandesführung

3.2.2 Bodenbearbeitung und Aussaat

Aufgrund der besonders trockenen Bedingungen im Anbaujahr 2018, unter denen das Ausfallgetreide lange nicht aufkeimte, wurde nach der Stoppelbearbeitung im August, welche mit einer Scheibenegge durchgeführt wurde, keine weitere Bodenbearbeitungsmaßnahme durchgeführt. Dabei konnte das Samenpotenzial des Ausfallgetreides vor dem Winter nicht ausreichend abgebaut werden. Danach erfolgte im Dezember 2018 bereits die Grundbodenbearbeitung für die Zuckerrüben. Diese wurde mit einem Schwergrubber mit Flügelscharen auf 20 cm Bearbeitungstiefe durchgeführt. Die nächste Bodenbearbeitungsmaßnahme fand zur Saatbettbereitung für die Zuckerrübenaussaat am 24. März 2019 statt. Dabei wurde die Fläche mit Hilfe eines Feingrubbers auf 10 cm Tiefe bearbeitet. Das Saatbett war aufgrund eines hohen Anteils organischer Substanz, insbesondere durch Wurzelbüschel des Ausfallgetreides, welches nun über Winter in großen Mengen aufkeimte, noch nicht zufriedenstellend. Anschließend wurde eine zweite Überfahrt mit dem Feingrubber durchgeführt, um die Saatbettqualität zu verbessern und eine genauere Saatkornablage zu gewährleisten. Daraufhin fand die Mulchsaat der Zuckerrüben auf den ersten 20 Hektaren statt. Zehn Tage später, am 3. April 2019, wurden die restlichen 14,7 Hektar bestellt. Bezüglich der Bodenfeuchte im Saathorizont waren die Aussaat- und Keimbedingungen an beiden Terminen günstig. Zwischen den beiden Aussaatterminen sind die Witterungsbedingungen bewölkt und regnerisch gewesen. Es fielen etwa 10 Liter je Quadratmeter und die Lufttemperaturen lagen durchschnittlich zwischen 6 und 10 Grad. Die Aussaat erfolgte mit einer zwölfreihigen Einzelkornsämaschine mit einem Reihenabstand von 45 cm. Laut der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2015) liegt die optimale Bestandesdichte zur Zuckerrübenernte für einen maximalen Zuckerertrag zwischen 75.000-85.000 Pflanzen je Hektar. Um die optimale Bestandesdichte zu erreichen, sollte

die Aussaat frühestens bei einer Bodentemperatur von 5 °C beginnen und nicht unmittelbar vor Niederschlägen erfolgen, um einen bestmöglichen Feldaufgang zu erreichen und eine eventuelle Verschlämmung des Saatbetts zu vermeiden. Da selten ein Feldaufgang von 100 % erreicht wird, wird zur Aussaat ein Feldaufgang von 80 % und etwa 90.000 Pflanzen je Hektar angestrebt (DIEPENBROCK et al. 2016). Unter Berücksichtigung von Keimfähigkeit und Feldaufgang wurde eine Aussaatstärke von 11 Pflanzen je Quadratmeter gewählt. Dies entspricht einen Kornabstand in der Reihe von 20 cm und einem Saatgutbedarf von 1,1 Einheiten je Hektar. Es wurde für die Zuckerrüben eine Aussaattiefe von drei Zentimetern angestrebt und die Sämaschine dementsprechend eingestellt.

3.2.3 Düngung

Die erste Düngemaßnahme fand bereits am 1. März 2019 vor der Aussaat der Zuckerrüben statt. Hierbei handelte es sich um eine Grunddüngung mit granuliertem Kieserit. Kieserit ist ein Mehrnährstoffdünger, welcher die Makronährstoffe Magnesium und Schwefel enthält. Er setzt sich zu 25 % aus Magnesiumoxid und zu 20 % aus Schwefel zusammen. Die Ausbringmenge betrug 200 kg Kieserit je Hektar. Dies entspricht einer Menge von 50 kg Magnesiumoxid je Hektar und einer Schwefelmenge von 40 kg je Hektar. Magnesium ist als Zentralatom des Chlorophyll- Moleküls besonders bedeutsam für die Fotosynthese in der Pflanze. Außerdem zählt Magnesium zu den wichtigen Bausteinen bei Stoffwechselvorgängen und Enzymreaktionen. Ebenso ist Schwefel als Bestandteil von Aminosäuren und Enzymen für den Stoffwechsel der Zuckerrübe relevant (BISZ SÜDZUCKER 2019). Die Stickstoffdüngung der Zuckerrüben erfolgte am 20. März 2019, kurz bevor die Aussaat der Zuckerrüben erfolgte. Die Stickstoffdüngung wurde mit dem Flüssigdünger „Alzon flüssig“ durchgeführt und mit der Pflanzenschutzspritze ausgebracht. Bei „Alzon flüssig“ handelt es sich um einen stabilisierten Stickstoffdünger mit einem Gesamtstickstoffgehalt von 28 %. „Stabilisiert“ bedeutet, dass ihm ein Nitrifikationshemmstoff zugesetzt ist, welcher die, durch Nitrosomos-Bakterien bedingte, Umwandlung von Ammoniumstickstoff zu Nitratstickstoff verzögert. Die 28 % Gesamtstickstoff setzen sich zu 14 % aus Amidstickstoff und zu jeweils 7 % aus Ammonium- und Nitratstickstoff zusammen. Dies, in Kombination mit dem Nitrifikationshemmstoff, ermöglicht eine allmähliche Nitratfreisetzung und Aufnahme durch den Pflanzenbestand. Das Ziel des Einsatzes eines solchen Stickstoffdüngers war es, die Auswaschungsverluste von Nitrat, gerade auf solch einem leichten Standort, möglichst gering zu halten. Die Stickstoffdüngung der Zuckerrüben im Anbaujahr

2019 wurde einer Ertragserwartung von 550 dt/ha angepasst. Laut Düngebedarfsermittlung ergibt das einen maximalen Stickstoffbedarf von 155 kg Stickstoff (N) je Hektar. Abzüglich des Nmin-Wertes von 69 kg N ergibt das einen Düngebedarf von maximal 86 kg N je Hektar. Die Düngung erfolgte mit einer einmaligen Gabe von 200 Litern „Alzon flüssig“ vor der Aussaat der Zuckerrüben. Da 100 Liter „Alzon flüssig“ 36 kg N enthalten, liegt die insgesamt ausgebrachte Menge, mit 72 kg N je Hektar, unterhalb der maximal zulässigen Stickstoffdüngemenge. Die nächste Düngemaßnahme wurde auf zwei Applikationstermine geteilt und erfolgte am 29. Mai und am 4. September 2019. Hierbei handelte es sich um eine Mikronährstoffdüngung mit dem Spurenelement Bor, welche laut GEHLEN et al. (2014) zum Zeitpunkt des Reihenschlusses der Zuckerrüben am sichersten und am wirkungsvollsten ist. Die Zuckerrübe gehört mit einem Entzug von etwa 500 g Bor je Hektar zu den Kulturen mit dem größten Borbedarf (GEHLEN et al. 2014). Bezüglich der Vermeidung von Krankheiten, hat dieser Mikronährstoff im Zuckerrübenanbau eine große Bedeutung. Dies gilt insbesondere für leichte Standorte, da Bor auf diesen Standorten auswaschungsgefährdet ist (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN 2015). Eine weitere Ursache für Bormangel kann eine, durch hohe pH- Werte und Trockenheit hervorgerufene, Festlegung des Bors im Boden sein (GEHLEN et al. 2014). Aus diesem Grund steigt die Gefahr des Auftretens der durch Bormangel bedingten Herz- und Trockenfäule, welche anfänglich zum Absterben der jüngsten Blätter und letztendlich zu Fäulniserscheinungen an der gesamten Rübe führt. Außerdem ist Bor an wichtigen Stoffwechselprozessen, wie beispielsweise der Produktion von Inhaltsstoffen und an der Zuckereinlagerung, beteiligt (GEHLEN et al. 2014). Demzufolge kann es bei Bormangel zu hohen Ertragseinbußen kommen. Am ersten Termin wurden 2,5 Liter je Hektar des Mikronährstoffdüngers „Bor 150“ ausgebracht. Ein Liter „Bor 150“ enthält 150 g Bor. Demzufolge wurden am 29. Mai 2019 eine Menge von 375 g Bor je Hektar gedüngt. Bei dem zweiten Applikationstermin wurden zusätzlich 1,6 Liter „Bor 150“, beziehungsweise 240 g Bor je Hektar ausgebracht. Insgesamt entspricht das einer Ausbringmenge von 615 g Bor je Hektar.

3.2.4 Pflanzenschutz

Die erste Pflanzenschutzmaßnahme, in Form einer Herbizidbehandlung, fand am 17. April 2019, nach dem Auflaufen der Zuckerrüben, zu BBCH 10 statt. Sie wurde mit den Herbiziden Goltix Titan und Betanal MaxxPro in Mischung durchgeführt. Die Aufwandmengen betrugen bei Goltix Titan zwei Liter je Hektar und bei Betanal MaxxPro einen Liter je

Hektar. Beide Herbizide dienen zur Bekämpfung von einjährigen, zweikeimblättrigen Unkräutern in Zucker- und Futterrüben. Sie sind im Frühjahr, nach dem Auflaufen der Rüben von BBCH 10 bis 19 bei Goltix Titan, beziehungsweise von BBCH 10 bis 18 bei Betanal MaxxPro, zugelassen. Es sind bei beiden Herbiziden maximal drei Behandlungen je Kultur und Jahr zulässig. Die maximal erlaubte Anzahl an Behandlungen wurde für beide Herbizide ausgeschöpt. Die zweite Überfahrt fand am 3. Mai 2019 statt. Die Aufwandmengen betrugen hier 1,5 Liter je Hektar Goltix Titan und 1,25 Liter je Hektar Betanal MaxxPro. Bei dieser Überfahrt wurde auch erstmals ein Insektizid appliziert. Hierbei handelt es sich um das Insektizid Pirimor Granulat in einer Aufwandmenge von 0,3 kg je Hektar. Es wurde zur Bekämpfung der, zu diesem Zeitpunkt auftretenden, Schwarzen Bohnenlaus verwendet. Die Zuckerrüben befanden sich zu diesem Zeitpunkt circa zwischen BBCH 14 und 16. Die letzte Herbizidbehandlung gegen einjährige, zweikeimblättrige Unkräuter mit den Mitteln Goltix Titan und Betanal MaxxPro fand am 23. Mai 2019 mit den Aufwandmengen von zwei Litern je Hektar bei Goltix Titan und 1,5 Liter je Hektar bei Betanal MaxxPro statt. Die Zuckerrüben befanden sich zu diesem Zeitpunkt zwischen BBCH 16 und 18. Bereits sechs Tage danach erfolgte eine weitere Herbizidbehandlung mit dem Graminizid Gramfix, welches zur Bekämpfung einjähriger, einkeimblättriger Pflanzen, wie der Gemeinen Quecke, in Zuckerrüben dient. Die hierbei verwendete Aufwandmenge betrug einen Liter je Hektar. Dabei wurden gleichzeitig 0,4 Liter je Hektar Danadim Progress appliziert, wobei es sich um ein Insektizid handelt, welches in Zuckerrüben zur einmaligen Bekämpfung der Rübenfliege zugelassen ist. Am 25. Juni 2019 wurde nochmals eine Herbizidbehandlung gegen einjährige, zweikeimblättrige Unkräuter durchgeführt. Diese Maßnahme wurde mit dem Herbizid Debut, mit einer Aufwandmenge von 28 Gramm je Hektar, durchgeführt. Debut wurde insbesondere aufgrund seiner sicheren Wirkung gegen die auftretenden Problemunkräuter Kamille und Ausfallraps eingesetzt. Es handelt sich bei Debut um ein Zwei-Komponenten-Herbizid, welches sich aus einem Granulat und einem flüssigen Formulierungshilfstoff (FHS) zusammensetzt und nur in Kombination ausgebracht wird. Die Zuckerrüben befanden sich zu diesem Zeitpunkt etwa in BBCH 35 bis 37. Die letzte Pflanzenschutzmaßnahme in den Zuckerrüben fand am 4. September 2019, in Form einer Fungizidbehandlung, statt. Sie wurde mit dem Fungizid Mercury, mit einer Aufwandmenge von einem Liter je Hektar, durchgeführt. Mercury wurde vorrangig zur Bekämpfung der auftretenden Pilzkrankheiten Cercospora und Rübenmehltau angewandt.

3.3 Versuchsaufbau und Methodik

Um aussagekräftige Ergebnisse über den Einfluss des Saatzeitpunktes von Zuckerrüben auf den Rüben- und Zuckerertrag zu erhalten, wurden die beiden Saatzeiten anhand zweier Sorten unter unterschiedlichen Standortbedingungen innerhalb eines Schlages verglichen. Hierfür wurden beide Sorten zu den jeweiligen Aussaatterminen ausgesät. Anschließend wurden innerhalb der jeweiligen Sortenblöcke Standorte festgelegt, welche sich hinsichtlich ihrer Standortgüte unterscheiden. Ziel des Versuchsaufbaus war es, das Wachstum der Zuckerrüben, pro Aussaatzeitpunkt und Sorte, jeweils unter besseren und schlechteren Standortbedingungen zu beobachten und die Bestandesdichten, die Blatt- und Bestandesentwicklung, sowie die Erträge und Gehalte miteinander zu vergleichen.

3.3.1 Standorte der Einzelparzellen

Die Standortwahl der Parzellen war in erster Linie davon abhängig, an welcher Stelle im Schlag die beiden Sorten Marley und Daphna als Früh- beziehungsweise Spätsaatvariante auftraten. Innerhalb dieser Sortenblöcke wurden anhand des Satellitenbildes aus Abbildung 1 die 16 Standorte festgelegt.

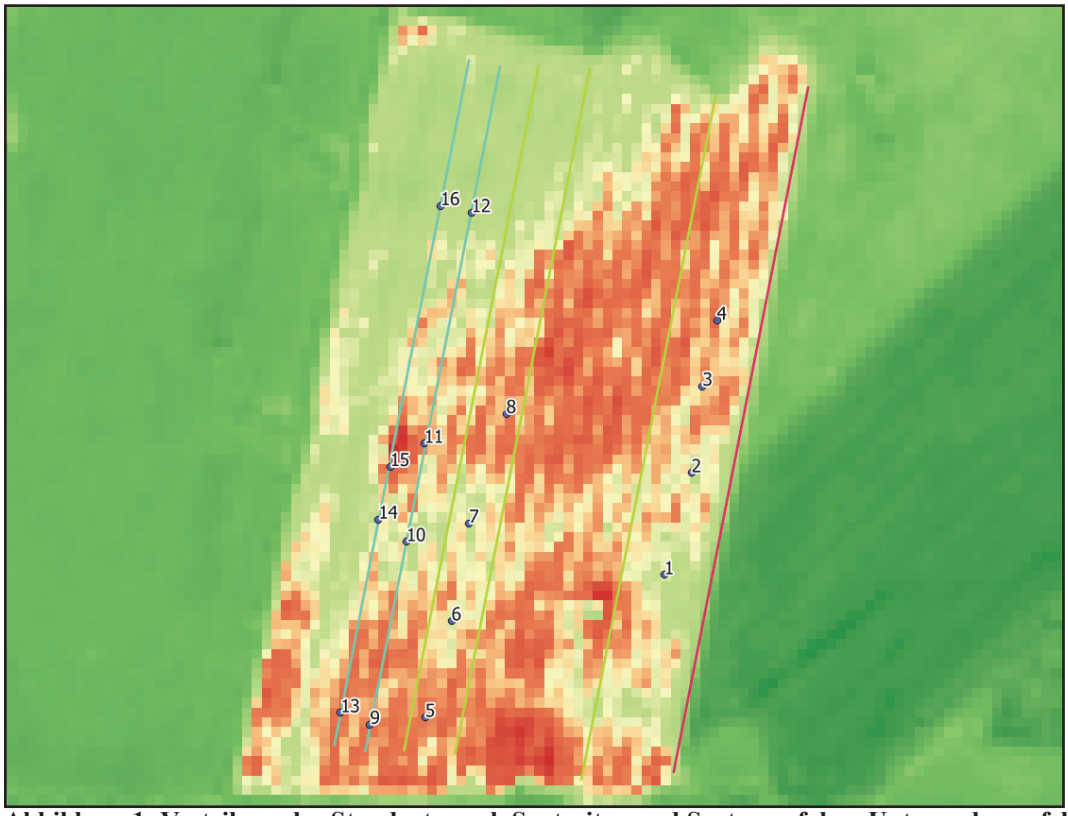

Abbildung 1: Verteilung der Standorte nach Saatzeiten und Sorten auf dem Untersuchungsfeld (blaue Linie links: Marley in Spätsaat, blaue Linie rechts: Daphna in Spätsaat; grüne Linie rechts und rechter Feldrand: Grenzen des Feldblocks für Marley in Frühsaat, grüne Linien links und mittig: Grenzen des Feldblocks für Daphna in Frühsaat). Hintergrund: Verhältnis-Bild der Sentinel-2-Nahinfrarot-Reflexionen im Frühsommer 2018 (Berechnung: Nahinfrarot vom 06.06.2018 / Nahinfrarot vom 07.05.2018) mit Kontrasstreckung (grün: Verhältnis >1, rot: Verhältnis <1)

Quelle: Darstellung durch Dobers (2019) mit Quantum GIS 2.18

Darin sind die Areale mit geringen Biomassezuwächsen beim Vorfruchtaufwuchs im Frühsommer 2018 rot hinterlegt und die Areale mit guten Zuwachsraten grün hinterlegt. Dadurch war es möglich für beide Aussaatzeitpunkte und Sorten zwei Standorte festzulegen, welche gute Standortbedingungen erwarten ließen und zwei Standorte, welche schlechte Standortbedingungen erwarten ließen. Demzufolge lagen pro Sorte, Saatzeit und Standortbedingung insgesamt zwei Standorte im Schlag vor. In dieser Arbeit erfolgt die Ansprache der Einzelstandorte 1-16 ausschließlich entsprechend ihrer, in Abbildung 1 dargestellten, Nummerierung. Der schematische Aufbau des Versuchs ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Versuchsaufbau (schematisch)

Saatzeitpunkt	Aussaat am 24. März																Aussaat am 3. April															
Sorte	Marley								Daphna								Marley								Daphna							
Standort-bedingung	günstig				schlecht				günstig				schlecht				günstig				schlecht				günstig				schlecht			
Standort	1		2		3		4		6		7		5		8		14		16		13		15		10		12		9		11	
Parzelle	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Quelle: eigene Darstellung

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, wurden an den 16 Standorten demzufolge insgesamt 32 Parzellen angelegt, an denen jeweils die Beobachtungen zu den Feldaufgänge, sowie zur Blatt- und Bestandesentwicklung durchgeführt wurden. Auch die Ertrags- und Qualitätsparameter wurden für jede Parzelle erfasst. Die Ansprache der einzelnen Parzellen erfolgt durch eine Kombination aus der Nummer des Standortes und der Nummer der Parzelle. Beispielsweise würde demnach die Parzelle 2 am Standort 5 im Folgenden mit Parzelle 5.2 betitelt werden. Anhand dieser Codierung kann aus Tabelle 1 entnommen werden, um welchen Aussaatzeitpunkt, um welche Sorte und um welche Standortbedingungen es sich jeweils handelt.

3.3.2 Sorten

Bei den im Versuch verwendeten Zuckerrübensorten handelt es sich um die Sorten Daphna und Marley. Diese wurden im Versuch an jeweils acht Standorten, welche sich im Hinblick auf Aussaatzeitpunkt und Standortgüte unterscheiden, angebaut (Kap. 3.3.1). Die Sorte Daphna ist aus dem Züchterhaus Hilleshög und wurde bereits 2015 vom Bundessortenamt zugelassen. Sie wurde als tolerant gegenüber Rübenzystennematoden eingestuft. Nemato-

dentoleranz bedeutet, dass im Gegensatz zur Nematodenresistenz, unter Befallsbedingungen zwar keine Verringerung der Nematodenpopulation erreicht wird, aber dennoch höhere Erträge abgesichert werden können, als beim Anbau resistenter Sorten. Zur Beurteilung und Einschätzung der Sorten werden die Leistungsparameter der Zuckerrübensorten durch die Vergabe von Noten vom Bundessortenamt klassifiziert (Übers. 1). Im Bezug auf Krankheitsanfälligkeit ohne Fungizideinsatz wurde Daphna vom Bundessortenamt mit 3 (gering) bei Mehltau und 4 (gering bis mittel) bei Cercospora eingestuft. Die Ertagseinstufung bei Daphna beläuft sich bei der Rübenfrischmasse auf 9 (sehr hoch) und beim BZE auf 7 (hoch) ohne Fungizideinsatz und 8 (hoch bis sehr hoch) mit Fungizideinsatz. Beim BZG wird Daphna allerdings mit 4 (gering bis mittel) relativ niedrig eingestuft (BUNDESSORTENAMT 2019). Dennoch erreichte sie bei Sortenversuchen der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland (ARGE NORD) von 2016 bis 2018 unter den nematodentoleranten Sorten überdurchschnittliche Zuckererträge von 102,0 % unter Nematodenbefall und 102,2 % bei Nichtbefall. Dabei stellen 100,0 % die Basis, also den Durchschnitt der Verrechnungssorten, dar. Diese hohen Zuckererträge sind auf ihren besonders hohen Rübenertrag, welcher mit 107,0 % bei Nematodenbefall und mit 106,6 % bei Nichtbefall ermittelt wurde, zurückzuführen. Demzufolge sollte Daphna unbedingt vorrangig auf Spätrodungsflächen angebaut werden, um den geringeren Zuckergehalt durch höhere Rübenerträge zu kompensieren (SCHLINKER 2019). Beim Gehalt an Melassebildner wurde Daphna vom Bundessortenamt (2019) mit 4 (niedrig bis mittel) bei Kalium und Natrium und mit 6 (mittel bis hoch) beim Aminostickstoff eingestuft.

Bei Marley handelt es sich um eine rizomaniatolerante Sorte aus dem Züchterhaus Strube, welche im Jahre 2017 zugelassen wurde. Die Einstufung für die Krankheitsanfälligkeit ohne Fungizideinsatz wurde bei Marley für Cercospora ebenfalls mit 4 (gering bis mittel) und bei Mehltau mit 5 (mittel) festgelegt. Der Ertrag der Rübenfrischmasse ist mit dem Wert 6 (mittel bis hoch) geringer eingestuft als bei Daphna. Allerdings ist der BZG von Marley mit 7 (hoch) deutlich höher als der BZG von Daphna eingestuft worden. Jedoch wurden Marley und Daphna beim BZE ohne Fungizid mit 7 (hoch) und beim BZE mit Fungizid mit 8 (hoch bis sehr hoch) insgesamt identisch eingestuft (BUNDESSORTENAMT 2019). Die Ergebnisse der Sortenversuche der ARGE NORD von 2016 bis 2018 ergaben, dass Marley mit einem Zuckerertrag von 99,9 % zu den besten drei rizomaniatoleranten Sorten zählt. Gleichzeitig erzielte sie unter den drei zuckerertragstärksten Sorten mit

104,6 % den höchsten Zuckergehalt. Aus diesem Grund hat Marley eine vorzügliche Eignung für frühe Rodetermine (SCHLINKER 2019). Auch hier gelten 100,0 % als Basis für die Einstufung der Zuckerrübensorten. Marley wurde im Hinblick auf Melassebildner mit 3 (niedrig) bei Kalium und Natrium und mit 4 (niedrig bis mittel) beim Aminostickstoff eingestuft (BUNDESSORTENAMT 2019). In Tabelle 2 ist eine Übersicht der Leistungen beider Sorten zur vergleichenden Betrachtung dargestellt.

Tabelle 2: Leistungseinstufung beider Versuchssorten (nach Bundessortenamt)

Sorte		Daphna	Marley
Anfälligkeit für	Cercospora	4	4
	Mehltau	3	5
Rübenfrischmasse		9	6
BZE ohne Fungizid		7	7
BZE mit Fungizid		8	8
BZG		4	7
Gehalt an Melassebildner	K + Na	4	3
	AmN	6	4

Quelle: eigene Darstellung, nach Beschreibende Sortenliste 2019, Bundessortenamt

Es wurden diese beiden Sorten für den Anbau ausgewählt weil sie vom BUNDESSORTENAMT (2019) mit einem hohen bis sehr hohen Zuckerertrag eingestuft wurden. Weiterhin hat man mit dem Anbau dieser Sorten bei der Marktfrüchte GmbH Ketzin in den vergangenen Jahren bereits gute Erfahrungen gemacht. Dazu kommt, dass sie aufgrund ihrer unterschiedlichen Eignung bezüglich des Rodetermins sehr gut in den Betriebsablauf passen, da die Ernte der Zuckerrüben häufig gestaffelt erfolgt.

3.3.3 Erfassung Feldaufgänge und Bestandesdichten

Die Ermittlung der Feldaufgänge erfolgte gleichzeitig mit der ersten Blattzählung am 29. Mai 2019. Dabei wurden die aufgelaufenen Zuckerrüben in fünf aufeinanderfolgenden Reihen auf einer Länge von zwei Metern entlang der Saatrichtung erfasst. Diese Fläche stellte eine Versuchsparzelle dar, in der die Zuckerrüben über den Rest der Vegetationszeit bonitiert und deren Entwicklung betrachtet und festgehalten wurde. Hierfür wurden alle Pflanzen innerhalb der Parzelle gezählt. Da ein Kornabstand von 20 cm gewählt wurde, ist bei zehn aufgelaufenen Pflanzen innerhalb der zwei Meter ein Feldaufgang von 100 % in

einer Reihe erreicht worden. Die Anzahl der Pflanzen wurde in beiden Parzellen der 16 Standorte erfasst, sodass insgesamt die Feldaufgänge von 32 Parzellen ermittelt wurden. Dabei wurden auch alle Fehlstellen und Doppelablagen innerhalb der Parzellen mit berücksichtigt und notiert, um mögliche Einflüsse auf die spätere Entwicklung und auf den Ertrag der Zuckerrüben zurückverfolgen zu können. Sind in den 32 Parzellen jeweils 50 Pflanzen aufgelaufen, würde insgesamt, über alle Parzellen ermittelt, ein Feldaufgang von 100 % vorliegen. Den tatsächlich erreichten Feldaufgang des Zuckerrübenschlages zeigen die Versuchsergebnisse (Kap. 4.1).

Zur Ermittlung der Bestandesdichte zum Zeitpunkt der Ernte wurden in allen Parzellen drei Reihen Zuckerrüben abgeerntet und die Anzahl der geernteten Rüben erfasst. Anhand dieser Angaben wurde für alle Parzellen die Bestandesdichte in Pflanzen je Hektar ermittelt. Der Mittelwert aller Bestandesdichten aus den 32 Parzellen wird als die insgesamt erreichte Bestandesdichte des Zuckerrübenbestandes angesehen. Bei der gewählten Aussaatstärke von 11 Pflanzen je Quadratmeter kann eine Bestandesdichte von 110.000 Pflanzen je Hektar erreicht werden. Die tatsächlich ermittelte Bestandesdichte des Zuckerrübenschlages wird ebenfalls in den Versuchsergebnissen vorgestellt (Kap. 4.1). Weiterhin wurde veranschaulicht, ob sortenbedingte Unterschiede zwischen den Bestandesdichten von Marley und Daphna zu erkennen sind. Dabei wurden, ungeachtet der Standortbedingungen und des Saatzeitpunktes, die erreichten Bestandesdichten beider Sorten gegenübergestellt. Zudem wurde überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen Bestandesdichte und Standortgüte besteht. Dabei wurden für beide Sorten alle Bestandesdichten der Standorte, welche mit „gut“ klassifiziert wurden, den Standorten gegenübergestellt, welche mit „schlecht“ klassifiziert wurden. Dabei wurde überprüft, ob die Standortgüte einen Einfluss auf die Bestandesdichte der Zuckerrüben hat, wobei hier der am 29. Mai 2019 ermittelte Feldaufgang mit berücksichtigt wurde. Zuletzt sollen eventuelle Einflüsse des Saatzeitpunktes auf die Bestandesdichte erforscht werden. Dabei werden, anhand beider Sorten, die erreichten Bestandesdichten der Parzellen, deren Saattermine zehn Tage auseinanderliegen, gegenübergestellt und geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen Saattermin und Bestandesdichte besteht. Anhand der Ergebnisse wurde jeweils überprüft ob die Faktoren Saatzeit, Standort und Sorte die Bestandesdichten signifikant beeinflussen.

3.3.4 Erfassung der Blatt- und Bestandesentwicklung im Vegetationsverlauf

Auch die Entwicklung der Zuckerrüben wurde in regelmäßigen Abständen erfasst und alle auftretenden Besonderheiten notiert. Dabei wurden monatlich, von Mai bis September, von allen, in den Parzellen aufgelaufenen Zuckerrüben die aktuellen Blattzahlen erfasst. Es fanden fünf Blattzählungstermine im Bestand statt, bei denen, neben der Blattzahl, auch das BBCH Stadium der Pflanzen, sowie auch sonstige Auffälligkeiten, wie beispielsweise Schädlingsbefall oder witterungsbedingte Wachstumseinschränkungen, mit betrachtet und festgehalten wurden. Bei der letzten Bonitierung, welche am 20. Oktober stattfand, wurden keine Blattzählungen mehr durchgeführt. Hier fand die Ernte der Zuckerrüben in den Parzellen statt. Mit Hilfe der Blattzählungen sollte insbesondere ermittelt werden, ob der frühere Aussaatzeitpunkt, zu einem schnelleren Aufbau des Blattapparats und zu einem zeitigeren Erreichen des optimalen BFI führt. Weiterhin wurde auf die Entwicklung des Blattapparats, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Standortbedingungen eingegangen, um zu überprüfen, ob die Blattbildung und die Entwicklung der Blattmasse von der Standortgüte abhängt. Bezüglich der Blattzahl wurden auch die beiden Versuchssorten gegenübergestellt, um eventuelle sortenbedingte Unterschiede in Blattbildung und erreichter Blattmasse festzustellen. Zusätzlich zu den Blattzählungen wurde am 4. Juli 2019 eine Messung der Blattflächenindices aller Parzellen durchgeführt. Diese Blattflächenindices wurden ebenfalls in Anbetracht der Aussaatzeitpunkte, der Standortgüte der Parzellen und der Versuchssorten gegenübergestellt. Anhand der Blattflächenindices sollte ermittelt werden, wie weit der Blattapparat der Zuckerrüben bis zum 4. Juli, unter Berücksichtigung der Einflussgrößen, Saatzeit, Sorte und Standort entwickelt war und ob bereits der Bereich des optimalen BFI erreicht wurde. Auch hier wurde sowohl für jeden der Blattzählungstermine, als auch für die Ermittlungen der Blattflächenindices überprüft, ob ein signifikanter Einfluss von Saatzeitpunkt, Standort und Sorte auf die Entwicklung des Blattapparats vorliegt. Die sonstigen Auffälligkeiten im Zuckerrübenbestand und in den Parzellen, welche während der Vegetation der Zuckerrüben auftraten, wurden mit erfasst und fotografisch festgehalten. Geordnet nach ihrem zeitlichen Auftreten im Bestand, von Mai bis zur Ernte im Oktober 2019, werden diese Beobachtungen, sowie die Entwicklung des Blattapparats, in den Versuchsergebnissen (Kap. 4.2) mit herangezogen.

3.3.5 Ertrags- und Qualitätserfassungen

Da die Vergütung des Landwirts unmittelbar von der Weißzuckerausbeute abhängt, sind der Zuckergehalt und insbesondere der Zuckerertrag die aussagekräftigsten und entscheidenen Parameter, um die verschiedenen Einflüsse von Sorte, Standort und Saatzeit einschätzen zu können. Vom Zuckerertrag hängt der gesamte wirtschaftliche Erfolg des Rübenanbaus ab. Aus diesem Grund wurden für den Praxisversuch in allen Parzellen die Zuckergehalte und Zuckererträge bestimmt. Die Ernte der Zuckerrüben in den Parzellen fand am 20. Oktober 2019 statt. Dabei wurden in den 32 Parzellen jeweils drei Reihen auf einer Länge von zwei Metern beerntet, entblättert und geköpft. Anschließend wurde die Anzahl der Rüben je Parzelle notiert und die Rüben jeder Parzelle in einem Sack verpackt. Im Anschluss wurde jeder Sack mit der entsprechenden Parzellennummer beschriftet. Am Folgetag wurden die Proben zur Zuckerfabrik „Pfeiffer und Langen“ nach Könnern in Sachsen-Anhalt transportiert, wo die Proben nach vorheriger Absprache mit den Verantwortlichen der Zuckerfabrik, zur Analyse abgegeben wurden. Bei der Analyse in der Zuckerfabrik wurde für jede Parzelle, anhand der bei der Ernte ermittelten Rübenanzahl, der theoretische Pflanzenbestand je Hektar errechnet, sowie das Probengewicht festgestellt. Weiterhin wurden für jede Probe der Zuckergehalt in Prozent, der theoretische Zuckerertrag in Tonnen je Hektar, sowie der Gehalt an Standardmelasseverlusten insgesamt in Prozent ermittelt. Auch die entscheidenen Parameter Rübenertrag und Bereinigter Zuckerertrag in Tonnen je Hektar wurden für alle Parzellen in der Zuckerfabrik bestimmt.

Mit Hilfe der Probenergebnisse aus der Zuckerfabrik war es möglich, den Einfluss der Faktoren Sorte, Standort und Saatzeit auf die Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben zu untersuchen. Dafür wurden zuerst die Sorten im Hinblick auf Zuckergehalt und Rüben,- beziehungsweise Zuckerertrag miteinander verglichen. Diesbezüglich sollten die Sortenunterschiede, welche in der Beschreibenden Sortenliste 2019 beschrieben wurden, überprüft und gezeigt werden. Dabei wurden die durchschnittlichen Zuckergehalte und Rübenerträge aus den Parzellen beider Sorten gegenübergestellt. Anschließend erfolgte unter gleichen Vorraussetzungen ein Vergleich beider Sorten, bezüglich ihres erbrachten BZE, sowie auch ihres Gehalts an Standardmelasseverlusten. Da dem BZE eine große wirtschaftliche Bedeutung beim Zuckerrübenanbau zukommt, ist diese Gegenüberstellung von größter Relevanz für den Sortenvergleich. Diesbezüglich wurde überprüft, ob sich die Zuckererträge der Sorte Daphna signifikant von denen der Sorte Marley unterscheiden.

Im Anschluss wurden die BZE beider Sorten jeweils in Abhängigkeit vom Standort, sowie in Abhängigkeit von der Saatzeit gegenübergestellt. Dabei sollte geprüft werden, ob ein früherer Saattermin und bessere Standortbedingungen, unter den Gegebenheiten im Versuchsjahr 2019, zu signifikant höheren Zuckererträgen führen. Dafür wurden zuerst für beide Sorten die Zuckererträge aller Parzellen, deren Standort als „gut“ klassifiziert wurde mit den Zuckererträge aller Parzellen, mit „schlecht“ klassifizierten Standorten, verglichen. Zuletzt wurde wieder geprüft, ob sich die Zuckererträge der besseren Standorte signifikant von den Zuckererträgen der schlechteren Standorte unterscheiden.

Danach folgte die Gegenüberstellung der Zuckererträge beider Sorten in Abhängigkeit von der Saatzeit. Hierbei gilt im Folgenden, dass mit der Saatzeit „früh“ die Aussaat am 24. März 2019 gemeint ist und die Saatzeit „spät“ für den zehn Tage späteren Aussaattermin, am 3. April 2019, steht. Zuletzt wurde auch hier die Signifikanz des Saatzeiteinflusses überprüft.

Auch der Anteil an Standardmelasseverlusten in Prozent wurde für jede Probe in der Zuckerfabrik ermittelt. Im folgenden Teil dieser Arbeit soll ebenfalls überprüft werden, ob sortenspezifische Unterschiede vorliegen, und ob die Saatzeit und die Standortgüte Einfluss auf die Höhe des SMV haben. Dafür wurden die Standardmelasseverluste in Abhängigkeit von Standort und Sorte, sowie in Abhängigkeit von Saatzeit und Sorte untersucht und die Ergebnisse dargestellt. Anschließend wurden auch diese Ergebnisse hinsichtlich ihrer Signifikanz überprüft.

3.3.6 Datenerfassung und Verarbeitung

Um mit Hilfe der Satellitenaufnahme aus Abbildung 1 den beiden Versuchssorten die jeweiligen Standorte zuzuteilen, wurden zuerst die Sortengrenzen bei der Früh- und Spätsaat mittels GPS Gerät (Garmin Montana 610) abgelaufen. Anhand dieser Grenzen war es mit Hilfe des Programms „Quantum GIS 2.18“ möglich, unterschiedliche Standortbedingungen innerhalb dieser Sortenblöcke zu erkennen und die 16 Versuchsstandorte festzulegen. Hierfür konnte durch ein Satellitenbild des Vorfruchtaufwuchses bestimmt werden, an welchen Standorten die Vorfrucht Winterroggen hohe Biomassezuwächse realisieren konnte und an welchen Standorten die Zuwächse verhältnismäßig geringer ausfielen. Diese Standorte wurden mit Hilfe eines Verhältnis-Bildes der Sentinel-2-Nahinfrarot-Reflexionen aus dem Frühsommer 2018 ermittelt. Dafür wurde die Nahinfrarotreflexion vom 06.06.2018 mit der Nahinfrarotreflexion vom 07.05.2018 ins Verhältnis gesetzt und eine Kontrasstre-

ckung durchgeführt. Die grünen Areale weisen auf ein Verhältnis >1 und die roten Areale auf ein Verhältnis <1 hin (Abb.1, DOBERS 2020). Diese waren die Grundlage für die Standortwahl.

Die Erfassung der Blattflächenindices erfolgte mit Hilfe eines LAI Meters (LP-80 AccuPAR). Nach der Aktivierung wurde dieses über den Pflanzenbestand der Zuckerrüben gehalten. Dabei war es wichtig, darauf zu achten, dass keine Schatten geworfen werden, da das Ergebnis sonst verfälscht werden würde. Anschließend startet man die erste Messung. Da sich das Gerät bei der ersten Messung oberhalb des Pflanzenbestandes befindet, wird hier die Globalstrahlung gemessen. Bei der zweiten Messung wird das Gerät ebenfalls senkrecht zur Aussaatrichtung in den Bestand auf den Boden gelegt. Nun berechnete das Gerät die Differenz aus der Strahlung oberhalb und unterhalb des Pflanzenbestandes, woraus sich die vom Blattapparat absorbierte Strahlung ermitteln ließ. Aus dieser Differenz berechnete das Gerät anschließend den BFI. Um einen aussagekräftigen Wert zu erhalten, wurde diese Messung an allen 16 Standorten, in allen 32 Parzellen, jeweils sechsmal wiederholt.

Die erhobenen Daten des Versuches wurden in Excel erfasst. Dafür wurde die Pflanzenanzahl aller Parzellen, die Blattzahlen aller Pflanzen, die Ergebnisse der BFI- Messung, sowie die Bestandesdichten, Erträge und Gehalte an Inhaltsstoffen aus allen Versuchsparzellen in einer Tabelle dargestellt.

Die Auswertung der, in Excel erfassten Versuchsdaten, erfolgte mit Hilfe des Statistik,- und Analysesoftwareprogramms „SPSS Statistics“ der Firma IBM. Es handelte sich dabei um die Softwareversion „26“. Alle Abbildungen, welche in den Ergebnissen dieser Arbeit abgebildet sind, wurden mittels SPSS erstellt. Ebenso wurden alle Signifikanztests mit diesem Programm durchgeführt Bei den Signifikantestes handelte es sich um t-Tests für unabhängige Stichproben. Dabei gilt im Folgenden ein Ergebnis als statistisch signifikant, sobald ein p-Wert erreicht wird, welcher kleiner als 0,05 ist ($p<0,05$). Ein p-Wert von 0,05 beschreibt eine fünfprozentige Irrtumswahrscheinlichkeit. Liegt der Wert darüber, ist die Irrtumswahrscheinlichtkeit größer als 5% und das Ergebnis nicht signifikant ($p>0,05$). Zu erwähnen ist hierbei jedoch zusätzlich, dass man bei einem p- Wert zwischen 0,05 und 0,1 von einem Trend spricht ($0,05<p<0,1$).

4. Ergebnisse

4.1 Feldaufgänge und Bestandesdichten

Der insgesamt ermittelte Feldaufgang über alle Parzellen hinweg beträgt 93 %. Die insgesamt erreichte Bestandesdichte betrug zur Ernte 102.431 Pflanzen je Hektar. Das entspricht ebenfalls etwa 93 % der ausgesäten 110.000 Pflanzen je Hektar. Da es zu keinen nennenswerten Pflanzenverlusten (<1%) während des Vegetationsverlaufs gekommen ist, kann man annehmen, dass der, am 29. Mai 2019, ermittelte Pflanzenbestand erhalten werden konnte. Da der Feldaufgang demnach der zur Ernte erreichten Bestandesdichte entspricht, werden bei den Ergebnissen lediglich die Bestandesdichten, anhand der Parameter Sorte, Saatzeit und Standort miteinander verglichen. Es fiel auf, dass die Sorte Daphna mit einer durchschnittlichen Bestandesdichte von 106.713 Pflanzen je Hektar höhere Feldaufgänge (97%) erreichte, als die Sorte Marley, welche mit 98.148 Pflanzen je Hektar nur 89 % erreichte.

Auch die, in Abbildung 2 dargestellten Bestandesdichten beider Sorten zeigen, dass die Feldaufgänge der Sorte Daphna signifikant höher waren. Die maximal erreichte Bestandesdichte bei Daphna beträgt 118.519 Pflanzen je Hektar. Dies entspricht einem Feldaufgang von 108 % und demzufolge einer höheren Bestandesdichte, als die gewählte Aussaatstärke. Die geringste Bestandesdichte, welche mit der Sorte Daphna erreicht wurde beträgt 96.296 Pflanzen je Hektar und damit nur 88 % der ausgesäten Pflanzen. Bei der Sorte Marley wurde eine Bestandesdichte von maximal 114.815 Pflanzen je Hektar erreicht, was einem Feldaufgang von 104 % entspricht. Jedoch ist bei Marley auch die geringste Bestandesdichte des Versuches ermittelt worden, welche mit 88.889 Pflanzen je Hektar nur einen Feldaufgang von etwa 81 % entspricht.

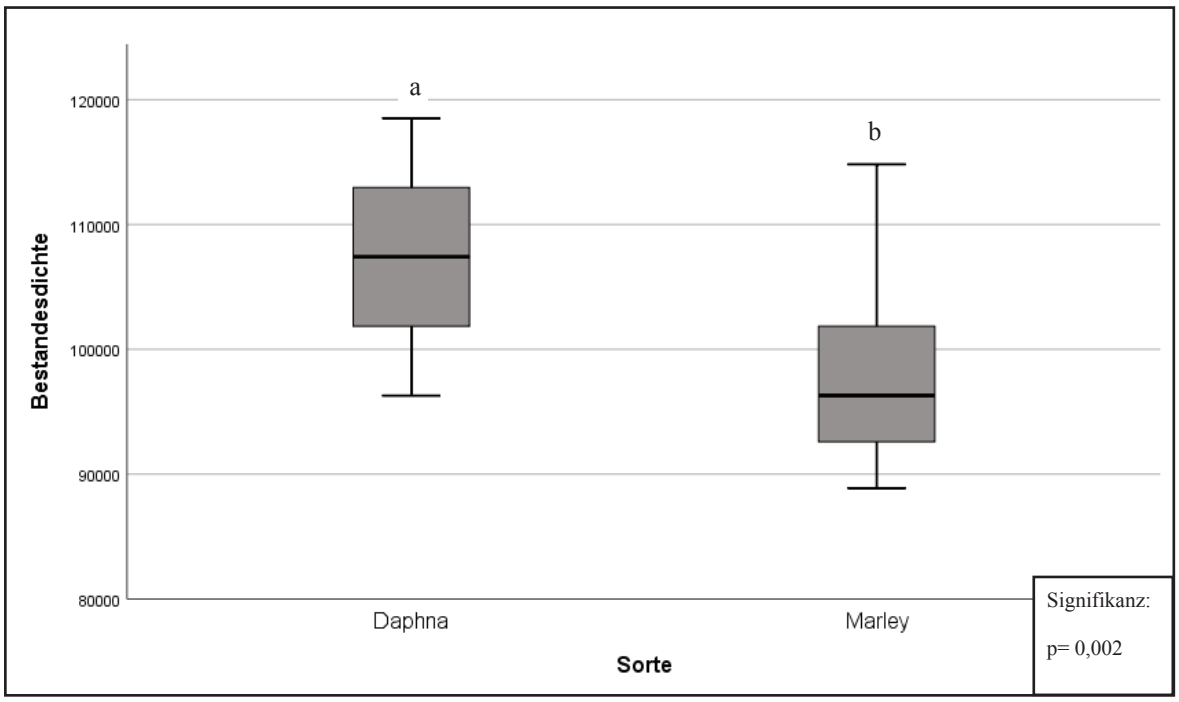

Abbildung 2: Erreichte Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019

Als Nächstes wurden anhand beider Sorten zusätzlich die Bestandesdichten der Parzellen, gegenübergestellt, deren Standortgüte sich unterscheidet (Abb. 3). Jedoch wurden anhand dieser Gegenüberstellung keine signifikanten Einflüsse des Standorts auf die Bestandesdichte festgestellt. Auffällig war jedoch, dass Daphna nicht nur insgesamt, sondern auch sowohl unter schlechten, als auch unter guten Standortbedingungen, signifikant höhere Bestandesdichten erreichen konnte, als Marley.

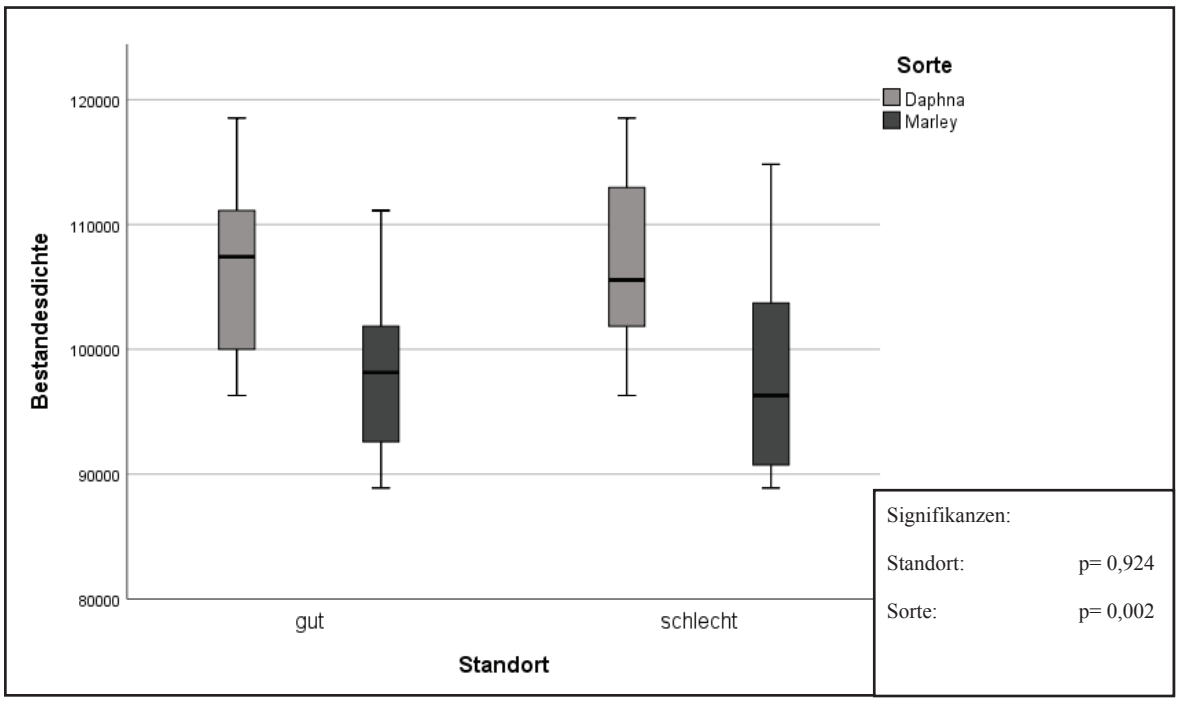

Abbildung 3: Standorteinfluss auf die Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019

Als Letztes wurden die Bestandesdichten beider Sorten, in Abhängigkeit vom Saatzeitpunkt dargestellt (Abb. 4). Dabei fiel auf, dass sich die erreichten Bestandesdichten beider Sorten beim früheren Saattermin auf einem ähnlichen Niveau befanden. Betrachtet man jedoch den späteren Saattermin, so fällt auf, dass die später gesäten Parzellen der Sorte Daphna, höhere Bestandesdichten erreichten, als bei der früheren Aussaat. Jedoch lag ein großer Teil der ermittelten Bestandesdichte der Spätsaatvariante von Daphna oberhalb der Aussaatstärke von 110.000 Pflanzen je Hektar. Im Gegensatz dazu ließ sich feststellen, dass die Sorte Marley beim späteren Aussaattermin geringere Bestandesdichten erreichen konnte, als beim frühen Aussaattermin. Zusammenfassend zeigte also der spätere Aussaatzeitpunkt bei der Sorte Daphna höhere Feldaufgänge und Bestandesdichten und bei der Sorte Marley geringere Feldaufgänge und Bestandesdichten, im Vergleich zum früheren Aussaattermin. Demnach war der Einfluss des Saatzeitpunktes allein nicht signifikant, wohingegen der Sorteneinfluss deutlich signifikant war.

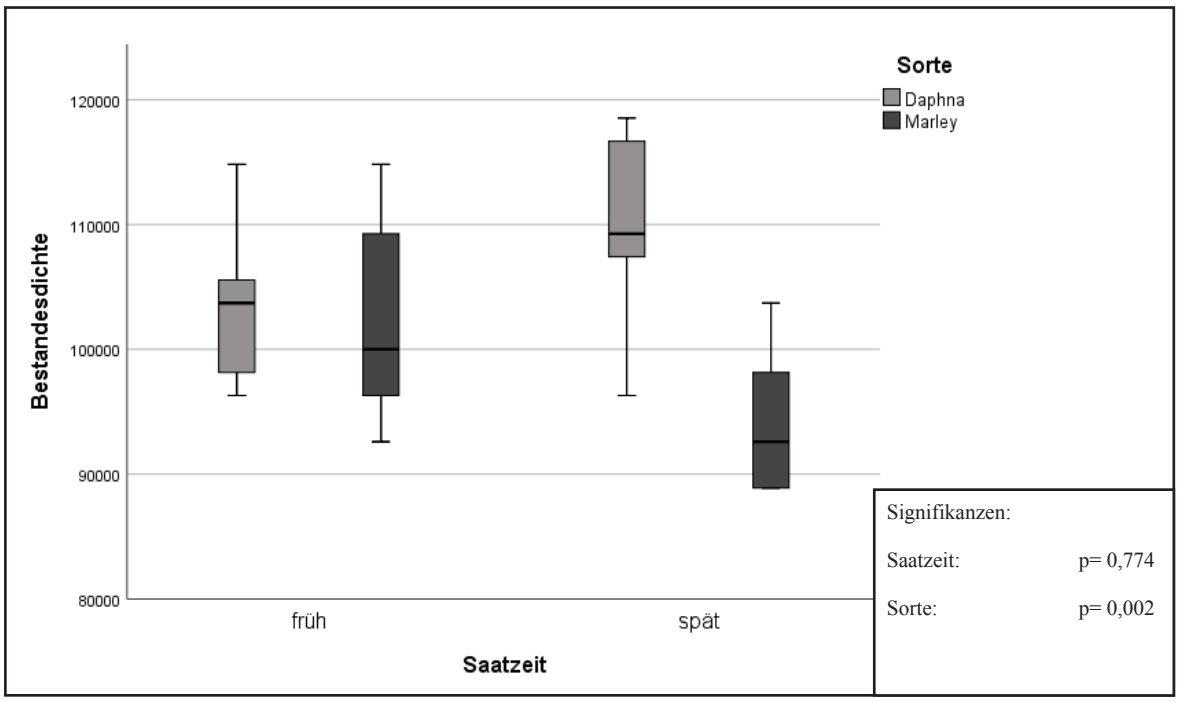

Abbildung 4: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Bestandesdichten von Zuckerrübensorten am 20. Oktober 2019

4.2 Blatt- und Bestandesentwicklung im Vegetationsverlauf

April

Die erste Sichtung des Bestandes fand am 16. April 2019 statt. Anhand der organischen Substanz auf der Bodenoberfläche war zu erkennen, dass die Aussaat der Zuckerrüben in Strohmulchsaat nach Winterroggen erfolgte (Abb. 27). Zu diesem Zeitpunkt waren sowohl die früher gesäten als auch die später gesäten Zuckerrüben bereits gleichmäßig aufgelaufen und befanden sich beide im Keimblattstadium BBCH 10 (Abb. 28). Trotzdem der Abstand zwischen den Zuckerrübenpflanzen in Abbildung 28 die gewünschten 20 cm einhielt, waren vereinzelt Ungenauigkeiten, in Form von Doppelablagen, bei der Saatkornablage auffällig (Abb. 29). Ebenfalls waren erste Ackerbeikräuter, wie die Echte Kamille (Matricaria chamomilla), Vogelmiere (Stellaria media) und Ausfallraps (Brassica napus) zu sehen (Abb. 30). Am 26. April 2019 erfolgte die nächste Bestandesbegehung. Dort waren bereits vier Laubblätter, beziehungsweise 2 Blattpaare entfaltet. Demnach befanden sich die Zuckerrüben etwa bei BBCH 14 (Abb. 31). Bei diesem Termin fielen ebenfalls erste Saugschäden durch die Schwarze Bohnenlaus, sowie leichter Lochfraß, aufgrund des Rübenerdflohs, auf.

Mai

Im Mai erfolgte die dritte und vierte Sichtung des Bestandes am 12. Mai und am 21. Mai 2019. Zu diesem Zeitraum hatten die Zuckerrüben etwa zwei bis drei Laubblattpaare und befanden sich demnach zwischen BBCH 14 und 16. Auffällig war am ersten Termin (12. Mai 2019), dass der Großteil der früher gesäten Rüben bereits ein Blattpaar mehr und insgesamt größere Blätter gebildet hatte. Diesen Entwicklungsvorsprung kann man anhand der Aufnahme, entlang der Grenze der beiden Saattermine, erkennen (Abb. 32). Die fünfte Begehung fand am 29. Mai 2019 statt. Zu diesem Termin wurden die ersten Bonitierungen und Blattzählungen durchgeführt, dessen Ergebnisse im Folgenden ebenfalls gezeigt werden. Hier fielen besonders die Standorte 7 und 12 aufgrund eines hohen Anteils organischer Substanz, in Form von Ernteresten und aufgrund eines daraus resultierenden, besonders lückigen Pflanzenbestandes auf (Abb. 33). Bemerkenswert war hier, dass es sich bei beiden Standorten um mit „gut“ klassifizierte Standorte handelte, welche mit der Sorte Daphna bestellt wurden. Die Standorte unterschieden sich lediglich hinsichtlich ihres Aussaattermins, da die Standorte 1-8 den früheren Aussaattermin und die Standorte 9-16 den späteren Aussaattermin hatten. Bei der Blattzählung wurde am 29. Mai 2019, über alle Parzellen hinweg, eine durchschnittliche Blattzahl von 7 Laubblättern ermittelt. Die Zuckerrüben befanden sich demnach bei BBCH 17, was dem Makrostadium der Blattentwicklung entspricht. Die Gegenüberstellung der ermittelten Blattzahlen am 29. Mai 2019 in Abhängigkeit von Standort zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen günstigen und ungünstigen Standortbedingungen. Im Hinblick auf die Sorte unterschieden sich die ermittelten Blattzahlen am ersten Blattzählungstermin jedoch signifikant (Abb. 5). Dabei zeigte die Sorte Daphna signifikant höhere Blattzahlen.

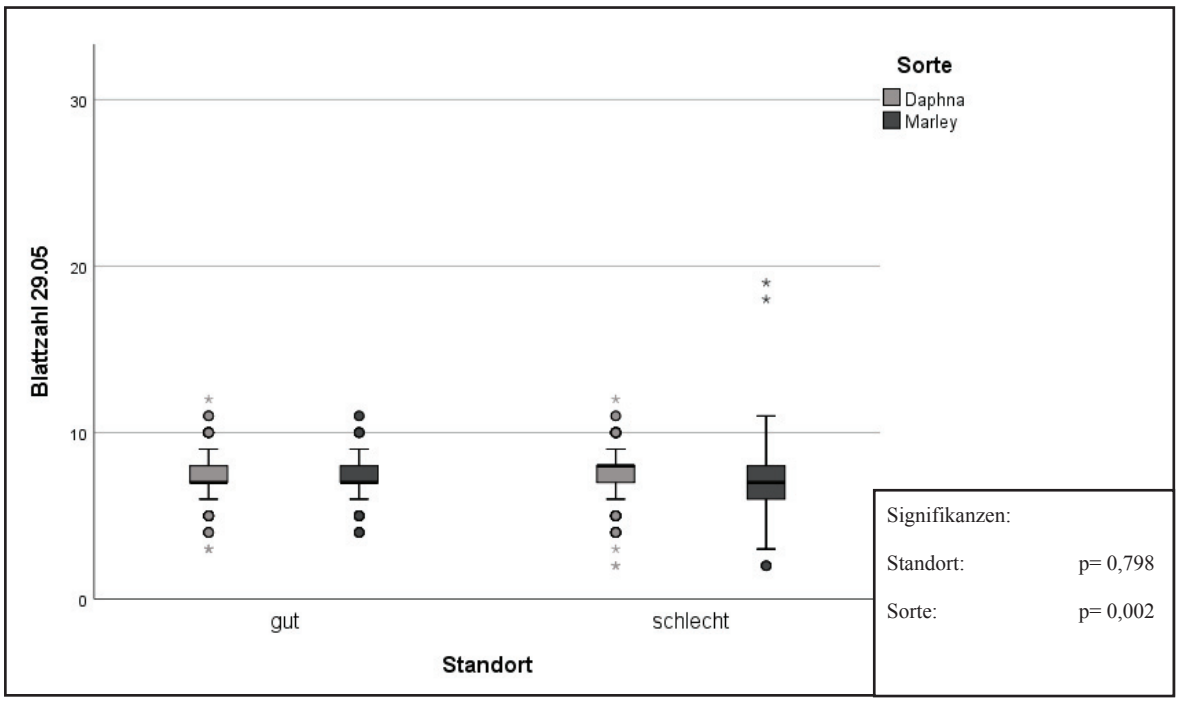

Abbildung 5: Blattzahlen von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen am 29. Mai 2019

Bei der Gegenüberstellung der Blattzahlen vom 29. Mai 2019 nach Saatzeit und Sorte, welche in Abbildung 6 dargestellt ist, zeigten sich deutlich signifikante Einflüsse von Saattermin und Sorte. Dabei waren die Blattzahlen beim früheren Saattermin signifikant höher als beim späteren Aussaattermin und die Blattzahlen der Sorte Daphna signifikant höher, als bei Marley. Dies war bereits bei der Bestandesbegehung am 12. Mai zu erkennen (Abb. 32).

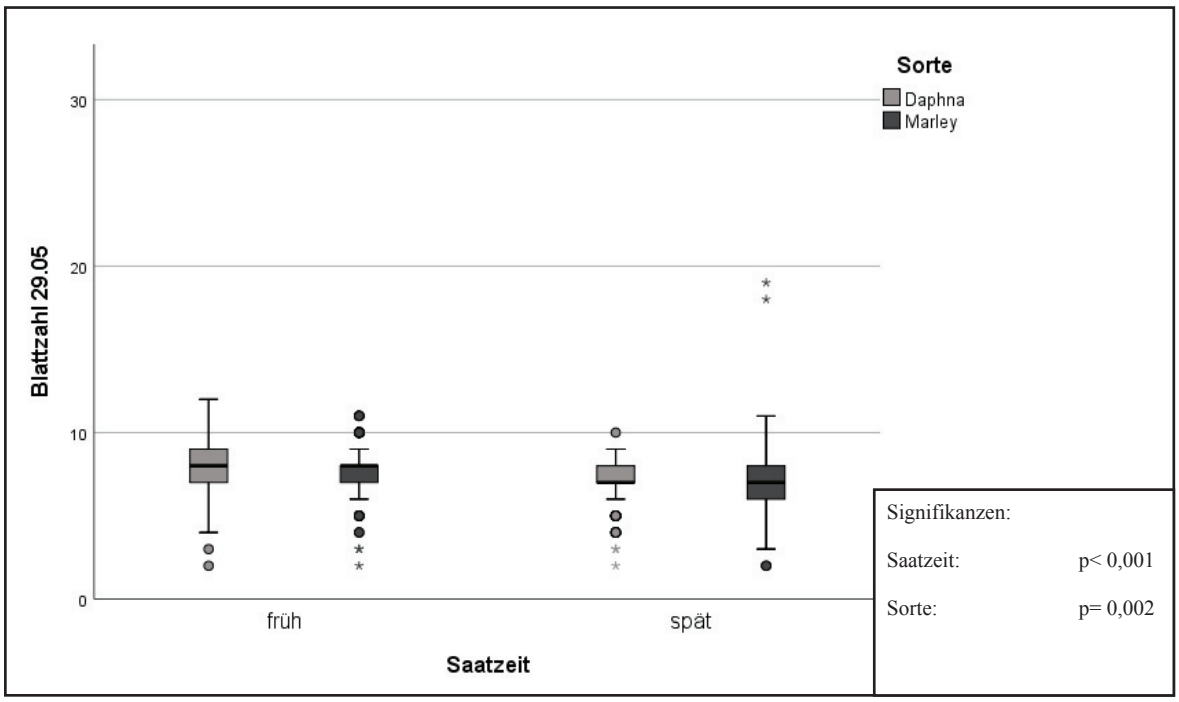

Abbildung 6: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 29. Mai 2019

Juni

Am 15. Juni 2019 fand die nächste Blattzählung statt. Zu diesem Termin hatten die Zuckerrüben durchschnittlich 12 Blätter gebildet. Die Zuckerrüben befanden sich im Makrostadium des Rosettenwachstums, da sich etwa 50 % bis 60 % der Pflanzen aus benachbarten Reihen berührten (Abb. 34). Dies entspricht dem Entwicklungsstadien BBCH 35-36. Zu diesem Termin wurden unter besseren Standortbedingungen signifikant höhere Blattzahlen erreicht (Abb. 7). Außerdem waren die erreichten Blattzahlen der Sorte Daphna signifikant höher, als bei Marley. In Abbildung 8 zeigt die Gegenüberstellung der Blattzahlen vom 15. Juni 2019 bezüglich des Aussaattermins zusätzlich, dass beim früheren Saattermin signifikant höhere Blattzahlen erreicht wurden. Außerdem unterschied sich die durchschnittliche Blattzahl vom 15. Juni 2019 mit 12 gebildeten Blättern deutlich von den durchschnittlich ermittelten 7 Blättern, vom 29. Mai 2019.

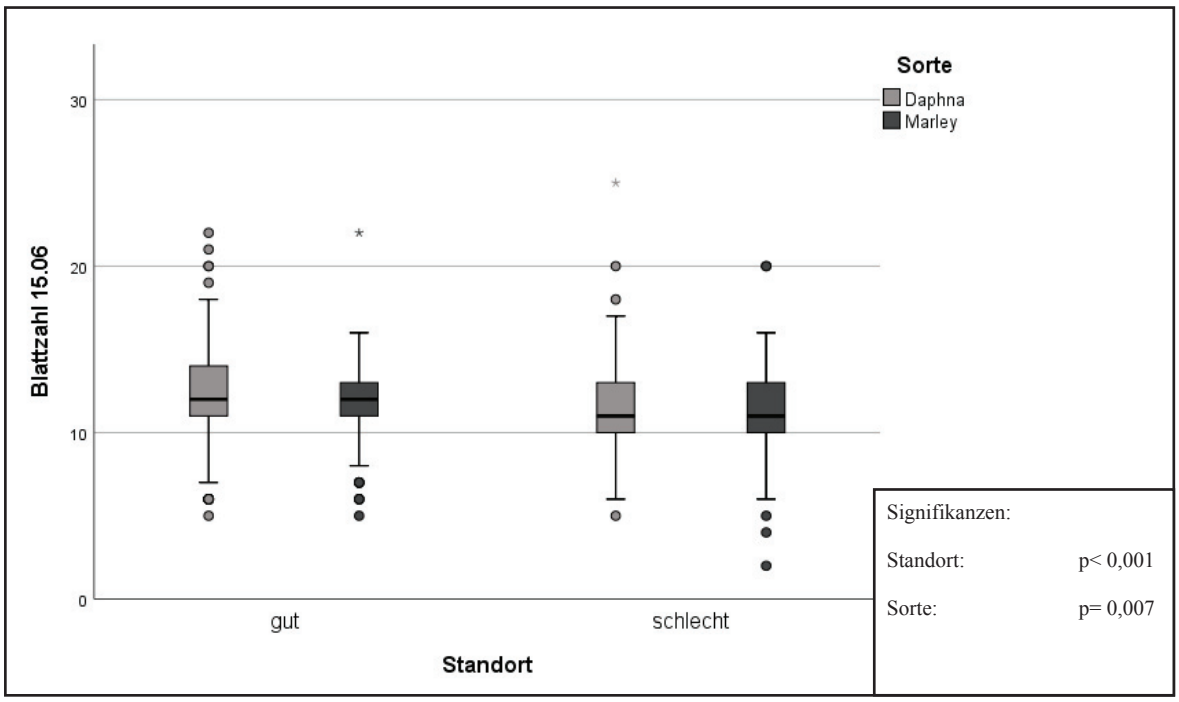

Abbildung 7: Blattzahlen von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen am 15. Juni 2019

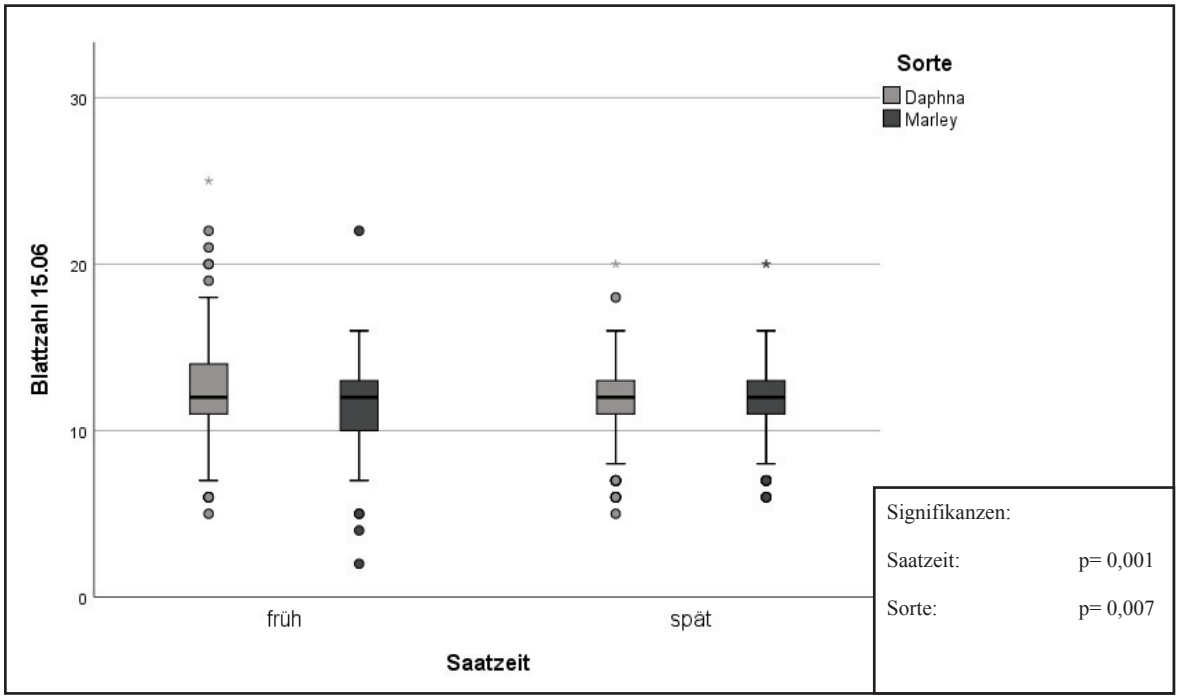

Abbildung 8: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 15. Juni 2019

Juli

Die erste Sichtung des Bestandes im Juli erfolgte bereits am 4. Juli 2019. Während dieser Sichtung erfolgte in allen Parzellen die Ermittlung des BFI. Als Erstes wurden die beiden Sorten Marley und Daphna, über alle Standorte hinweg, bezüglich ihres BFI, miteinander verglichen (Abb. 9). Dabei waren keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Blattfläche zwischen den Sorten festzustellen.

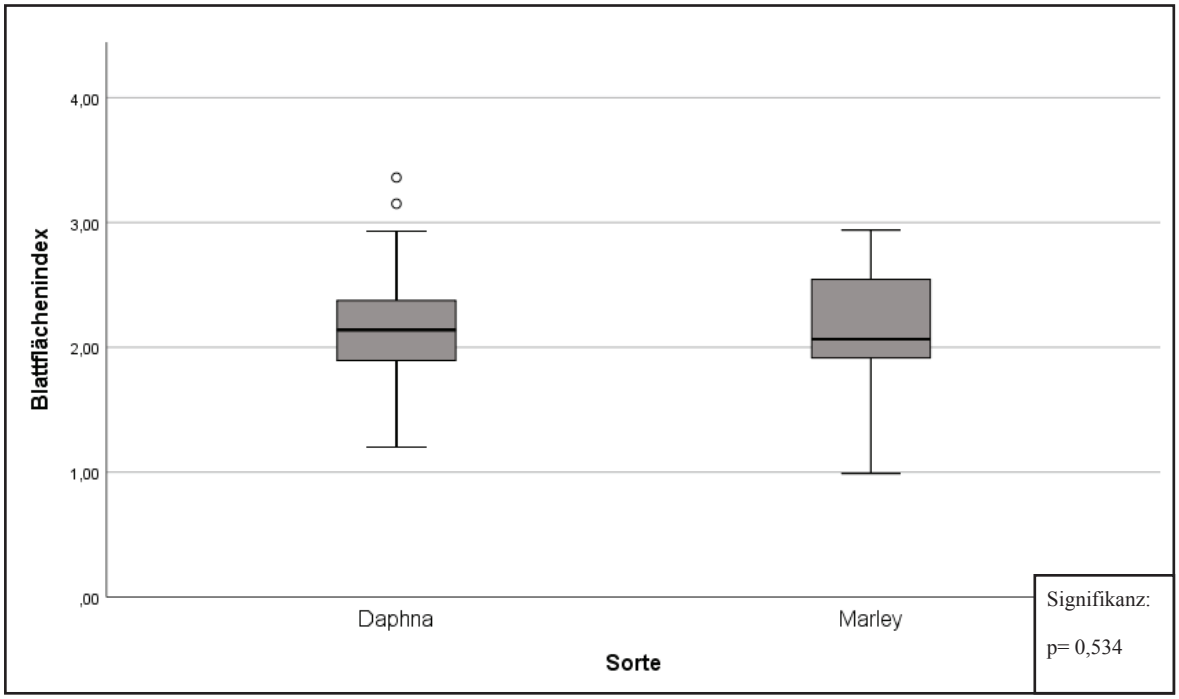

Abbildung 9: Erreichte Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019

Als nächstes erfolgte die Gegenüberstellung der Blattflächenindices beider Sorten, in Abhängigkeit von den gegebenen Standortbedingungen (Abb. 10). Anhand dieser Grafik ließen sich signifikante Unterschiede zwischen günstigen und ungünstigen Standorten erkennen. Die Blattflächenindices beider Sorten unter günstigen Standortbedingungen waren signifikant höher, als die Blattflächenindices beider Sorten unter weniger günstigen Bedingungen.

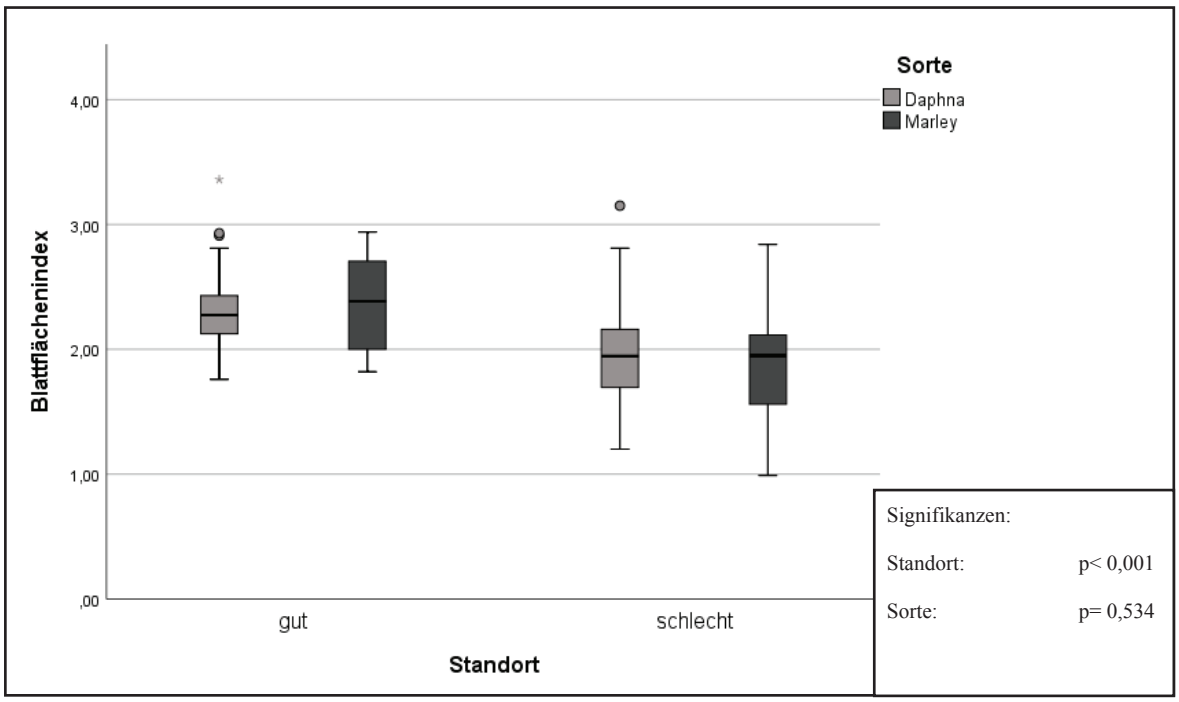

Abbildung 10: Standorteinfluss auf die Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019

Die Blattflächenindices wurden zusätzlich in Abhängigkeit von Saatzeit und Sorte dargestellt (Abb. 11). Hier waren die Unterschiede zwischen den beiden Saatterminen ebenfalls signifikant. Der Maximalwert des BFI wurde bei beiden Sorten beim späteren Saattermin erreicht und auch die Blattflächenindices insgesamt waren beim späteren Aussaattermin signifikant höher, als beim früheren Aussaattermin.

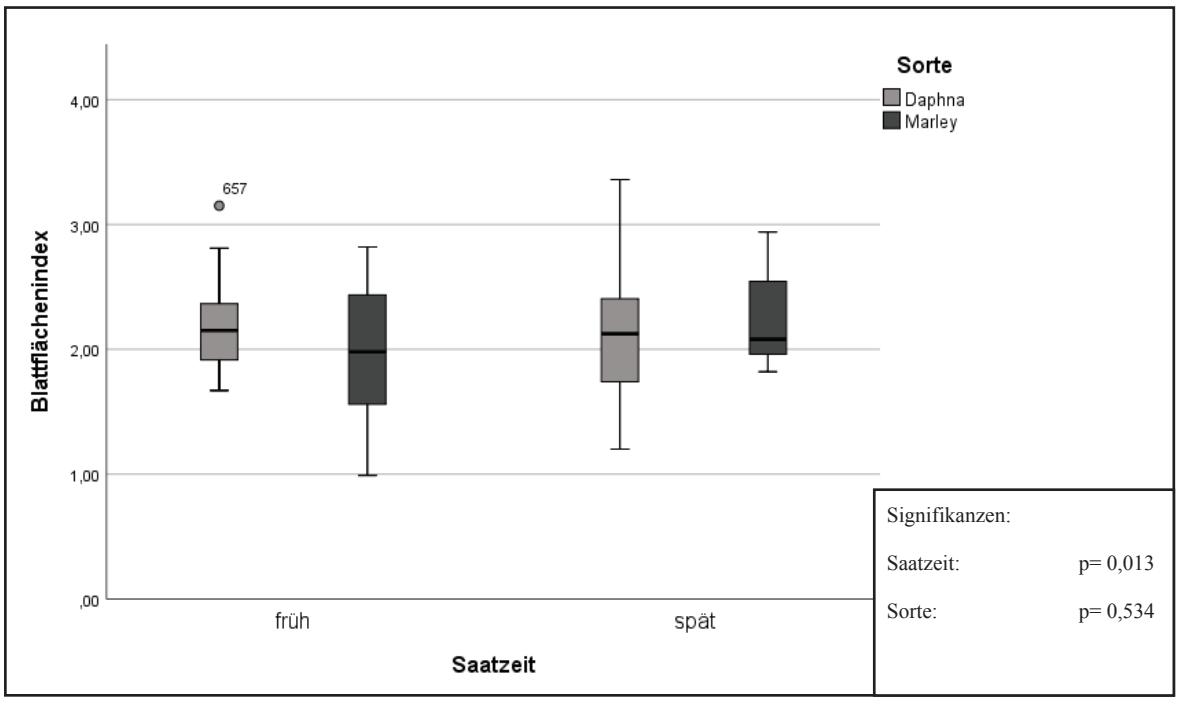

Abbildung 11: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattflächenindices von Zuckerrübensorten am 4. Juli 2019

Bei der Blattzählung am 13. Juli 2019 war es auffällig, dass mit durchschnittlich 11 gebildeten Blättern, die Blattzahlen des Zuckerrübenbestandes erstmals rückläufig waren. Diesbezüglich war ein Blattverlust an den Zuckerrübenpflanzen zu beobachten, welcher sich über den gesamten Schlag erstreckte (Abb. 35). Die Zuckerrüben hatten also auch am 13. Juli 2019 noch keinen Bestandesschluss erreicht. Anhand der Gegenüberstellung der ermittelten Blattzahlen war ein signifikanter Einfluss von Standort und Sorte auf die Höhe der Blattzahl am 13. Juli 2019 erkennbar (Abb. 12). Hierbei waren die Blattzahlen auf den besseren Standorten signifikant höher, als auf den schlechteren Standorten. Auch die Blattzahlen der Sorte Daphna waren signifikant höher, als die Blattzahlen von Marley.

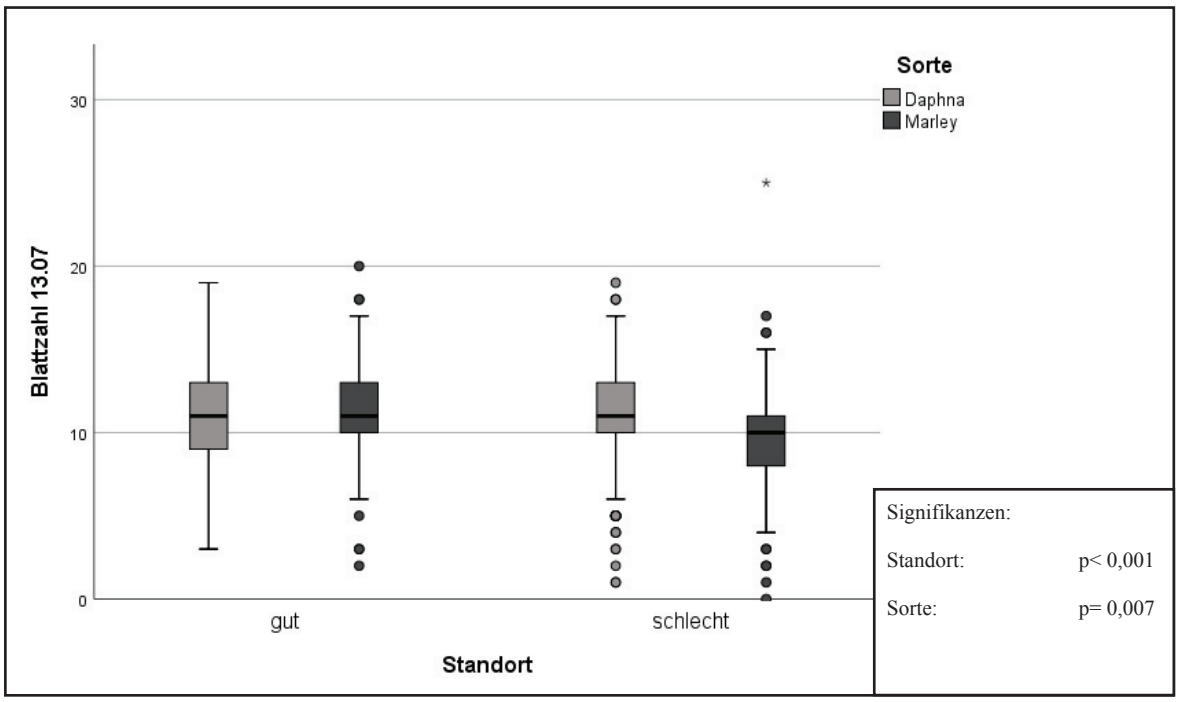

Abbildung 12: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 13. Juli 2019

Die Gegenüberstellung der Blattzahlen beider Sorten bezüglich ihres unterschiedlichen Saattermins, zeigten am 13. Juli 2019 zusätzlich signifikant mehr Blätter beim späteren Aussaattermin (Abb. 13).

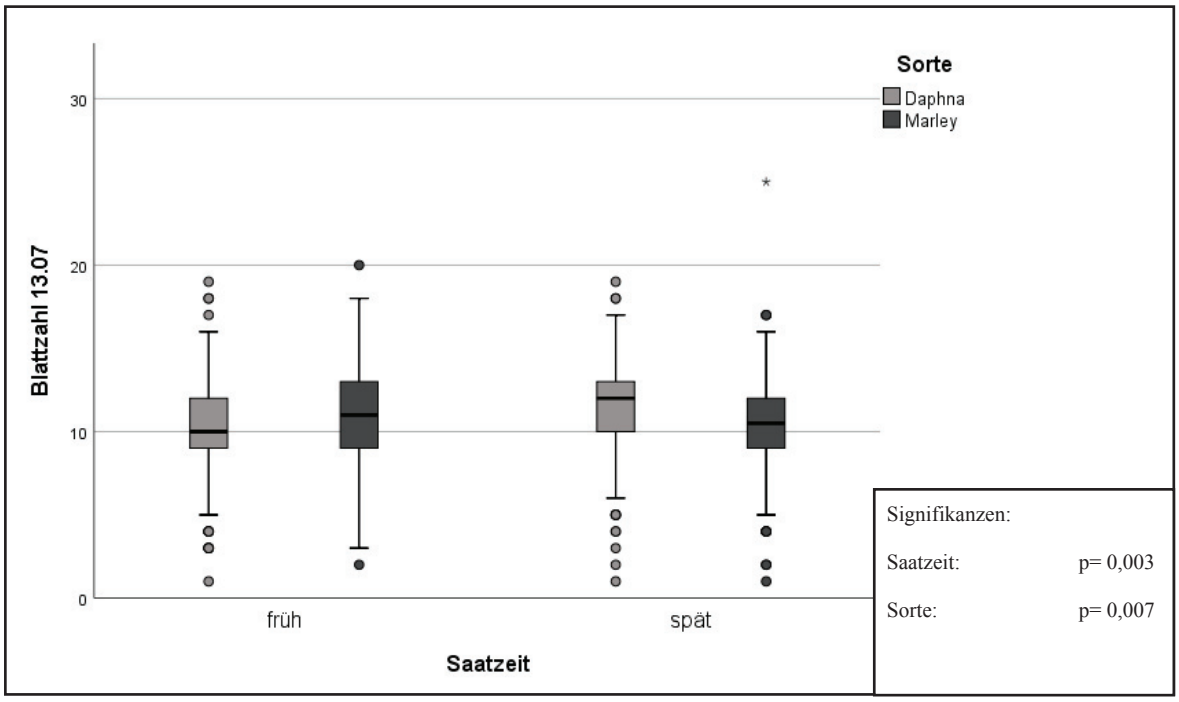

Abbildung 13: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 13. Juli 2019

August

Die durchschnittliche Blattzahl aller Parzellen belief sich am 12. August 2019 auf durchschnittlich 14 Blätter. Zu diesem Zeitpunkt war der Bestandesschluss erreicht, sodass sich die Zuckerrüben etwa bei BBCH 39 befanden. Des Weiteren setzte zu diesem Zeitpunkt verstärkt das Rübenkörperwachstum ein. Bei dieser Blattzählung erreichte Daphna, sowohl unter günstigen, als auch unter ungünstigen Bedingungen signifikant höhere Blattzahlen (Abb. 14). Ein signifikanter Einfluss des Standorts auf die Blattbildung ließ sich im August nicht erkennen.

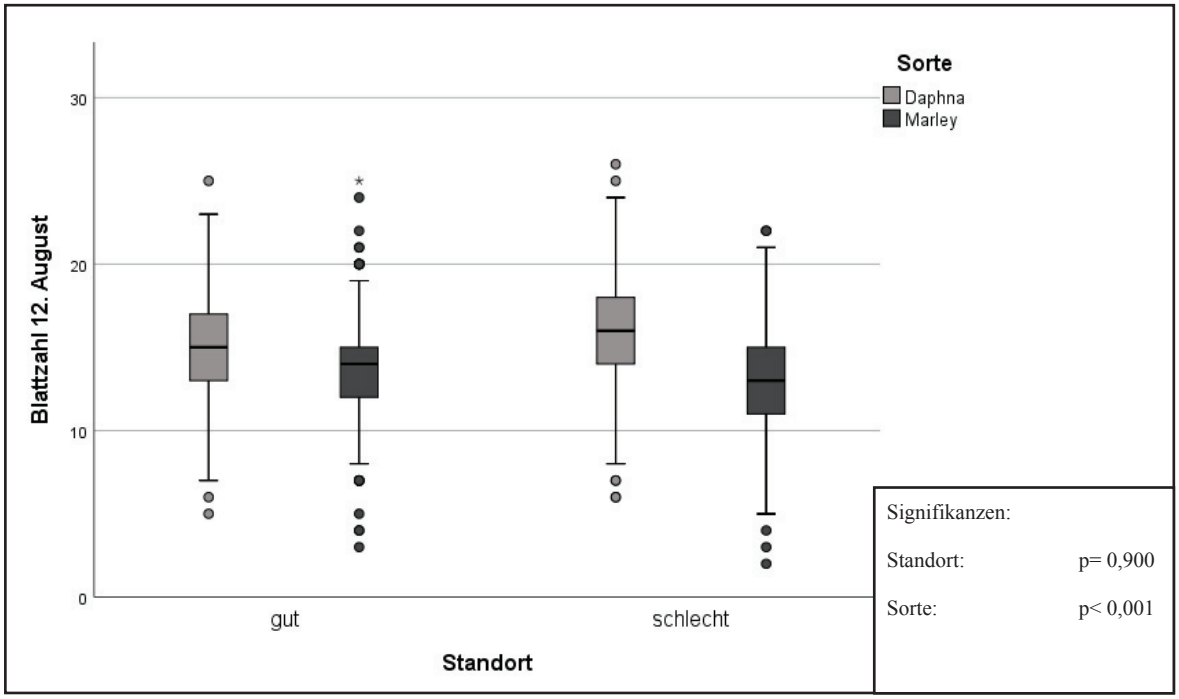

Abbildung 14: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 12. August 2019

Bezüglich des Einflusses der Saatzeit auf die Blattbildung waren signifikanten Unterschiede zu erkennen. Hierbei waren die Blattzahlen bei beiden Sorten in der Spätsaatvariante signifikant höher (Abb. 15). Auch der Sorteneinfluss auf die Blattzahl war signifikant, wonach die Sorte Daphna signifikant höhere Blattzahlen erreichte.

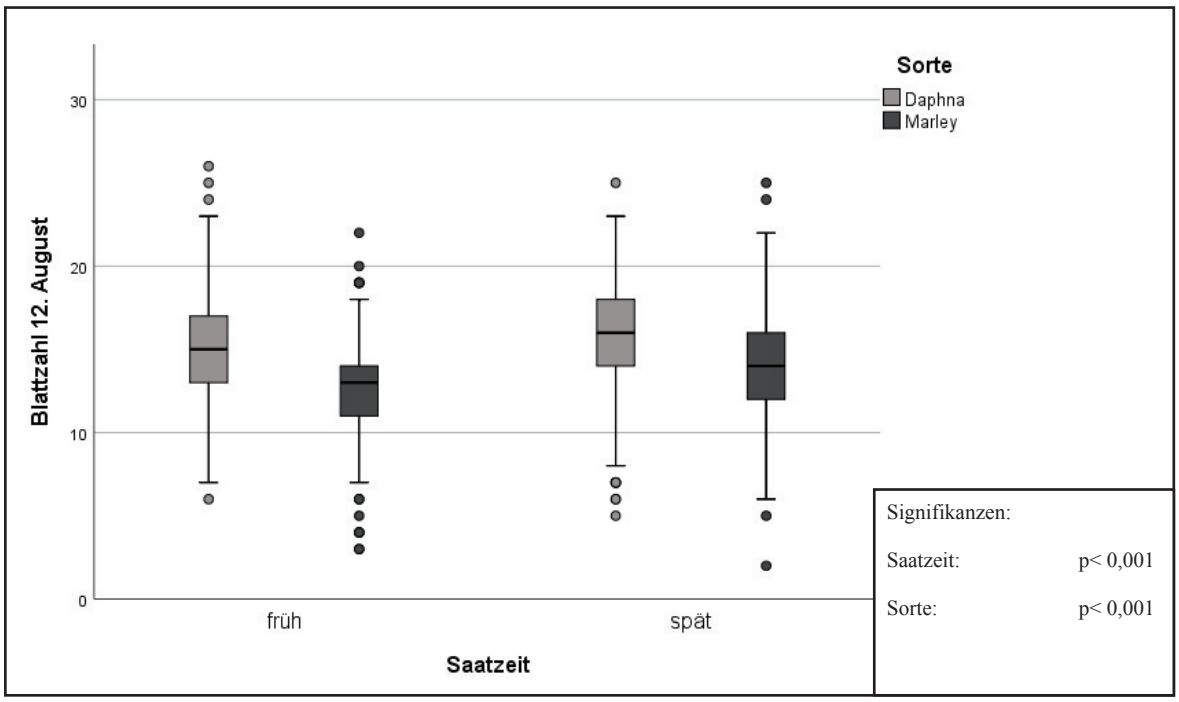

Abbildung 15: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 12. August 2019

September

Die letzte Blattzählung des Versuches wurde am 21. September 2019 durchgeführt. Wie bereits bei der Blattzählung im August, entsprach die durchschnittliche Blattzahl zu diesem Termin ebenfalls 14 Blätter pro Rübenpflanze. Die Körper der Zuckerrübenpflanzen hatten bereits eine erntefähige Größe erreicht. Dies entspricht der sogenannten „technologischen Reife“, welcher bei der Zuckerrübe mit BBCH 49 erreicht wird. Zu diesem Termin wurden in vielen Parzellen, über den ganzen Schlag hinweg, ein starker Mäusebefall beobachtet (Abb. 36). Ebenfalls auffällig war zu diesem Termin, dass an nahezu allen Zuckerrüben ein Befall mit der Rübenmotte erkennbar war (Abb. 37). Jedoch war dieser nur an wenigen Pflanzen so massiv, dass dies zum Absterben der gesamten Pflanze führte (Abb. 38). Bei diesem Blattzählungstermin war zu sehen, dass unter ungünstigen Standortbedingungen signifikant höhere Blattzahlen erreicht werden konnten (Abb. 16). Außerdem waren die erreichten Blattzahlen der Sorte Daphna signifikant höher, als bei der Sorte Marley.

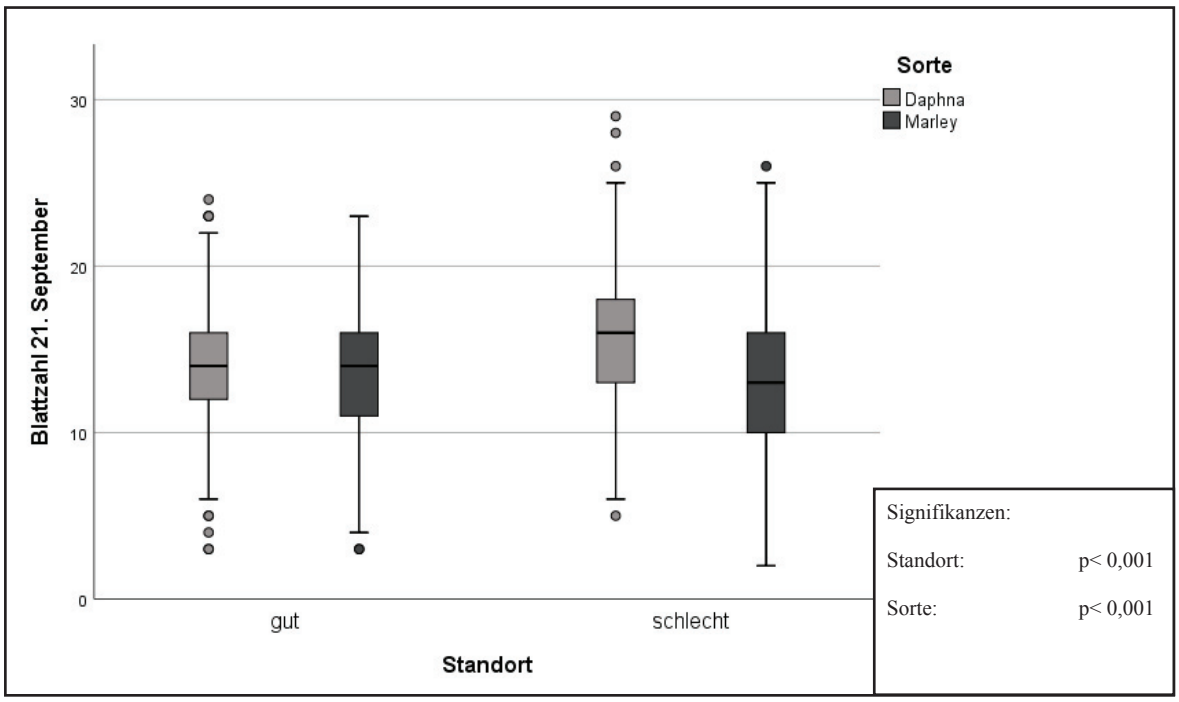

Abbildung 16: Standorteinfluss auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 21. September 2019

Beim Vergleich der Blattzahlen der unterschiedlichen Aussaattermine beider Sorten vom 21. September, ergaben die Auswertungen keine zusätzlichen signifikanten Zusammenhänge zwischen Blattzahl und Aussaatzeitpunkt (Abb. 17).

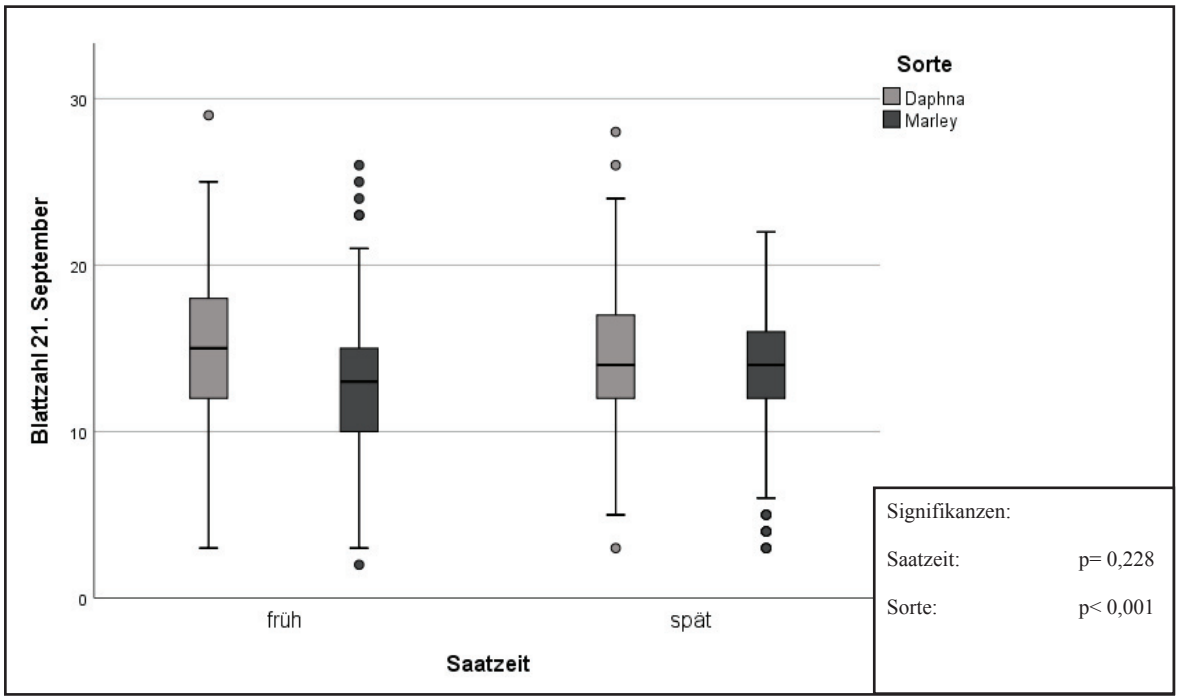

Abbildung 17: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Blattzahlen von Zuckerrübensorten am 21. September 2019

Oktober

Die letzte Sichtung des Bestandes vor der Ernte fand am 17. Oktober 2019 statt. Zu diesem Termin wurde insbesondere darauf geachtet, ob sich der Befall mit der Rübenmotte verstärkt hatte, da aus ökonomischen Gründen auf eine Insektizidbehandlung verzichtet wurde. Dennoch konnte keine höhere Befallsintensität festgestellt werden. Weiterhin fielen vereinzelt kleinere Cercospora Blattflecken auf, deren Ausmaß jedoch weiter unterhalb der Bekämpfungsschwelle lag (Abb. 39).

Der letzte Bonitierungstermin auf dem Zuckerrübenschlag fand bereits drei Tage später, am 20. Oktober 2019 statt. Zu diesem Termin erfolgte die Ernte der Zuckerrüben in den 32 Parzellen des Versuches. Bei der Ernte konnten in vielen Parzellen die Folgen des Mäusebefalls, in Form von angefressenen Zuckerrüben, beobachtet werden (Abb. 40). Jedoch ließ sich kein Zusammenhang zwischen Mäusebefall und Sorte, Saatzeit oder Standortbedingungen herstellen. Die Befallsnester waren willkürlich auf dem Zuckerrübenschlag verteilt. Eine weitere Auffälligkeit bei der Ernte war die teilweise sehr unterschiedliche Wurzelentwicklung. Vor allem am Standort 3, welcher als Standort mit ungünstigen Standortbedingungen klassifiziert war, wurde eine starke Beinigkeit[2] an den geernteten Zuckerrüben festgestellt (Abb. 41). Am Standort 5 hingegen, wurden Zuckerrüben mit einer gut ausgeprägten Pfahlwurzel geerntet, welche keinerlei Beinigkeit aufwiesen, obwohl der Standort 5 ebenfalls mit einer ungünstigen Standortgüte klassifiziert wurde (Abb. 42). Unterschieden haben sich diese Parzellen lediglich in der Sorte, mit der sie bestellt wurden. Während am Standort 3 die Sorte Marley war, wurde Standort 5 mit der Sorte Daphna bestellt. Insgesamt traten jedoch bei beiden Sorten vereinzelt beinige Zuckerrüben auf.

[2] Schadbild, bei dem die Hauptwurzel im Wachstum zurückgeblieben ist und sich die Seitenwurzeln übermäßig stark entwickeln und verzweigen.

4.3 Erträge und Qualitäten

Bezüglich des Zuckergehalts und des Rüben,- beziehungsweise Zuckerertrages wurden zuerst die beiden Versuchssorten Daphna und Marley gegenübergestellt. Beim Vergleich der Sorten fiel auf, dass sich die Sorten bezüglich ihres Zuckergehalts signifikant unterschieden Abb. 18). So wurde bei der Sorte Marley ein durchschnittlicher Zuckergehalt von etwa 19,2 % festgestellt. Im Gegensatz dazu, lag der durchschnittliche Zuckergehalt der Sorte Daphna bei lediglich 17,5 %.

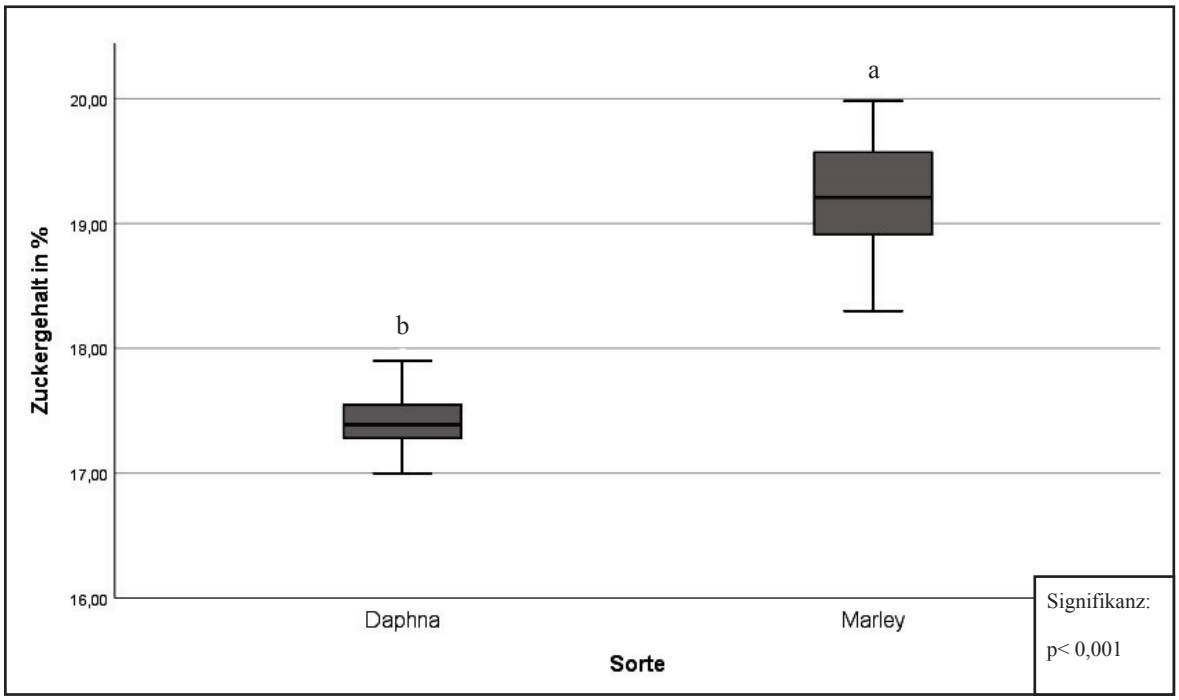

Abbildung 18: Erreichte Zuckergehalte von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019)

Anschließend wurden die erreichten Rübenerträge beider Sorten miteinander verglichen (Abb. 19). Die Ertragsmessung ergab bei der Sorte Daphna ein durchschnittlichen Rübenertrag von 71,6 t/ha. Bei der Sorte Marley fiel der durchschnittliche Rübenertrag mit 56,6 t/ha signifikant geringer aus.

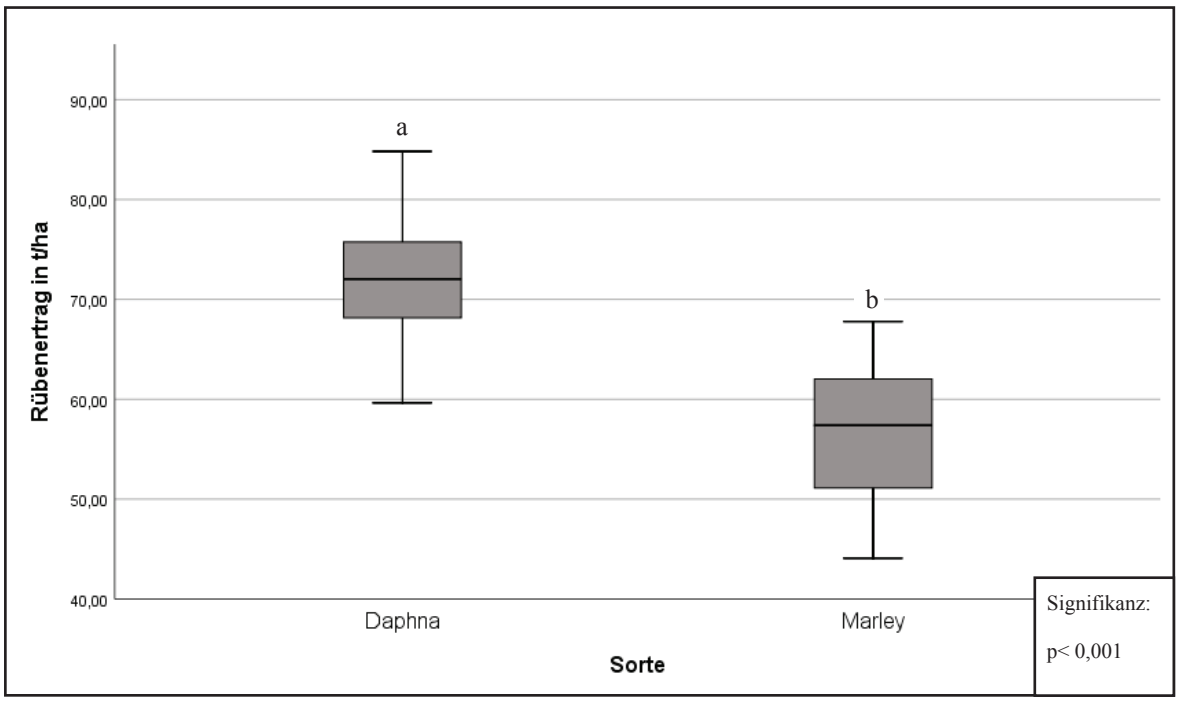

Abbildung 19: Erreichte Rübenerträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019)

Als letzter und wichtigster Parameter, wurde auch der BZE beider Sorten miteinander verglichen (Abb. 20). Dabei wurde deutlich, dass der geringere durchschnittliche Zuckergehalt bei der Sorte Daphna, durch den deutlich höheren durchschnittlichen Rübenertrag mehr als kompensiert werden konnte. Daphna erreichte diesbezüglich einen durchschnittlichen BZE von 11,1 t/ha. Im Gegensatz dazu, konnte die Sorte Marley nur einen durchschnittlichen BZE von 9,8 t/ha erreichen. Daphna erreichte einen signifikant höheren BZE als Marley.

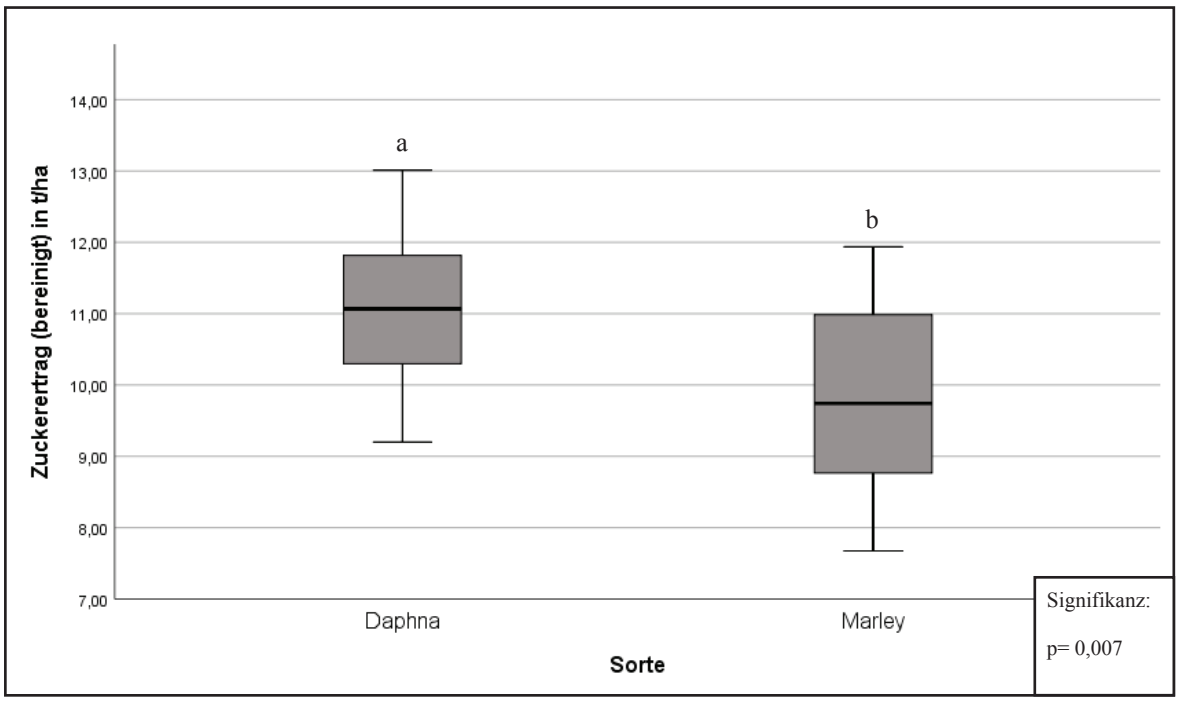

Abbildung 20: Erreichte bereinigte Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019)

Als Nächstes wurde der Einfluss der natürlichen Standortheterogenität ermittelt. Die Abbildung 21 zeigt die durchschnittlichen BZE der Sorten Daphna und Marley, unter Berücksichtigung der Standortbedingungen. Dabei konnte bei beiden Sorten, auf den mit „gut" klassifizierten Standorten, ein Mehrertrag festgestellt werden. Die Sorte Daphna konnte auf den besseren Standorten mit 11,2 t/ha, einen um 0,31 t/ha höheren BZE erzielen, als auf den schwächeren Standorten. Dort wurden lediglich ein BZE von 10,89 t/ha erreicht. Bei der Sorte Marley, deren BZE insgesamt geringer ausfiel, konnte auf den besseren Standorten mit 10,42 t/ha ebenfalls ein höherer BZE erreicht werden, als auf den schwächeren Standorten. Der BZE auf den schwächeren Standorten war mit 9,25 t/ha, um 1,17 t/ha geringer.

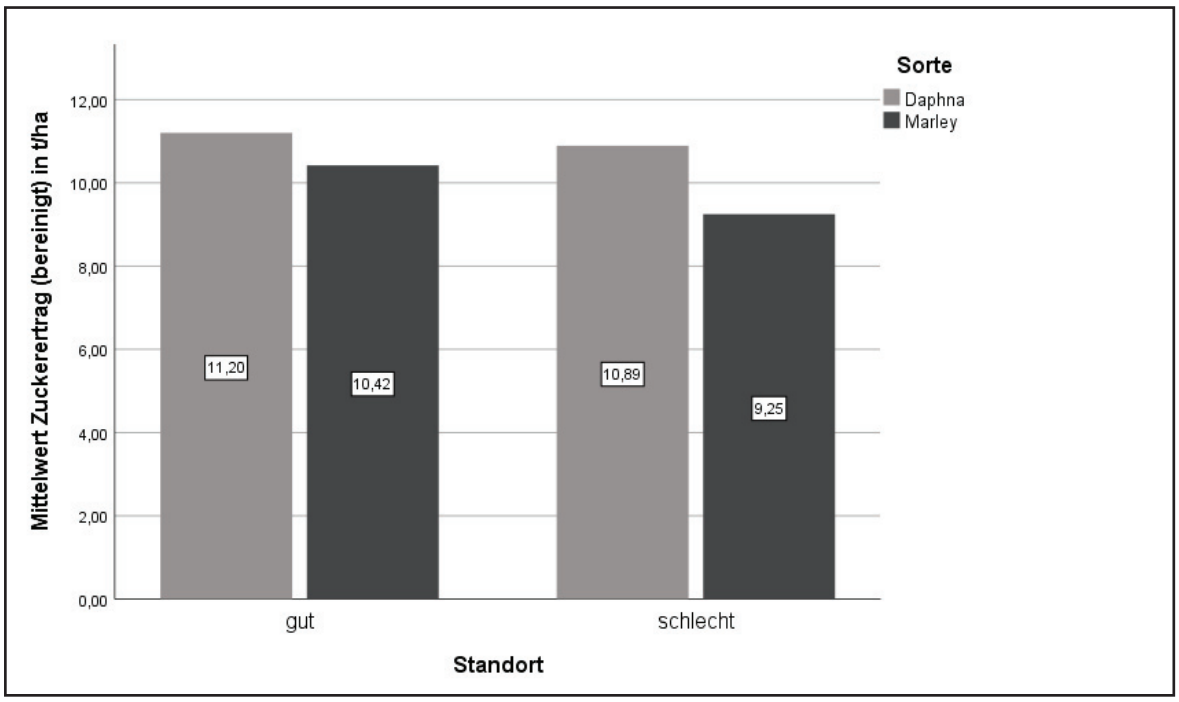

Abbildung 21: Mittlere bereinigte Zuckererträge von Zuckerrübensorten bei unterschiedlichen Standortbedingungen zum Erntetermin (20. Oktober 2019)

Zusätzlich wurden alle erbrachten BZE beider Sorten, in Abhängigkeit vom Standort gegenübergestellt (Abb. 22). Dabei fiel auf, dass obwohl der maximal erreichte BZE in Höhe von 13,01 t/ha, unter „schlecht“ klassifizierten Standortbedingungen erreicht wurde, die durchschnittlichen BZE für beide Sorten auf den guten Standorten insgesamt höher ausfielen. Dennoch waren die Mehrerträge der besseren Standorte nicht signifikant, obwohl sie tendenziell[3] höhere BZE hervorbrachten. Auch hier war zu erkennen, dass die Sorte Daphna signifikant höhere BZE hervorbrachte, als die Sorte Marley.

[3] Ein statistischer Trend ($0{,}05 < p < 0{,}10$), bei dem die Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen 5% und 10% liegt.

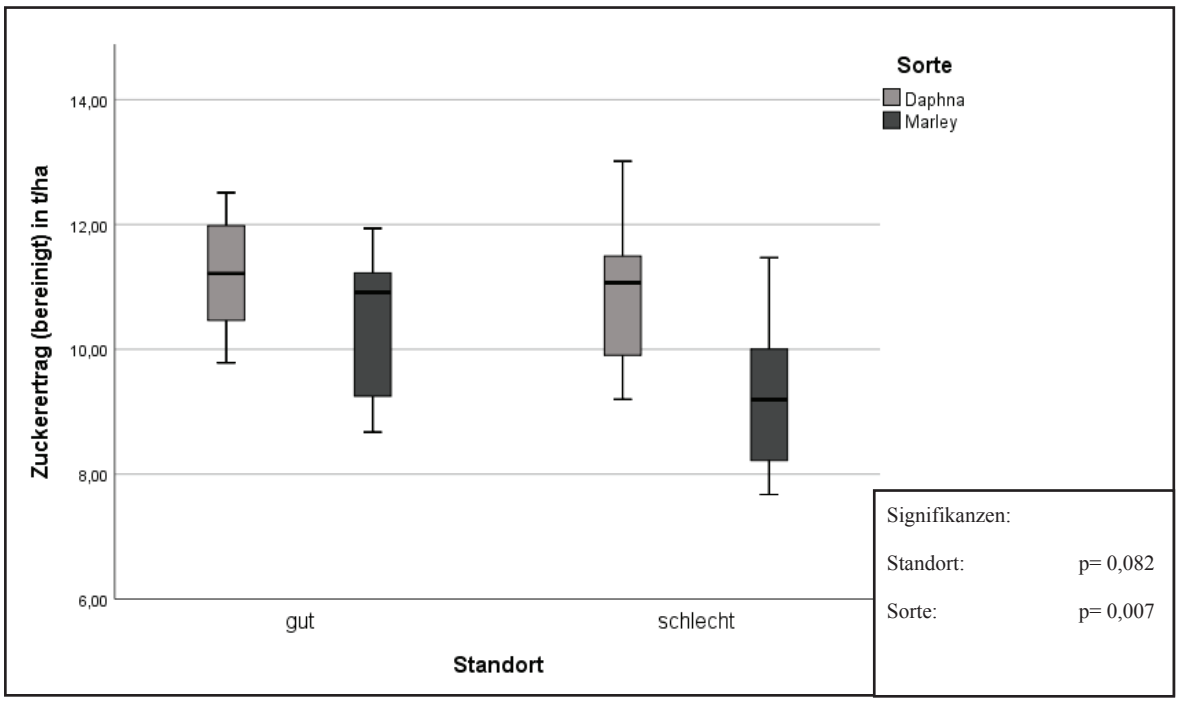

Abbildung 22: Standorteinfluss auf die bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019)

In Abbildung 23 werden die durchschnittlichen BZE beider Sorten, in Abhängigkeit vom Saattermin grafisch dargestellt. Dabei fällt auf, dass bei beiden Sorten, jeweils der spätere Aussaattermin einen höheren durchschnittlichen BZE hervorbringt. Jedoch ist der durchschnittliche BZE der Sorte Daphna bei später Saat, mit 11,05 t/ha nur geringfügig höher als der BZE von Daphna bei früher Saat, welcher bei 11,04 t/ha liegt. Eine größere Differenz hingegen, weisen die Zuckererträge der Sorte Marley auf. Hier brachte der spätere Aussaattermin mit 10,44 t/ha, einen um 1,21 t/ha höheren BZE hervor, als der frühere Aussaattermin, bei dem lediglich ein BZE von 9,23 t/ha erreicht wurde.

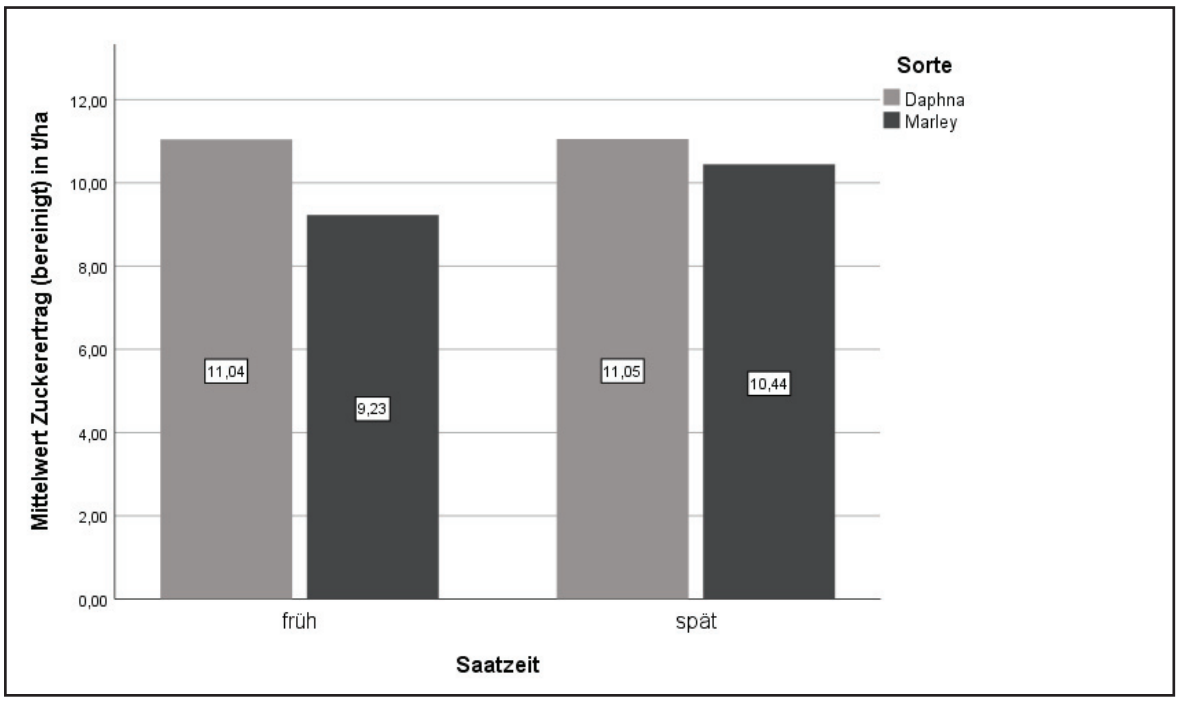

Abbildung 23: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die mittleren bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20. Oktober 2019)

Anschließend wurden zusätzlich alle erbrachten BZE beider Sorten, in Abhängigkeit von der Saatzeit gegenübergestellt (Abb. 24). Dabei zeigte sich, dass für beide Sorten der Maximalwert, hinsichtlich der Zuckererträge, bei der späteren Aussaat erreicht wurde. Dennoch unterschieden sich die Zuckererträge der beiden Aussaatzeitpunkte nicht signifikant.

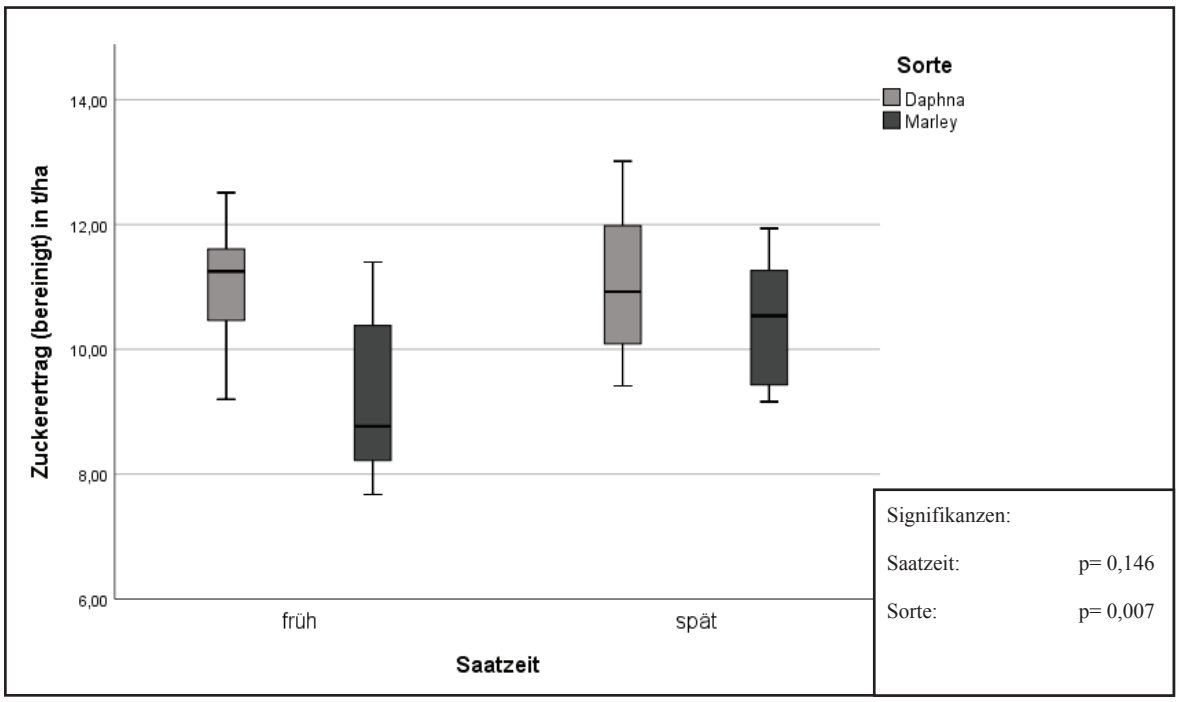

Abbildung 24: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die bereinigten Zuckererträge von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019)

Anschließend wurden für beide Sorten die Standardmelasseverluste in Prozent gegenübergestellt. Dabei erfolgte zunächst die Gegenüberstellung in Abhängigkeit von Saatzeit und Sorte (Abb. 25). Dabei waren signifikante Sortenunterschiede zwischen Daphna und Marley festzustellen. Bei der Sorte Daphna bewegten sich die Standardmelasseverluste der Versuchsparzellen auf einem signifikant höheren Niveau als bei der Sorte Marley. Im Gegensatz zu Marley, dessen durchschnittliche SMV lediglich 1,24 % betrugen, lagen die durchschnittlichen SMV bei Daphna bei 1,43 %. Weniger deutlich als der Sorteneinfluss war der Einfluss des Saatzeitpunktes. Dabei war zu erkennen, dass die SMV beim früheren Aussaatzeitpunkt bei Daphna auf einem etwas höheren Niveau lagen, als bei der Spätsaatvariante. Bei Marley hingegen, dessen SMV-Werte auch insgesamt auf einem niedrigeren Niveau lagen, wurde Gegenteiliges festgestellt. Hier lagen die SMV-Werte beim früheren Saattermin auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei der Spätsaatvariante. Der Einfluss des Saattermins auf die SMV war nicht signifikant.

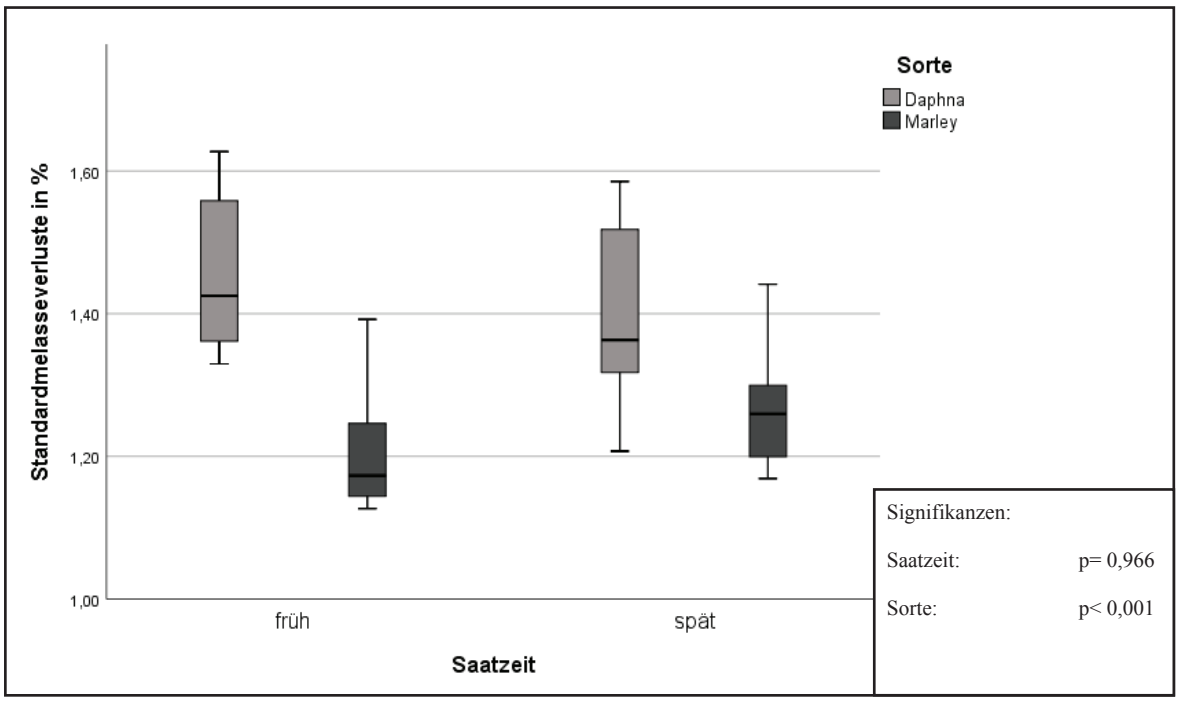

Abbildung 25: Einfluss eines frühen (23. März 2019) und späten (3. April 2019) Saattermins auf die Standardmelasseverluste von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019)

Bei der Gegenüberstellung beider Standortbedingungen anhand der beiden Versuchssorten fiel ebenfalls ein hoher Sorteneinfluss auf, da sich die SMV-Werte von Daphna wieder auf einem signifikant höheren Niveau befanden (Abb. 26). Hier war jedoch auch ein Trend zu beobachten, dass unter besseren Standortbedingungen tendenziell höhere Gehalte an SMV erreicht wurden, als bei schlechteren Standortbedingungen.

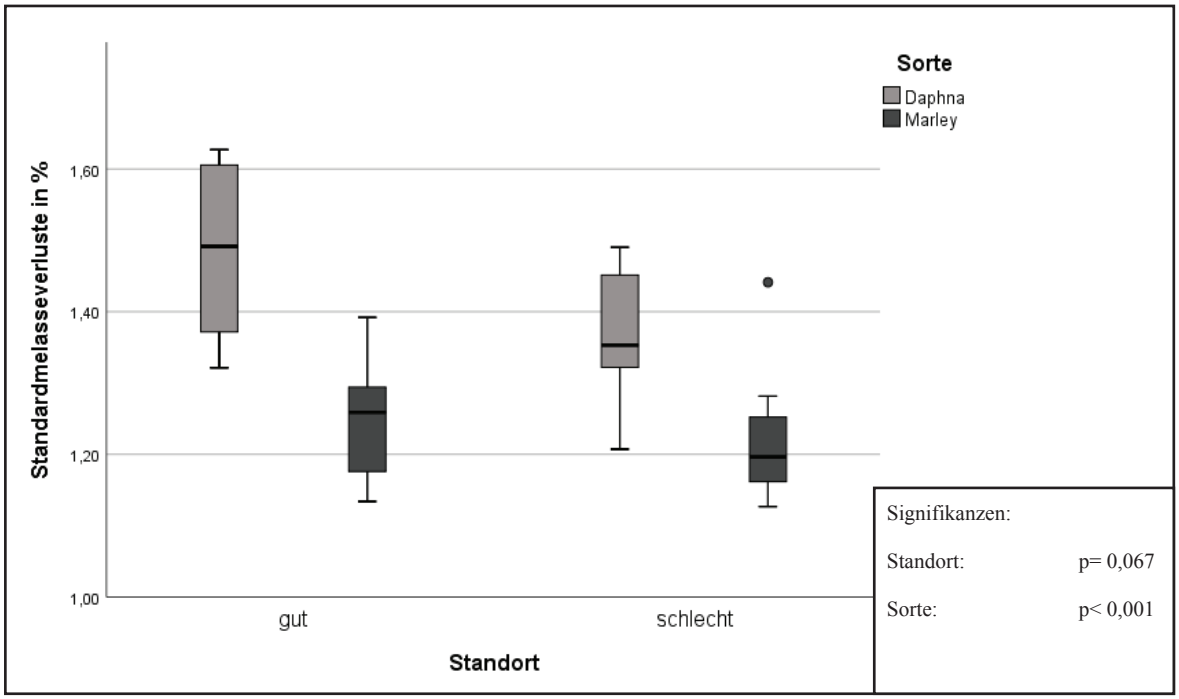

Abbildung 26: Standorteinfluss auf die Standardmelasseverluste von Zuckerrübensorten zum Erntetermin (20 Oktober 2019)

5. Diskussion

Anhand des Feldversuches wurde der Einfluss von Saatzeit, Standort und Sorte auf den Feldaufgang, die Bestandesentwicklung und auf die Gehalte an Zucker und Standardmelasseverlusten, sowie die Erträge an Rüben und Zucker ermittelt. Im Folgenden wird auf mögliche Ursachen für den Ausgang der Versuchsergebnisse eingegangen. Zuerst wurden die Einflüsse bezüglich des Feldaufgangs und der Bestandesdichte überprüft. Dabei stellte sich vor allem heraus, dass mit Daphna signifikant höhere Bestandesdichten erreicht werden konnten, als mit Marley. Da beide Sorten sowohl zu beiden Saatterminen, als auch gleichermaßen unter günstigen und ungünstigen Standortbedingungen angebaut wurden, könnte die Ursache hierfür sortenbedingt sein. Eventuell könnte dies auf Unterschiede bezüglich der Keimfähigkeit oder der Triebkraft der Sorten zurückzuführen sein. Allerdings zeigte sich beim Einfluss des Saatzeitpunktes auf die Bestandesdichte, dass beide Sorten beim frühen Aussaattermin auf einem ähnlichen Niveau lagen. Beim späten Aussaattermin hingegen war auffällig, dass Daphna deutlich höhere Bestandesdichten erreichte, als beim frühen Saattermin und dass Marley geringere Bestandesdichten erreichte, als beim frühen Saattermin. Da sich die höheren Bestandesdichten bei Daphna zum späten Aussaattermin jedoch zum großen Teil oberhalb der Aussaatstärke von 110.000 Pflanzen je Hektar befanden, kann man hier von einer Vielzahl von Doppelablagen ausgehen. Da diese deutlich höheren Bestandesdichten ausschließlich bei der Spätsaatvariante von Daphna auftraten, könnte man dort auf eine uneinheitliche Saatgutpartie schließen. Beispielsweise könnten die Rübenpillen teilweise kleiner gewesen sein, wodurch ein bis zu 8 % höherer Saatgutverbrauch, aufgrund der Doppelablagen, zustande kam (Kap. 4.1). Der Einfluss des Standorts auf Feldaufgang und Bestandesdichte war in diesem Praxisversuch nicht signifikant. Sowohl unter guten, als auch unter schlechten Bedingungen wurden ähnliche Feldaufgänge erzielt. Dabei war jedoch stellenweise auffällig, dass auf günstigeren Standorten, wie bei den Standorten 7 und 12, lückigere Bestände vor allem aufgrund eines höheren Anteils organischer Substanz und der daraus resultierenden schlechteren Saatbettqualität zurückzuführen waren (Abb. 33). Die höheren Anteile organischer Substanz auf den günstigen Standorten könnten beispielsweise die Folge höherer Strohmengen bei der Ernte der Vorfrucht sein. Abschließend lässt sich hierzu sagen, dass sich insbesondere unter Spätsaatbedingungen deutliche Unterschiede zwischen den Sorten, bezüglich des Feldaufgangs und der Bestandesdichte feststellen ließen. Der alleinige Einfluss der Saatzeit war jedoch nicht

signifikant, da die Aussaatbedingungen sowohl beim früheren, als auch beim späteren Aussaatzeitpunkt günstig waren und die zu hohen Bestandesdichten beim späten Aussaattermin nur bei Daphna auftraten. Hier ist eine uneinheitliche Saatgutpillierung als Ursache wahrscheinlich.

Bei den ersten beiden Blattzählungsterminen im Mai und im Juni fiel auf, dass die früher gesäten Zuckerrüben einen Entwicklungsvorsprung hatten (Abb. 32). Die Blattzahlen der Zuckerrüben mit früheren Aussaatzeitpunkt waren signifikant höher. Die Ursache dafür könnte in der längeren Vegetationszeit bei der Frühsaatvariante liegen, bei der die Zuckerrüben bereits mehr Zeit zur Blattbildung hatten. Bei der Blattzählung im Juli waren die Blattzahlen der Zuckerrüben zum ersten Mal rückläufig. Dabei war die durchschnittlich ermittelte Blattzahl im Juli (11) um ein Blatt geringer als die durchschnittlich ermittelte Battzahl im Juni (12). Dabei handelte es sich wahrscheinlich um einen trockenheitsbedingten Blattverlust, in Folge einer längeren Trockenperiode. Zwischen den beiden Blattzählung sind lediglich etwa 5 Liter je Quadratmeter Niederschlag gefallen sind. Demzufolge standen die Zuckerrüben womöglich unter Trockenstress, wodurch der Blattverlust zustande kam. Bei der Ermittlung des BFI am 4. Juli 2019 war bereits auffällig, dass die Spätsaatvariante der Zuckerrüben signifikant höhere Blattflächenindices hervorbrachte. Diese Auffälligkeit wurde bei der Blattzahlung am 13. Juli 2019 bestätigt. Auch die Blattzahlen des späteren Aussaattermins waren erstmals signifikant höher. Dieser Vorsprung bezüglich der Blattzahl war bei der Blattzählung am 12. August 2019 noch immer signifikant. Die Ursache dafür, dass die Spätsaatvariante ab Juli sowohl höhere Blattzahlen, als auch höhere Blattflächenindices als die Frühsaatvariante erreichte, könnte im Zusammenwirken von Trockenstress und Blattlausbefall liegen. Diesbezüglich könnten die früher gesäten Zuckerrüben, aufgrund ihrer anfangs höheren Blattzahl, bis zu den jeweiligen Insektizidbehandlungen am 3. und 29 Mai 2019 länger und demnach stärker von der Blattlauspopulation geschädigt worden sein, als die später gesäten Zuckerrüben. Dadurch könnte es in Verbindung mit der darauffolgenden Trockenperiode möglich gewesen sein, den Entwicklungsvorsprung aufzuholen, da sich die Spätsaatvariante schneller erholen konnte. Beim letzten Blattzählungstermin im September war der Einfluss des Saatzeitpunktes jedoch nicht mehr signifikant für die Blattzahl. Die Ursache hierfür könnte sein, dass in der Phase seit dem letzten Blattzählungstermin das Wachstum des Rübenkörpers dominierte und der Großteil der gebildeten Assimilate bei verminderter Blattbildung in den Rübenkörper eingelagert wurden (DIEPENBROCK et al. 2016). Die durchschnittlich erreichten BZE waren in der

Spätsaatvariante geringfügig höher. Womöglich ist dies auf die höhere Blattfläche um den Bestandesschluss herum, zurückzuführen, da in diesem Zeitraum die Trockenmassezuwachsraten der Zuckerrüben am höchsten sind (DIEPENBROCK et al. 2016). Jedoch hatte der Saatzeitpunkt keinen signifikanten Einfluss auf den BZE. Gleiches gilt für den Gehalt an SMV zur Ernte am 20. Oktober 2019.

Bei der ersten Blattzählung im Mai war kein signifikanter Standorteinfluss auf die Blattzahl zu erkennen. In den Monaten Juni und Juli hingegen, konnten an den besseren Standorten signifikant höhere Blattzahlen erreicht werden. Auch die Blattflächenindices waren unter günstigeren Standortbedingungen signifikant höher. In diesem Zeitraum hatten die Zuckerrüben große Probleme mit der lang anhaltenden Trockenheit, welche sich durch den Blattverlust in dieser Zeit deutlich zeigten. Möglicherweise waren in diesem Zeitraum die Zuckerrüben an den besseren Standorten im Vorteil, weil dort der Boden das Wasser besser halten konnte. Die Zuckerrüben waren demnach weniger stark beeinträchtigt, als die Zuckerrüben der schwächeren Standorte und hatten aus diesem Grund weniger Blattverlust durch Trockenstress. Aus diesem Grund hatten sie eine höhere Blattflächendauer und mussten insgesamt weniger Assimilate zur Blattneubildung veratmen. Im Monat August, nachdem sich die Trockenstresssituation beruhigte und seit der Blattzählung im Juli wieder 65 Liter je Quadratmeter Niederschlag gefallen sind, waren an der Blattzahl keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standortbedingungen mehr zu erkennen. Beim letzten Blattzählungstermin war jedoch auffällig, dass erstmals die Blattzahlen unter schlechteren Standortbedingungen signifikant höher waren, als die Blattzahlen der besseren Standorte. Obwohl bezüglich des erbrachten BZE keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standortbedingungen zu erkennen waren, zeigte sich hier jedoch ein Trend. Die besseren Standorte brachten demnach tendenziell höhere BZE hervor. Möglicherweise aufgrund dessen, dass sie in der Trockenperiode weniger stark unter dem Trockenstress litten, als die Zuckerrüben an den schwächeren Standorten. Ähnlich wie beim BZE zeigte sich bei den SMV ein Trend in Richtung der besseren Standorte. Vermutlich ist der Gehalt an SMV von den erbrachten BZE abhängig, da er immer proportional zum BZE steigt oder fällt. Beispielsweise erbrachte Daphna unter guten Standortbedingungen sowohl den höchsten BZE als auch den höchsten Gehalt an SMV hervor. Gleichzeitig erbrachte Marley unter schlechten Standortbedingungen sowohl den geringsten BZE, als auch den geringsten Gehalt an SMV.

Die Sorte hatte über alle Blattzählungstermine einen signifikanten Einfluss auf die Blattzahl. Daphna hatte vom ersten bis zum letzten Blattzählungstermin signifikant höhere Blattzahlen. Hierbei zeigte sich vor allem nach der Trockenphase, dass die Blattzahlen der Sorte Marley unter schlechten Standortbedingungen stärker abfielen, als bei Daphna. Unter den Versuchsbedingungen hatte Marley also höhere Standortansprüche. Obwohl die Blattzahlen bei Daphna immer signifikant höher waren, konnte bei der Messung der Blattflächenindices kein signifikanter Sorteneinfluss festgestellt werden. Möglicherweise ist dies auf sortenbedingte, unterschiedliche Blattstellungstypen zurückzuführen. So können beispielsweise Pflanzen mit einer geringeren Anzahl an Blättern in planophiler Blattstellung, eine ähnliche Menge an Strahlung abfangen, wie Pflanzen mit mehr Blätter in erektophiler Blattstellung. Da das LAI-Meter den BFI aus der Strahlungsdifferenz von oberhalb und unterhalb des Blattapparats errechnet, könnte hierin die Ursache für die geringen Unterschiede beim BFI der beiden Sorten liegen. Bei den Ertrags- und Gehaltsmessungen waren die Sortenunterschiede bei allen Gegenüberstellungen signifikant. Marley konnte, mit durchschnittlich 1,7 % mehr Zucker, einen signifikant höheren BZG erreichen. Dies ist vor allem auf die züchterischen Sorteneigenschaften zurückzuführen, bei denen Marley bezüglich des Zuckergehalts vom Bundessortenamt mit 7 (hoch) eingestuft ist. Daphna hingegen wurde dabei lediglich mit 4 (niedrig bis mittel) eingestuft. Diese stark unterschiedlichen Werte sind also genetisch bedingt. Bezüglich der Rübenfrischmasse ist die Sorte Daphna mit 9 (sehr hoch) und die Sorte Marley mit 6 (mittel bis hoch) eingestuft worden. Dieser Einstufung entsprechen auch die Werte der Versuchsergebnisse, wonach die Sorte Daphna mit 15 t/ha mehr Rüben, einen signifikant höheren Rübenertrag generierte. Ausschlaggebend für den Erfolg des Zuckerrübenanbaus ist jedoch letztendlich der BZE. Auch hier wurde beim Einfluss der Sorte auf den BZE eine eindeutige Signifikanz nachgewiesen. Der Mehrertrag von Daphna war, mit einem um 1,3 t/ha höheren BZE, signifikant. Wie vom Bundessortenamt eingestuft, war auch der SMV-Gehalt bei Daphna, in Abhängigkeit vom BZE, signifikant höher. Grundsätzlich ist hierbei jedoch zu erwähnen, dass die beiden Sorten eine unterschiedliche Eignung bezüglich ihres optimalen Rodetermins haben. Marley gilt aufgrund ihres hohen BZG als Sorte mit Frührodungseingnung, wohingegen Daphna für spätere Rodetermine empfohlen wird (SCHLINKER 2019). Da der 20. Oktober 2019 als relativ später Rodetermin gilt, war Daphna bezüglich der Ertragsbildung über einen sehr hohen Rübenertrag im Vorteil, da dieser durch eine längere Vegetationszeit begünstigt wird.

Der starke Mäusebefall, welcher anhand deutlicher Fraßschäden an den Zuckerrüben zu erkennen war (Abb. 40), fiel auch bereits bei den Bonitierungen im September besonders auf (Abb. 36). Dabei handelt es sich jedoch um ein generelles Problem, da bereits in den vorherigen Jahren auch auf anderen Schlägen vermehrt Mäuseschäden auftraten. Vermutlich wird das zunehmende Mäusevorkommen durch den Einsatz des Mulchsaatverfahrens, wie es bei den Zuckerrüben angewendet wurde, begünstigt. Weiterhin fiel der Befall mit Rübenmotten über den ganzen Schlag hinweg, unabhängig von Sorte, Saatzeit und Standort, auf. Eine Insektizidmaßnahme zur Rübenmottenbekämpfung wurde nicht durchgeführt, da die Larven im Rübenkopf und im Blattstiel nur schwer zu erreichen sind und laut Feldversuchen vom „Landwirtschaftlichem Technologiezentrum Augustenberg“ aus dem Jahre 2015 nur Wirkungsgrade von maximal 50 % erreicht werden (BISZ SÜDZUCKER 2019). Als Bekämpfungsmaßnahme wird vom BISZ SÜDZUCKER (2019) eine tiefe Bodenbearbeitung mit dem Pflug nach der Rübenernte empfohlen, welche auch durchgeführt wurde. Glücklicherweise hatte sich der Befall mit der Rübenmotte bis zum Erntetermin, den 20. Oktober 2019, nicht verstärkt, sodass gänzlich abgestorbene Zuckerrübenpflanzen nur sehr selten vorkamen (Abb. 38).

Bei der Ernte der Zuckerrüben waren insbesondere die Parzellen 3 und 5 hinsichtlicher ihrer Wurzelentwicklung auffällig. Obwohl es sich bei beiden Standorten um Parzellen mit ungünstigeren Standortbedingungen handelte, wiesen nahezu alle Rüben des Standortes 3 eine deutliche Beinigkeit auf, wohingegen an Standort 5 nahezu alle geernteten Rüben eine gut entwickelte Pfahlwurzel aufwiesen. Ungeachtet dessen, dass der Standort 3 mit Marley und der Standort 5 mit Daphna bestellt wurde, könnten hier die Standortbedingungen aus unterschiedlichen Gründen ungünstig gewesen sein. Beinige Rüben weisen in der Regel auf Strukturschäden des Bodens hin, wie beispielsweise Verdichtungszonen im Boden, an denen sich die Pfahlwurzel der Zuckerrübe verzweigt (Abb. 41). Solche Strukturschäden werden beispielsweise durch Pflugsohlenverdichtungen, oder durch Bodenbearbeitung bei ungünstigen Bodenverhältnissen hervorgerufen. Im Gegensatz zu den Strukturschäden an Standort 3, könnten die Standortbedingungen an Standort 5 aus einem anderen Grund ungünstig sein. Beispielsweise könnte hier die Ertragsfähigkeit des Bodens insgesamt geringer sein, weil aufgrund der Bodenart eventuell eine geringere Wasserspeicherkapazität vorliegt. Der entscheidende Vorteil hierbei ist jedoch, dass eine gute Durchwurzelung des Bodens möglich ist. Demzufolge kann sich hier die Pfahlwurzel der Zuckerrübe hindernisfrei

entwickeln (Abb. 42). Diesbezüglich lässt sich also sagen, dass die beiden Standorte aus verschiedenen Gründen als ungünstig klassifiziert worden sein könnten.

6. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, an zwei verschiedenen Zuckerrübensorten den Einfluss eines zehn Tage früheren Saattermins auf den Feldaufgang, die Bestandesentwicklung und auf die Ertrags- und Qualitätsparameter der Zuckerrüben zu überprüfen. Dabei wurde die natürliche Standortheterogenität eines Praxisschlages mit berücksichtigt.

Grundsätzlich sollte mit dem Versuch der Vorteil einer früheren Aussaat gezeigt werden, bei der aufgrund eines schnelleren Erreichens des optimalen BFI, höhere BZE erreicht werden können. Jedoch hatte ein früherer Saatzeitpunkt unter den Versuchsbedingungen im Jahr 2019 keinen positiven Einfluss auf die Höhe des BZE. Infolgedessen konnten sogar leicht höhere BZE beim späteren Aussaattermin erreicht werden. Jedoch waren diese Mehrerträge nicht signifikant.

Im Hinblick auf den Standort waren die Zuckerrüben unter besseren Standortbedingungen, insbesondere in Trockenphasen der Vegetationszeit, weniger stark beeinträchtigt. Sie hatten in dieser Phase signifikant mehr Blätter und zeigten einen signifikant höheren BFI. Nach der Trockenphase konnten sich die Zuckerrüben wieder erholen. Dennoch zeigten die BZE zur Ernte einen Trend in Richtung der besseren Standorte, unter deren Bedingungen tendenziell höhere BZE erreicht werden konnten.

Besonders deutlich waren die Sortenunterschiede im Versuch. Die Sorte Daphna hatte über alle Blattzählungstermine signifikant höhere Blattzahlen erreicht. Da das Blatt und damit die Blattfläche einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung des Ertrages der Zuckerrüben hat, konnte die Sorte Daphna einen signifikant höheren Rübenertrag erreichen. Der um 1,7 % höhere BZG der Sorte Marley konnte den um 15 t/ha höheren Rübenertrag von Daphna nicht ausgleichen. Demzufolge war bei Daphna auch der Mehrertrag von 1,3 t/ha an bereinigtem Zucker signifikant. Abschließend lässt sich sagen, dass anhand dieser Arbeit ein Standort- und Sorteneinfluss auf den BZE gezeigt werden konnte. Bezüglich des Standorts war ein Trend zugunsten der besseren Standorte zu erkennen. Der Sorteneinfluss war zugunsten der Sorte Daphna sogar signifikant. Die Ertragsvorteile einer früheren Aussaat ließen sich unter den Versuchsbedingungen im Anbaujahr 2019 nicht zeigen.

7. Literaturverzeichnis

Literaturquellen:

DIEPENBROCK, W.; ELMER, F.; LEON, J: „Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung“; Grundwissen Bachelor; 2016; 4. Auflage; Ulmer Verlag

GEHLEN, A., LINGNAU, A.: Landwirtschaftlicher Informationsdienst Zuckerrübe; Rheinischer Rübenanbauer- Verband e.V.; „Bor- Düngung mehr als nur Versicherung“; 2/2014; Zuckerrübenjournal; S. 11-12

GEISLER, G.: „Farbatlas Landwirtschaftliche Kulturpflanzen“; 1991; Stuttgart; Ulmer Verlag

HOFFMANN, C.: Institut für Zuckerrübenforschung; „Physiologische Grundlagen des Ertragspotenzials von Zuckerrüben“; 2014; Zuckerrübe Ausgabe 5/2014;
S. 28-31

HOFFMANN, C.: Institut für Zuckerrübenforschung; „Ertragsbildung von Zuckerrüben: früh säen oder spät ernten?“; 2006; Zuckerindustrie 131 Nr. 9; S. 32-38

INFORMATION.MEDIEN.AGRAR e.V. (i.m.a); WIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG ZUCKER e.V. (WVZ): Sachinformation „Die Zuckerrübe“; Ausgabe: August 2011; 2. Auflage

LOCHNER, H.; BREKER, J et al.; „Agrarwirtschaft- Grundstufe Landwirt“; 2011; 4. überarbeitete Auflage; Landwirtschaftsverlag GmbH; BLV Buchverlag GmbH

RÖVER, A.: „Ertragsbildung von Zuckerrüben in Abhängigkeit von Blattfläche und intraspezifischer Konkurrenz“; Institut für Zuckerrübenforschung; Dissertation; 1995; Göttingen; Cuviller Verlag Göttingen

SCHLINKER, G: Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland (ARGE NORD) e.V.; Braunschweig; „Saatgutbestellung für 2020“; 2019; Zuckerrübe Ausgabe 3/2019; S.44-48

Internetquellen:

BISZ SÜDZUCKER: Beratung und Information für den süddeutschen Zuckerrübenanbau; „Magnesium in der Pflanze“; 2019; Online im Internet; URL:
https://bisz.suedzucker.de/duengung/naehrstoffe/magnesium-mg/magnesium-in-der-pflanze/ (Stand: 16.12.2019)

„Schwefel in der Pflanze“; 2019; Online im Internet; URL:
https://bisz.suedzucker.de/duengung/naehrstoffe/schwefel-s/schwefel-in-der-pflanze/ (Stand: 16.12.2019)

„Rübenmotte“; 2020; Online im Internet; URL:
https://bisz.suedzucker.de/pflanzenschutz/blatt-schaedlinge/ruebenmotte/
(Stand: 22.01.20)

BUNDESSORTENAMT: „Beschreibende Sortenliste für Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2019“; 2019; Herausgeber: Bundessortenamt, Osterfelddamm 80, 30627 Hannover; Online im Internet; URL:
https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_getreide_2019.pdf
(Stand: 27.12.19)

DOBERS, E. S.: RE: „Abschlussarbeit Zuckerrüben“ vom 12.02.20, Online im Internet, E-Mail von Prof. Dr. Dobers (Hochschule Neubrandenburg) an Tim Richter

KWS SAAT SE & Co. KGaA: „Aussaat Zuckerrübe“; 2019; Online im Internet; URL:
https://www.kws.com/de/de/beratung/aussaat/zuckerruebe/ (Stand: 16.11.2019)

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN: „Blattdüngung in Zuckerrüben zum Reihenschluss“; 2015; Online im Internet; URL:
https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/15254.html
(Stand: 16.12.2019)

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN- WESTFALEN: „Sorten, Aussaat, Ernte bei Zuckerrüben“; 2015; Online im Internet; URL:
https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/zuckerrueben/sortenwahl-pdf.pdf (Stand: 16.11.2019)

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN- WESTFALEN: „Düngung mit Phosphat, Kali, Magnesium“; 2015; Online im Internet; URL:
https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/phosphat-kalium-magnesium-pdf.pdf (Stand: 16. Dezember 2019)

SONNENBERG, A: Nordzucker AG; Fachversammlung 2016 des Forum Zuckerrübe Nord; „Chancen und Risiken einer frühen Aussaat“, Online im Internet, URL: https://agriportal.nordzucker.de/cps/rde/xbcr/SID-45449227-A1EB1EC6/agriportal/Chancen%20und%20Risiken%20früher%20Aussaat_6997715_snapshot.pdf (Stand 16.11.2019)

WETTER.COM GMBH: „Wetterdaten Ketzin/Havel Jahresrückblick“; 2019; Online im Internet; URL: https://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/deutschland/ketzin-havel/DE0005419.html?sid=F520&timeframe=1y (Stand 15.12.2019)

8. Anhang

Übersichten

Bedeutung der in Noten ausgedrückten Ausprägungen

Note	phänologische Daten	Erträge Anteile Gehalte Bestandesdichte TKM u.a.	Pflanzenlänge Bestandeshöhe Länge
1	sehr früh	sehr niedrig	sehr kurz
2	sehr früh bis früh	sehr niedrig bis niedrig	sehr kurz bis kurz
3	früh	niedrig	kurz
4	früh bis mittel	niedrig bis mittel	kurz bis mittel
5	mittel	mittel	mittel
6	mittel bis spät	mittel bis hoch	mittel bis lang
7	spät	hoch	lang
8	spät bis sehr spät	hoch bis sehr hoch	lang bis sehr lang
9	sehr spät	sehr hoch	sehr lang

Note	Spindeldicke Strunkdicke	Sitz im Boden	Massebildung Entwicklung vor Winter Abreifegrad der Blätter Kälte- und Frost-empfindlichkeit Bodendeckungsgrad Reifeverzögerung	Neigung zu: Auswinterung Bestockung Lager u.a. Anfälligkeit für: Krankheiten Schädlinge
1	-	sehr flach	fehlend oder sehr gering	
2	-	sehr flach bis flach	sehr gering bis gering	
3	dünn	flach	gering	
4	dünn bis mittel	flach bis mittel	gering bis mittel	
5	mittel	mittel	mittel	
6	mittel bis dick	mittel bis tief	mittel bis stark	
7	dick	tief	stark	
8	-	tief bis sehr tief	stark bis sehr stark	
9	-	sehr tief	sehr stark	

Übersicht 1: Bedeutung der in Noten ausgedrückten Ausprägungen

Quelle: https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_getreide_2019.pdf (Stand: 27.12.19)

Aufnahmen

Quelle: eigene Aufnahme vom 16. April 2019

Abbildung 27: Strohmulchsaat der Zuckerrüben nach der Vorfrucht Winterroggen

Quelle: eigene Aufnahme vom 16. April 2019

Abbildung 28: Keimblattstadium der Zuckerrüben (EC 10)

Quelle: eigene Aufnahme vom 16. April 2019

Abbildung 29: Ablageungenauigkeit in Form einer Doppelablage

Quelle: eigene Aufnahmen vom 16. April 2019

Abbildung 30: Ackerbeikräuter: Echte Kamille (links), Vogelmiere (Mitte), Ausfallraps (rechts)

Quelle: eigene Aufnahme vom 26. April 2019

Abbildung 31: Zuckerrüben mit 4 entfalteten Laubblättern (EC 14), sowie erste Saug- und Fraßschäden

Quelle: eigene Aufnahme
vom 12. Mai 2019

Abbildung 32: Entwicklungsunterschied der Zuckerrüben zwischen frühen (rechts) und späten Aussaattermin (links)

Quelle: eigene Aufnahme
vom 29. Mai 2019

Abbildung 33: Lückige Bestände an den Standorten 7 (links) und 12 (rechts)

Quelle: eigene Aufnahme vom 15. Juni 2019

Abbildung 34: Aufnahme des Zuckerrübenbestandes bei BBCH 35-36

Quelle: eigene Aufnahme vom 13. Juli 2019

Abbildung 35: Chlorosenbildung und Absterben einzelner Blätter bei Zuckerrüben

Quelle: eigene Aufnahme vom 21. September 2019

Abbildung 36: Starker Fraßschaden an Zuckerrübe durch Mäusebefall

Quelle: eigene Aufnahme vom 17. Oktober 2019

Abbildung 37: Schadbild Rübenmottenbefall an Zuckerrüben

Quelle: eigene Aufnahme vom 21. September 2019

Abbildung 38: Abgestorbene Zuckerrübenpflanze aufgrund von Starkbefall mit Rübenmotten

Quelle: eigene Aufnahme vom 17. Oktober 2019

Abbildung 39: Cercospora Blattfleckenkrankheit an Zuckerrüben

Quelle: eigene Aufnahme vom 20. Oktober 2019

Abbildung 40: Fraßschäden an geernteten Zuckerrüben durch Mäusebefall

Quelle: eigene Aufnahme vom 20. Oktober 2019

Abbildung 41: Beinigkeit an geernteten Zuckerrüben (Parzelle 3.2)

Quelle: eigene Aufnahme vom 20. Oktober 2019

Abbildung 42: Zuckerrüben mit ausgeprägter Pfahlwurzel (Parzelle 5.1)

Eidesstaatliche Erklärung

Ich, Tim Richter, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelor- Arbeit mit dem Thema „Einfluss von Saattermin und Sorte auf Wachstum und Entwicklung, sowie Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben unter Berücksichtigung der natürlichen Standorthterogenität“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleich oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ketzin/Havel, Datum Unterschrift: