

N-Effizienz von Winterrapssorten mit unterschiedlichem Wuchsverhalten



IMPRESSUM

Titel

N-Effizienz von Winterrapssorten mit unterschiedlichem Wuchsverhalten

Forschungs-Nr.

2/98

Berichtszeitraum

2017-2022

Herausgeber

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 03843/789-0

Fax: 03843/789-111

poststelle@lfa.mvnet.de

www.lfamv.de

Autoren

Dr. Jana Peters • Telefon: 038558860212

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft,

Sachgebiet Acker- und Pflanzenbau

Dorfplatz 1 • 18276 Gülzow-Prüzen

www.lfamv.de

Mitarbeiterin

Birgit Burmann

Titelfoto

Dr. Jana Peters

Danksagung

Die Mitarbeiter des Institutes für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern danken der Pioneer Hi-Bred Northern Europe für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

Gülzow, 30.04.2024

INHALT

1	Zusammenfassung	7
2	Einleitung	7
3	Material und Methoden.....	7
3.1	Standorte	7
3.1.1	Gülzow	7
3.1.2	Vipperow	8
3.1.3	Tützpatz	8
3.2	Witterung.....	8
3.2.1	Standort Gülzow D4- und Grenzstandort	8
3.2.2	Standort Vipperow	11
3.2.3	Standort Tützpatz	13
3.3	Versuchsplan	16
3.4	Bonituren.....	17
4	Ergebnisse und Diskussion	17
4.1	N-Aufnahme der Wuchstypen	17
4.2	Erträge der Wuchstypen.....	20
4.3	Stickstoffnutzungseffizienz der Wuchstypen	21
4.4	Ökonomie	23
5	Fazit	24
6	Anhang-Tabellen	25
7	Anhang Abbildungen	30
8	Literaturverzeichnis	33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Beschreibung der Prüffaktoren aller Standorte	16
Tabelle 2:	Beschreibung der Prüffaktoren am Gülzow D4 Standort im Erntejahr 2018	16
Tabelle 3:	Beschreibung der Prüffaktoren am Gülzow Grenzstandort im Erntejahr 2018	16

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Temperaturverlauf in Gülzow von Juli 2017 – August 2022	10
Abbildung 2:	Niederschlagsverlauf in Gülzow von Juli 2017- August 2022	11
Abbildung 3:	Temperaturverlauf in Vipperow von Juli 2017 – August 2022	12
Abbildung 4:	Niederschlagsverlauf in Vipperow von Juli 2017- August 2022	13
Abbildung 5:	Temperaturverlauf in Tützpätz von Juli 2017-August 2022	15
Abbildung 6:	Niederschlagsverlauf in Tützpätz von Juli 2017- August 2022	15
Abbildung 7:	Unter- und oberirdische Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] je Sorte; alle Sorten, Standorte und Jahre	17
Abbildung 8:	Unter- und oberirdische Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] in Abhängigkeit von der Sorte aller Standorte und Jahre	18
Abbildung 9:	Mittlere Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] der einzelnen Sorten der 20 Gesamtpflanzen als Mittelwert aller Standorte und je Standort, (Mittelwerte 2018-2022)	19
Abbildung 10:	Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden in 0-90 cm Tiefe zur Aussaat [kg/ha] und N-Aufnahme des Bestandes zu Vegetationsende [kg/ha]	19
Abbildung 11:	Mittlerer Kornertrag der Standorte Tützpätz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow in Abhängigkeit vom Wuchstyp und Düngungshöhe (2018-2022)	20
Abbildung 12:	Mittlerer Kornertrag der Wuchstypen in Wechselwirkung mit den Düngestufen der Standorte Tützpätz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow (2018-2022)	21
Abbildung 13:	Mittlerer N-Abfuhr der Wuchstypen in Wechselwirkung mit den Düngestufen der Standorte Tützpätz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow (2018-2022)	22
Abbildung 14:	Mittlere standortspezifische Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) der Sorten in unterschiedlichen Düngeniveaus (Mittelwert 2018-2022)	23

ANHANG TABELLEN UND ABBILDUNGEN

Tabelle A 1:	Datenbasis der statistischen Auswertung der Versuchsserie (2018-2022)	25
Tabelle A 2:	Statistische Auswertung des Korn-Ertrages der Versuchsserie (2018-2022)	25
Tabelle A 3:	Statistische Auswertung des Rohproteinertrages der Versuchsserie (2018-2022)	26
Tabelle A 4:	Statistische Auswertung des Rohfettertrages der Versuchsserie (2018-2022)	28
Abbildung A 1:	Beispielhafter Lageplan der Versuche	30
Abbildung A 2:	Mittlere Stickstoffaufnahme des Bestandes [kg/ha] je geprüfter Sorte als Mittelwert aller Standorte und je Standort, (Mittelwerte 2018-2022).....	30
Abbildung A 3:	Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Gülzow D4 in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung.....	30
Abbildung A 4:	Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Tützpatz in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung.....	31
Abbildung A 5:	Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Vipperow in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung.....	31
Abbildung A 6:	Adjustierter jährlicher Kornertrag am Gülzow-Grenzstandort in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung	32

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BSA	Bundessortenamt
DÜV	Düngeverordnung
GD	Grenzdifferenz
KAS	Kalkammonsalpeter
LSV	Landessortenversuche

1 Zusammenfassung

Der Winterraps hat im Vergleich zu anderen Kulturarten eine geringe N-Effizienz. Das Risiko einer N-Auswaschung in Grund- und Oberflächengewässer ist dementsprechend höher. Frühere Untersuchungen zeigten, dass Kurzstrohtypen (Halbzwergetypen) auf Grund ihrer geringeren Wuchshöhe einen höheren Ernteindex und somit eine bessere Verwertung der Stickstoffdüngung aufweisen als Normalstrohtypen. Dies wäre insbesondere für den Anbau solcher Halbzwergetypen in § 13 Gebieten der DÜV vorteilhaft. Resultierend aus der These hätte der Landwirt trotz geringerer Düngung keine Ertragsverluste und somit bei verringertem Betriebsmitteleinsatz und höherer Ölausbeute eine gesteigerte Rentabilität zu erwarten. Um diese Hypothese zu prüfen, wurden mit jeweils zwei Vertretern von normalen und zwei Vertretern von kurzen Wuchstypen an zwei D2/D3 und zwei D4/D5 Standorten Mecklenburg-Vorpommerns N-Düngeversuche mit verschiedenen Düngegraden etabliert. Vorteile der kurzen Wuchstypen konnten an keinem der Standorte festgestellt werden. Bei sehr hoher Stickstoffdüngung zeigten beide geprüften Normalstrohtypen Ertragsvorteile.

2 Einleitung

Landwirte stehen im Bereich der Stickstoffdüngung seit der letzten Novellierung der Düngeverordnung vor großen Herausforderungen. Besonders in den nach § 13a ausgewiesenen Gebieten erfordert die Limitierung der N-Düngemengen ein Umdenken. Der Winterraps hat im Vergleich zu anderen Kulturarten eine geringe N-Effizienz (BUNDESARBEITSKREIS DÜNGUNG 2017; STAHL ET AL. 2017; STORER ET AL. 2018). Das Risiko einer N-Auswaschung in Grund- und Oberflächengewässer nach der Rapsernte ist dementsprechend höher als bei anderen Kulturen (SCHULZ UND SCHUMANN 2002). Untersuchungen zeigten, dass genetische Veränderungen in Verbindung mit einer reduzierten N-Düngung ein enormes Potenzial zur Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz von Raps hat (STAHL ET AL. 2017). MIERSCH ET AL. 2016B kommen zu dem Schluss, dass Halbzwerghybriden auf Grund ihres erhöhten Ernteindex und signifikant höherer Erträge unter N-Limitierung von großem Interesse für die Rapsproduktion sein könnten. Diese Aussage basiert auf einer vierjährigen, zweiortigen Prüfung von 54 Normalstroh- und 54 Halbzwergetypen. Diese wurden jeweils in zwei Düngegraden ($N_0 = 0$ kg/ha, $N_1 = 177$ kg/ha) etabliert. Anders als bei der N_0 -Düngung wurden bei der N_1 -Düngung keine signifikanten Mehrerträge zwischen den Genotypen festgestellt (MIERSCH ET AL. 2016B). Das wirft unter anderem die Frage auf, ab welcher Düngeintensität sich der angesprochene Vorteil der Halbzwergetypen verliert und ob diese kurzen Wuchstypen besonders für Standorte mit geringerem Ertragspotenzial (Sand- oder Trockenstandorte) geeignet sind. Zur Beantwortung dieser Frage wurden in Mecklenburg-Vorpommern an 4 ausgewählten Standorten von 2018-2022 Exaktversuche durchgeführt.

3 Material und Methoden

3.1 Standorte

3.1.1 Gültow

Der Versuchsstandort Gültow der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern liegt 10 m über NN im norddeutschen Grund- und Endmoränengebiet der Weichselkaltzeit. Ein leicht welliges Relief charakterisiert das Gebiet. Als Ausgangsmaterial der Bodendecke wird Geschiebemergel mit ca. 0,5 bis 10 m mächtiger periglaziärer Sanddecke im Versuchsfeld vorgefunden. Die ursprüngliche Sanddecke verlagerte sich infolge von Ackernutzung und Erosion. Daraus resultiert eine reliefgeprägte Substratverteilung, die sich in Form von Lehmkuppen und eingesenkten Kolluvien äußert. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur (1991-2020) beträgt 9,1°C und die mittlere Jahresniederschlagssumme 552 mm.

Betrachtet werden die Erntejahre 2018-2022. Die Versuche wurden auf jährlich wechselnden Flächen sowohl auf dem Standort mit mittlerer Bodengüte (im Folgenden als D4 Standort bezeichnet) mit den Bodenarten lehmiger Sand bis stark sandiger Lehm (Ackerzahlen 48 – 54) als auch auf dem Grenzstandort mit den Bodenarten Sand bis schwach lehmiger Sand (Ackerzahl 25 – 35) angebaut. Der Humusgehalt liegt je nach Standort zwischen sehr schwach humos und schwach humos. Als Vorfrucht stand in allen Jahren die Wintergerste im Feld.

3.1.2 Vipperow

Der Standort Vipperow liegt am Süzipfel der Müritz mit 63 m über NN und ebenfalls im norddeutschen Grund- und Endmoränengebiet der Weichselkaltzeit. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur (1988-2017) beträgt 9,5°C und die mittlere Jahresniederschlagssumme liegt bei 609 mm.

Betrachtet werden die Erntejahre 2018-2022. Die Versuche wurden auf jährlich wechselnden Flächen mit der vorherrschenden Bodenart anlehmiger Sand (Ackerzahl 30) angebaut. Der Humusgehalt ist sehr schwach humos. Als Vorfrucht standen entweder Winterweizen oder Wintergerste auf der Versuchsfläche.

3.1.3 Tützpatz

Der Standort Tützpatz liegt im Bereich der Mecklenburgischen Seenplatte mit 75 m über NN und wie die anderen Standorte im norddeutschen Grund- und Endmoränengebiet der Weichselkaltzeit. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur (1991-2020) beträgt 9,0°C und die mittlere Jahresniederschlagssumme 591 mm.

Betrachtet werden die Erntejahre 2018-2022. Die Versuche wurden auf jährlich wechselnden Flächen mit der vorherrschenden Bodenart sandiger Lehm (Ackerzahl 48) angebaut. Der Humusgehalt wird als schwach bis mittel humos eingeschätzt. Als Vorfrucht stand in allen Jahren Wintergerste im Feld.

3.2 Witterung

Für die Versuchsstandorte werden die Temperatur- und die Niederschlagsverteilung zusammenfassend für die Jahre 2017 bis 2022 grafisch dargestellt (Abbildung 1 bis Abbildung 6).

3.2.1 Standort Gülzow D4- und Grenzstandort

Enterjahr 2018

Starkregenereignisse vor und ab der Ernte im Juli bis in den Oktober hinein führten zu sehr nassen Bodenverhältnissen mit einer schlechten Befahrbarkeit bis hin zu einer Wasser-Übersättigung der Böden. Trotz allem konnte am Standort Gülzow eine Aussaat zum 24.08.2017 realisiert werden. Auf Grund der Wassersättigung des Bodens konnten nur an einigen wenigen Tagen Mitte Oktober weitere Feldarbeiten erfolgen. Der Winter war insgesamt zu mild. Eine Vegetationsruhe trat Ende November ein. Im weiteren Winterverlauf gab es bis Anfang Februar nur wenige sehr leichte Nachtfröste. Der Anstieg der Tagestemperaturen auf bis zu 10°C unterbrach die Vegetationsruhe frühzeitig im Dezember. Der Jahresanfang 2018 war zusätzlich durch häufige Niederschläge gekennzeichnet. Im Februar wurde es zunehmend kälter, eine allmähliche kräftige Abkühlung mit Dauerfrost bis etwa -10°C stellte sich ein. Kurzeitige frühlingshafte Temperaturen bis Mitte März wurden durch einen erneuten Tiefausläufer beeinflusst und brachten kurzfristig Minustemperaturen und kräftigen Schneefall. Anschließendes Tauwetter wurde von ergiebigem Regen begleitet, so dass die Böden wieder nicht befahren werden konnten. Ab Anfang April wurden die Minusgrade von zügig ansteigenden Temperaturen abgelöst (Vegetationsbeginn). Drei regnerische Abschnitte brachten zusammen ca. 140 % der Niederschlagsmenge im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel. Die Winterungen holten den Entwicklungsrückstand vom Vormonat rasch auf. Die steigenden Temperaturen weit über den Normalwerten und eine eintretende landesweit vorherrschende Trockenheit folgte in der Hauptwachstumsphase ab Mai bis zur Ernte. Gravierende Mindererträge waren die Folge.

Erntejahr 2019

Die Saatbettbereitung und Aussaat gestalteten sich schwierig, der Bestand lief ungleichmäßig und schleppend auf. Auf dem Grenzstandort war bedingt durch die lang anhaltende Trockenheit der Bestand so lückig, dass der Versuch abgebrochen werden musste. Die hochsommerliche Phase hielt bis Ende September an, dann sanken die Temperaturen bis zum Ende des Jahres auf weitestgehend normale Werte. Die Vegetationsruhe stellte sich in Gülzow zum 20. November ein. Die Niederschlagsmenge nach der Aussaat war so gering, dass die monatliche Verdunstungssumme nicht ausgeglichen werden konnte. Im Dezember waren die Temperaturen im ersten und letzten Drittel so mild, dass die Vegetationsruhe unterbrochen wurde. Dabei regnete es häufig, so dass ein durchschnittliches Monatsergebnis beim Niederschlag erreicht wurde. Verbunden mit geringen Verdunstungsraten wurde zumindest der Oberboden bis etwa 50 cm gut durchfeuchtet. Der endgültige Vegetationsbeginn konnte mit den steigenden Temperaturen bereits am 13. Februar festgestellt werden. Dazu fielen nur rund 70 % der langjährig üblichen Niederschlagsmenge. Die milden Bedingungen und eine ausreichende Wasserversorgung in der ersten Frühjahrshälfte bewirkte einen 1-wöchigen Entwicklungsvorsprung der Vegetation. Überdurchschnittliche Temperaturen und geringe Niederschlagsmengen beeinflussten die kumulative Wasserbilanz bereits ab der zweiten Frühjahrshälfte wieder deutlich negativ. Im April gab es zusätzlich hohe Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht. Nur die gute Verteilung der wenigen Niederschläge verhinderte extreme Ertragsverluste wie im Erntejahr 2018. Langanhaltende Hitze (26 Sommertage) und hohe Verdunstung in Verbindung mit starker Sonneneinstrahlung beschleunigten die Abreife. Durch die anhaltende Trockenheit wurden im zweiten Jahr in Folge nur unterdurchschnittliche Erträge eingefahren.

Erntejahr 2020

Die Durchschnittstemperatur zur Aussaat des Rapses lag 0,9 Kelvin höher als der langjährige Wert zur Aussaat. Der Raps hatte während der Auflaufphase noch mit Trockenheit zu kämpfen. Das zeigte sich in mehreren Auflaufwellen und mit Entwicklungsunterschieden differenziert aufgelaufener Pflanzen. Ergiebige Niederschläge bis zum Winter brachten eine Entspannung des Bodenwasserhaushalts und führten zu sehr nassen Bodenverhältnissen. Jedoch lagen die Tagesmitteltemperaturen, trotz vereinzelter leichter Nachtfröste, meist weit über dem langjährigen Messwert. Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht waren oftmals nicht hoch. Die spät aufgelaufenen Rapspflanzen hatten gute Chancen, die kalte Jahreszeit zu überstehen. Das Ende der Vegetationsperiode war am 29. November. Die Vegetationsruhe konnte sich während der gesamten Winterperiode nicht vollends durchsetzen und wurde durch milde Temperaturabschnitte immer wieder gelockert. Regenfälle über Winter füllten die Wasservorräte bis in etwa 60 cm Bodentiefe auf. Zur Monatsmitte März gab es Nachtfrost bis -4,5°C und am Tag stiegen die Werte auf bis zu 15°C an. Ab der 2. Monatshälfte März gab es kaum noch Regen, so dass die Bedingungen für Feldarbeiten zunehmend günstiger wurden. Abgesehen vom Monatsende gab es im April eine ausgeprägte Trockenzeit, wobei die Tages-Nacht-Temperaturunterschiede an manchen Tagen bis über 20 Kelvin betrugen. Der Wasserhaushalt im Boden nahm allmählich kritische Werte an. Die in den Folgemonaten vereinzelt auftretenden aber geringen Niederschläge kamen für den Raps noch rechtzeitig. Dank des zeitlich und mengenmäßig gut verteilten Regens stand den Pflanzenbeständen ausreichend Wasser zur Verfügung. Die Rapspflanzen reagierten darauf mit Verzögerungen bei der Abreife.

Erntejahr 2021

Im August fiel der Niederschlag nur an wenigen Tagen und oftmals als Starkregen. Die Temperaturen lagen weit dabei über dem Durchschnitt der letzten Jahre. Die Trockenheit und Hitze verzögerte die Aussaat. Nach der Aussaat blieb es im September noch spätsommerlich warm. Einen kräftigen Temperatursturz auf nur leicht überdurchschnittliche Werte gab es zum Ende der 2. Septemberdekade. Dieses Niveau hielt bis Ende des Jahres an. Die Vegetationsruhe setzte Ende November ein. Das Wasserangebot normalisierte sich insgesamt durch die vielen gut verteilten Regenereignisse im Oktober. Im Januar konnte durch eine überdurchschnittliche Niederschlagsmenge bei ausgewogener Verteilung der Boden zumindest bis in 60 cm optimal durchfeuchtet werden. Vegetationsbeginn wurde Mitte Februar festgestellt. Nach den Anfang

Februar vorherrschenden Minustemperaturen im zweistelligen Bereich strömte Ende der 2. Februardekade wärmere Luft ein und die Tagesmittel lagen teilweise über 10 °C. Die Temperaturen normalisierten sich im Folgemonat. Kühle und mildere Abschnitte im April wechselten sich häufig ab und es regnete ab und zu, vorwiegend in der ersten Monatshälfte. Die geringfügig höheren Niederschlagsmengen gingen mit einer stärkeren Verdunstung einher. Die Bodenwasservorräte wurden stark beansprucht. Die phänologische Entwicklung schritt nur langsam voran. Ab Mitte Juni bis zur Ernte wurden hochsommerliche Temperaturen weit über dem langjährigen Temperaturmittel erreicht. Starkregenereignisse verzögerten die Ernte.

Erntejahr 2022

Zwei Starkregenereignisse über 20 mm jeweils in der Mitte der 1. und 3. Augustdekade, die etwa die Hälfte des Monatsniederschlags lieferten, setzten die Befahrbarkeit des Bodens über mehrere Wochen herab. Die Aussaat konnte unter erschwerten Bedingungen dennoch fristgerecht durchgeführt werden. Auch in den Folgemonaten September, Oktober und November kam es immer wieder zu Starkregenereignissen und damit weiterhin zu Beeinträchtigungen der Bodenbefahrbarkeit. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 1,8 K deutlich über dem langjährigen Messwert. Eine Vegetationsruhe trat nach dem sehr milden Herbst mit der 6. Pentade im November ein. Temperaturen im Frostbereich und erster Schneefall um die Weihnachtszeit mit einer leichten Schneedecke etwa 5-10 cm wurden durch eine milde Luftströmung mit Temperatur über 10 °C zum Jahresende hin abgelöst. Diese milde Witterung mit Tagesdurchschnitts-Temperaturen im zweistelligen Bereich hielt sich bis Ende Februar. Dazu regnete es häufig und ergiebig, sodass der Boden wassergesättigt war. Zum Monatsende Februar stellten sich wintergerecht leichte Nachtfröste ein. Der offizielle Vegetationsbeginn wurde anhand phänologischer Datenerhebung am 16. März festgestellt. Durch die einsetzende kühlere Witterung und leichte Spätfröste verzögerte sich die Rapsblüte im Vergleich zu den Vorjahren und setzte gegen Ende der zweiten Aprildekade ein. Die geringeren Niederschlagsmengen der Folgemonate waren optimal verteilt. Davon profitierte der Raps auf dem D4 Standort mit nahezu normalen Erträgen. Für den Grenzstandort reichte das Wasserangebot nicht aus. Hier wurden Mindererträge eingefahren.

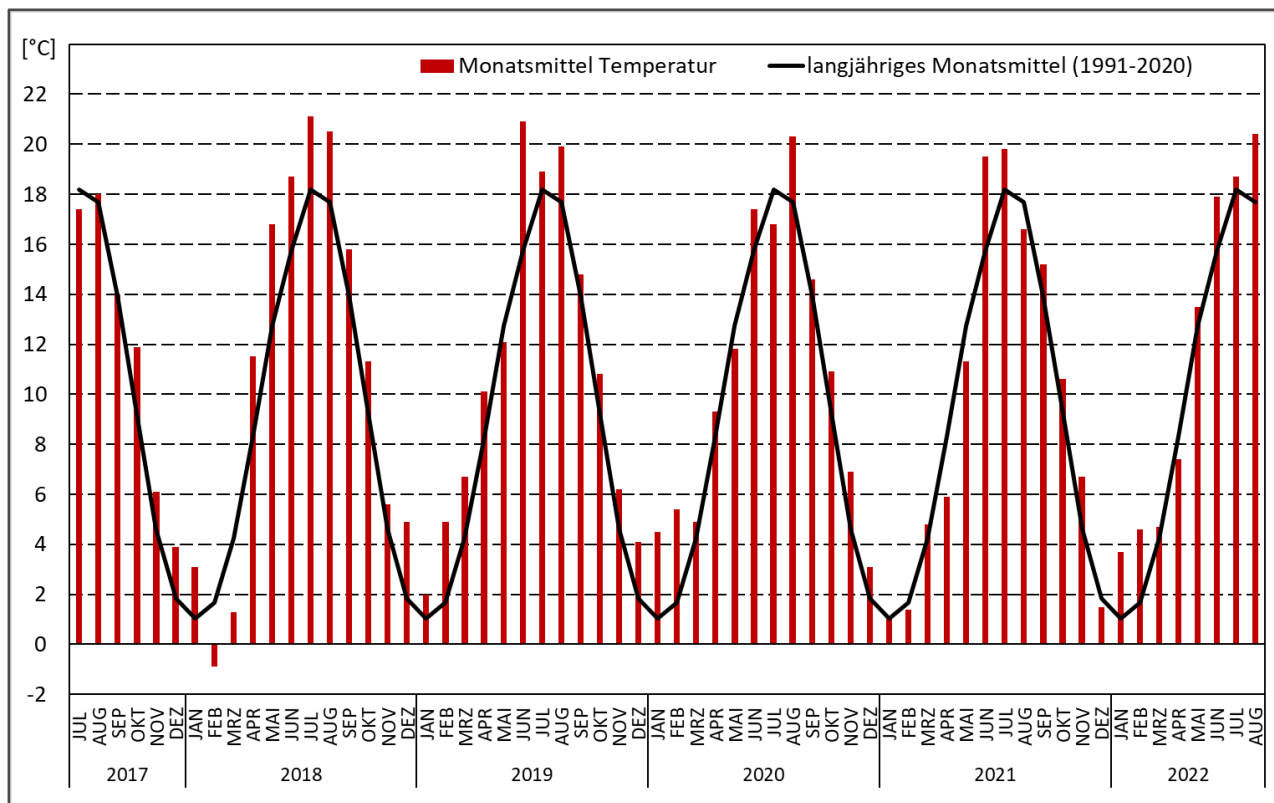


Abbildung 1: Temperaturverlauf in Gülzow von Juli 2017 – August 2022

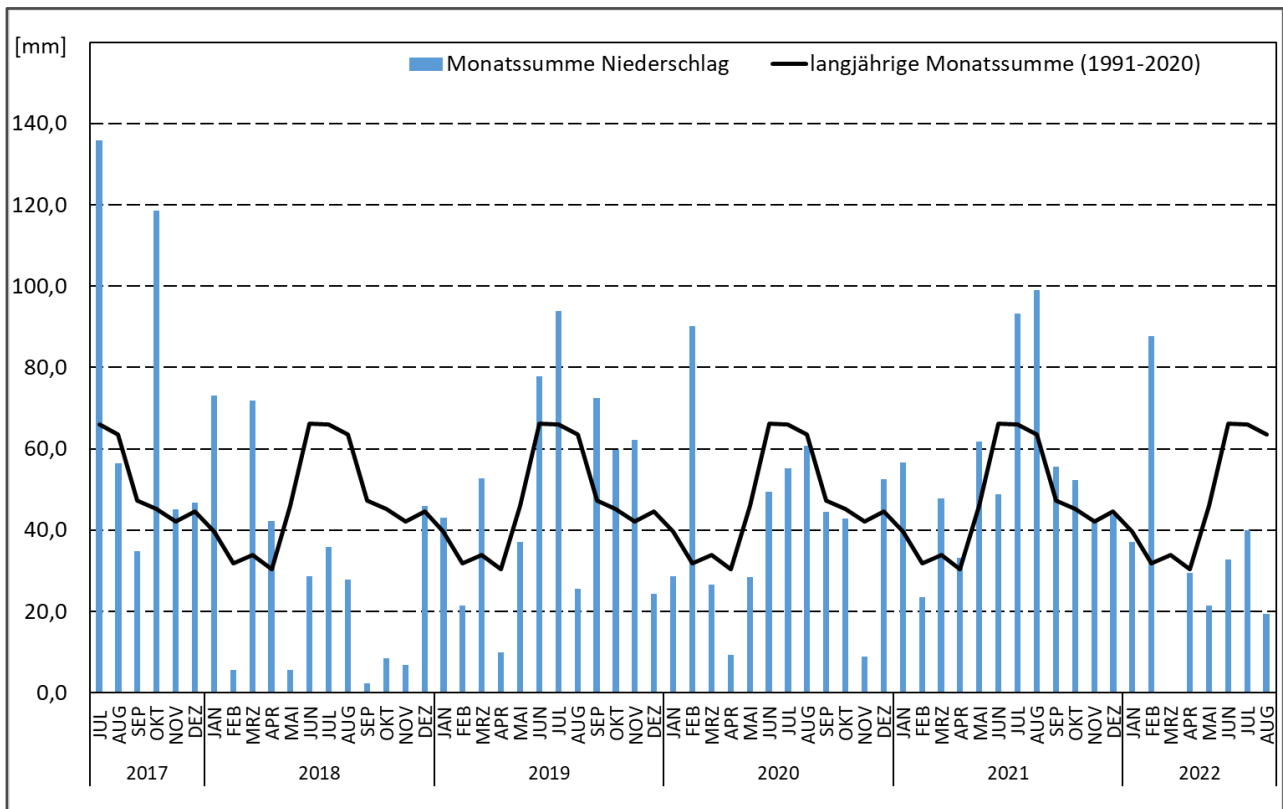


Abbildung 2: Niederschlagsverlauf in Gülzow von Juli 2017- August 2022

3.2.2 Standort Vipperow

Erntejahr 2018

Am Standort Vipperow folgte die Temperaturkurve dem langjährigen Mittel, ebenfalls mit einem relativ warmen Herbst. Die Niederschläge waren in 2017 mit dem 1,3-fachen des langjährigen Mittels extrem hoch, insbesondere Juni (2,4-fach), Juli (1,5-fach), Oktober (1,9-fach) und November (1,5-fach) trugen dazu bei. Die sehr hohen Niederschläge aus 2017 bedingten eine hohe Bodenfeuchte zu Beginn 2018, ab April setzte jedoch eine extreme Trockenheit ein, die landesweit zu starken Ertragseinbußen führte. Neben der ungewöhnlich langen und starken Trockenperiode traten aufgrund der hohen Temperaturen auch Hitzeschäden bei den Pflanzen auf. Die langanhaltende Trockenheit hatte noch Auswirkungen auf das folgende Anbaujahr.

Erntejahr 2019

Die extreme Trockenheit 2018 zog sich bis in den November hin. Dies erschwerte die Aussaat und beeinträchtigte die Bestandsentwicklung. Die Trockenschäden waren so massiv, dass der Versuch an diesem Standort für das Erntejahr 2019 abgebrochen werden musste.

Erntejahr 2020

Aufgrund hoher Temperaturen und ausbleibender Niederschläge war zur Aussaat 2019 der Monat August deutlich zu trocken. Dies hatte einen nachteiligen Einfluss auf die Keimung. Die Temperaturen in den Wintermonaten lagen über dem langjährigen Mittel, im Dezember bis Februar teilweise doppelt so hoch. Dadurch blieb die Vegetationsruhe weitestgehend aus. Die Pflanzen konnten sich über den Winter weiter entwickeln. Auch überdurchschnittliche Niederschläge im Oktober, November und Februar förderten die Pflanzenentwicklung zusätzlich und füllten Bodenwasservorräte wieder auf. Die darauffolgende Zeit bis zur Ernte war in der Summe aber deutlich zu trocken. Dabei lagen die Temperaturen im langjährigen Mittel. Niederschläge fehlten, wie bereits in den beiden vorherigen Versuchsjahren besonders in der kritischen Zeit von März bis Juni. Die geringen Regenmengen kamen allerdings für den Raps noch rechtzeitig, um hohe Ertragsausfälle zu vermeiden.

Erntejahr 2021

Im Juli und August fielen nur geringe Niederschlagsmengen und oftmals als Starkregen. Die Temperaturen lagen zur Aussaat im August über dem Durchschnitt der letzten Jahre. Dem folgte ein ebenfalls warmer Spätherbst. Das Wasserangebot normalisierte sich insgesamt durch die vielen Regenmengen im September und Oktober. Bis Mitte Oktober liefen noch Pflanzen im Versuch auf, so dass die Bestände sehr heterogen in den Winter gingen. Auf einen warmen Dezember und unauffälligen Januar folgte der Februar mit vorherrschenden Minustemperaturen im zweistelligen Bereich. Die geringe Schneedecke reichte als Schutz der Bestände vor Auswinterungen. Das kühle Wetter setzte sich weiter fort. Von Anfang April bis Ende Mai herrschte fast durchgehend kühle Witterung. Die Pflanzenentwicklung verlief wie in Zeitlupe. Die Monate Mai bis August gestalteten sich recht nass. Ab Mitte Juni bis zur Ernte wurden hochsommerliche Temperaturen weit über dem langjährigen Temperaturmittel erreicht. Starkregenereignisse verzögerten auch hier die Ernte.

Erntejahr 2022

Starkregenereignisse im August setzten die Befahrbarkeit des Bodens über mehrere Wochen herab. Die Aussaat konnte unter erschwerten Bedingungen erst Anfang September durchgeführt werden. Die Monatsmitteltemperatur lag dabei geringfügig über dem Bereich der langjährigen Messwerte. Der Januar und Februar waren deutlich zu warm. Diese milde Witterung mit Tagesdurchschnitts-Temperaturen im zweistelligen Bereich hielt sich bis Ende Februar. Dazu regnete es häufig und ergiebig, sodass der Boden wassergesättigt war. Durch die einsetzende kühlere Witterung und leichte Spätfröste verzögerte sich die Rapsblüte im Vergleich zu den Vorjahren und setzte gegen Ende der zweiten Aprildekade ein. Die geringeren Niederschlagsmengen zeigten auf dem Sandstandort negative Wirkungen auf die Erträge.

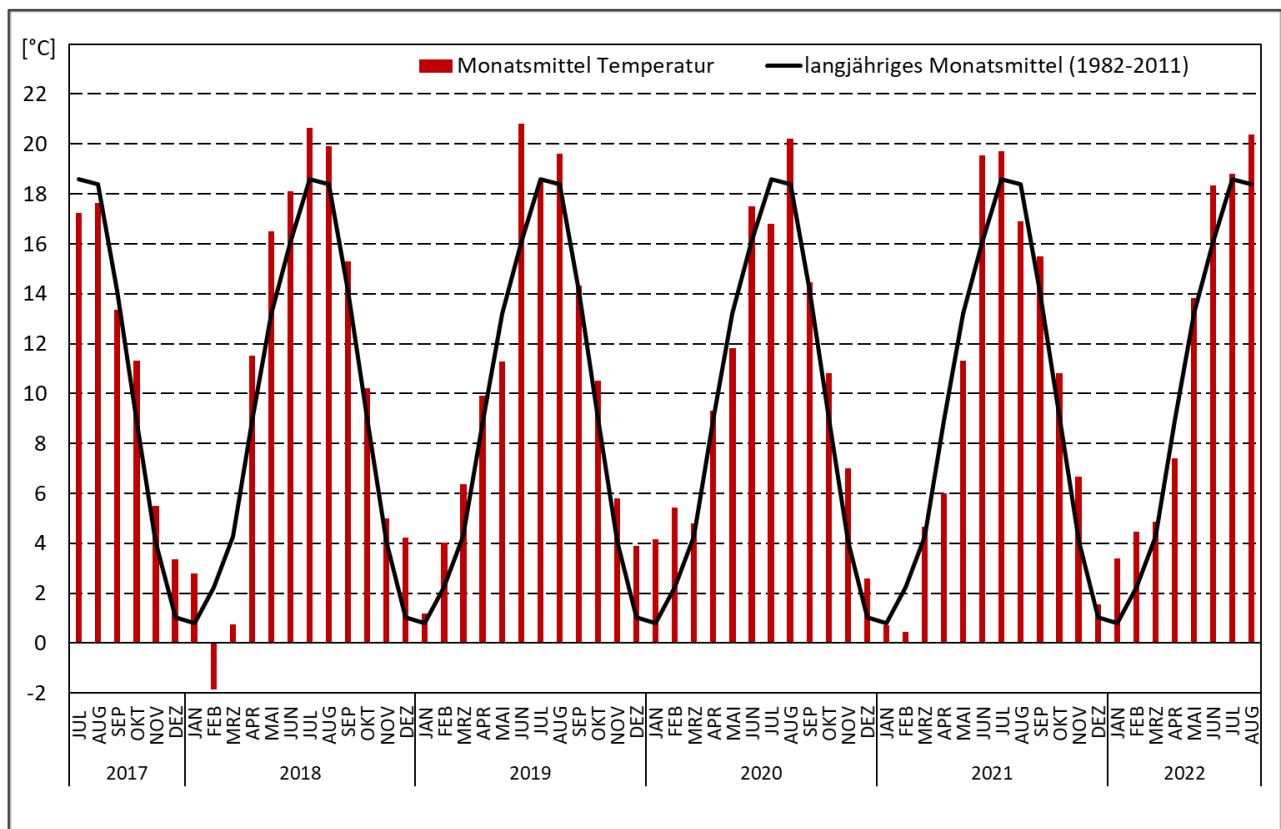


Abbildung 3: Temperaturverlauf in Vipperow von Juli 2017 – August 2022

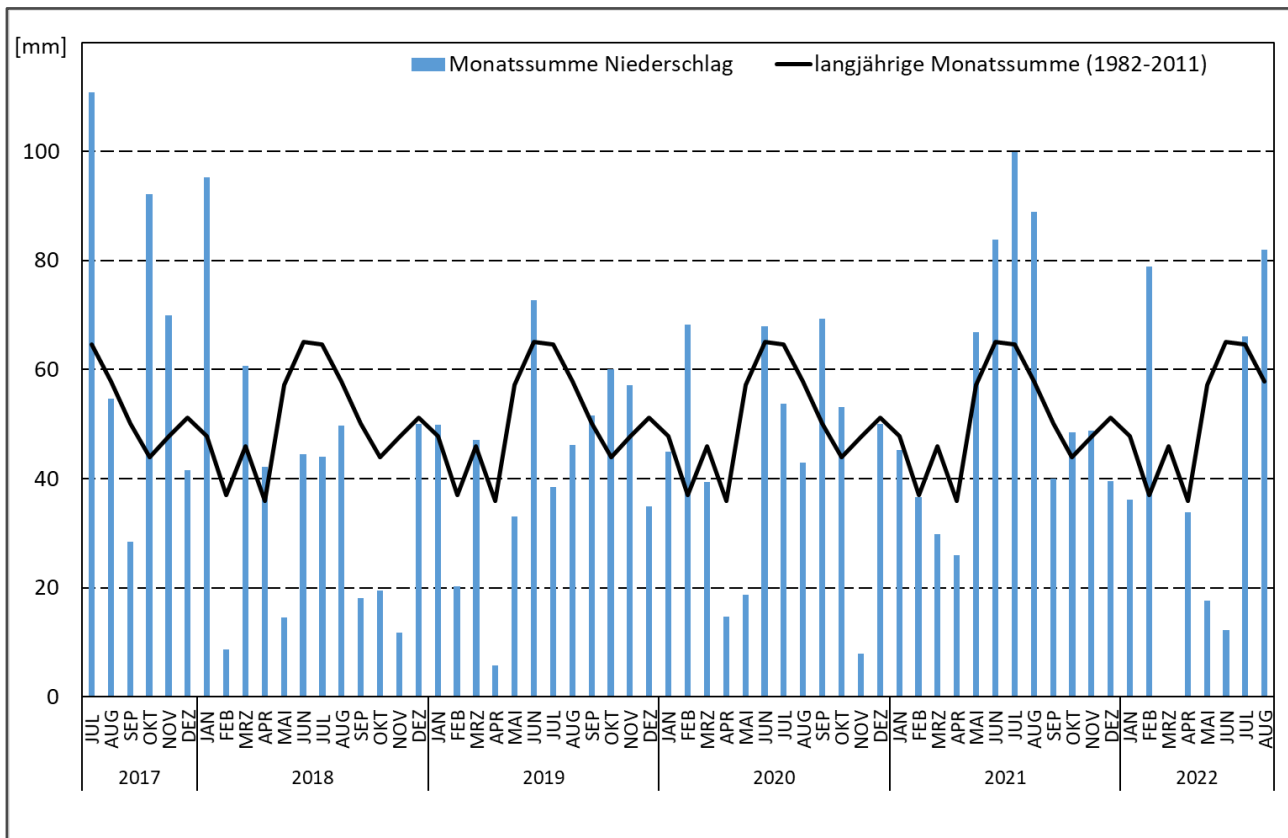


Abbildung 4: Niederschlagsverlauf in Vipperow von Juli 2017- August 2022

3.2.3 Standort Tützpatz

Enterjahr 2018

Auch in Tützpatz führten Starkregenereignisse vor und ab der Ernte im Juli bis in den Oktober hinein zu sehr nassen Bodenverhältnissen mit einer schlechten Befahrbarkeit bis hin zu einer Wasser-Übersättigung der Böden. Die Aussaat erfolgte leicht verspätet zum 29.08.2017. Der Winter war insgesamt zu mild. Eine Vegetationsruhe trat erst Ende November ein. Der Jahresanfang 2018 war zusätzlich durch häufige Niederschläge gekennzeichnet. Im Februar wurde es zunehmend kälter, eine allmähliche kräftige Abkühlung mit Dauerfrost stellte sich ein. Kurzeitige frühlingshaften Temperaturen von 6 – 8 °C Mitte März wurden durch einen erneuten Tiefausläufer unterbrochen. Tauwetter wurde von ergiebigem Regen begleitet, so dass die Böden wassergesättigt waren und die Befahrbarkeit erschwerten. Ab Anfang April wurden die Minusgrade von zügig ansteigenden Temperaturen abgelöst (Vegetationsbeginn). Regnerische Abschnitte brachten zusammen das dreifache der Niederschlagsmenge im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel. Steigende Temperaturen weit über den Normalwerten und eine eintretende Trockenheit folgte in der Hauptwachstumsphase ab Mai bis zur Ernte. Mindererträge waren die Folge.

Erntejahr 2019

Die langanhaltende Trockenheit und hohen Temperaturen erschwerten die Saatbettbereitung und Aussaat. Das Saatgut lag lange im trockenen Boden. Die Aussaat erfolgte am 17.08.2018 und der Aufgang konnte erst am 11.09.2018 festgestellt werden. Die hochsommerliche Phase hielt bis Ende September an, dann sanken die Temperaturen bis zum Ende des Jahres auf weitestgehend normale Werte. Die Niederschlagsmenge nach der Aussaat war sehr gering. Die monatliche Verdunstungssumme konnte nicht ausgeglichen werden. Der sehr warme Dezember unterbrach die Vegetationsruhe. Dabei regnete es häufig, so dass ein überdurchschnittliches Monatsergebnis erreicht und zumindest der Oberboden bis etwa 50 cm gut durchfeuchtet wurde. Die milden Bedingungen und eine ausreichende Wasserversorgung in der ersten Frühjahrshälfte bewirkten einen Entwicklungsvorsprung der Vegetation. Überdurchschnittliche Temperaturen und geringe Niederschlagsmengen beeinflussten die kumulative Wasserbilanz bereits ab der

zweiten Frühjahrshälfte wieder negativ. Im April gab es zusätzlich hohe Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht. Die gute Verteilung der wenigen Niederschläge verhinderte extreme Ertragsverluste wie im Erntejahr 2018.

Erntejahr 2020

Die Durchschnittstemperatur zur Aussaat des Rapses lag weit über dem langjährigen Wert. Der Raps hatte während der Auflaufphase mit Trockenheit zu kämpfen. Das zeigte sich in mehreren Auflaufwellen und mit Entwicklungsrückstand gegenüber schneller aufgelaufenen Pflanzen. Ergiebige Niederschläge bis zum Winter brachten eine Entspannung des Bodenwasserhaushalts und führten zu sehr nassen Bodenverhältnissen. Dank der milden Temperaturen hatten die spät aufgelaufenen Rapspflanzen gute Chancen, den Winter zu überstehen. Regenfälle über Winter füllten die Wasservorräte bis in etwa 60 cm Bodentiefe auf. Ab April gab es kaum noch Regen, so dass die Bedingungen für Feldarbeiten zunehmend günstiger wurden. Abgesehen vom Monatsende gab es im April eine ausgeprägte Trockenzeit, wobei die Tages-Nacht-Temperaturunterschiede an manchen Tagen bis über 20 Kelvin betrugen. Der Wasserhaushalt im Boden nahm allmählich kritische Werte an. Die im Juni auftretenden Niederschläge entspannten die Situation. Es konnte eine zufriedenstellende Ernte eingefahren werden.

Erntejahr 2021

Im August fiel der Niederschlag nur an wenigen Tagen und oftmals als Starkregen. Die Temperaturen lagen weit dabei über dem Durchschnitt der letzten Jahre. Die in die Trockenheit und Hitze am 19.08.2020 gedrückte Saat lief erst zum 5.09.2021 auf. Nach der Aussaat blieb es im September noch spätsommerlich warm. Dieses Niveau hielt bis Ende des Jahres an. Das Niederschlagsaufkommen lag in allen Monaten im langjährigen Mittel, nur der November war ungewöhnlich trocken. Nach den Anfang Februar vorherrschenden Minustemperaturen im zweistelligen Bereich strömte Ende der 2. Februardekade wärmere Luft ein und die Tagesmittel lagen teilweise über 10 °C. Die Temperaturen normalisierten sich im Folgemonat. Die geringfügig höheren Niederschlagsmengen waren gut verteilt. Ab Juni bis zur Ernte wurden hochsommerliche Temperaturen weit über dem langjährigen Temperaturmittel erreicht. Starkregenereignisse verzögerten die Ernte.

Erntejahr 2022

Unter relativ normalen Witterungsbedingungen konnte die Aussaat fristgerecht durchgeführt werden. In den Folgemonaten September, Oktober und November kam es immer wieder zu Starkregenereignissen und damit zu Beeinträchtigungen der Bodenbefahrbarkeit. Die Monatsmitteltemperaturen lagen geringfügig über den langjährigen Messwert. Temperaturen im Frostbereich und erster Schneefall um die Weihnachtszeit mit einer leichten Schneedecke wurden durch eine milde Luftströmung mit Temperatur über 10 °C zum Jahresende hin abgelöst. Diese milde Witterung hielt sich bis Ende Februar. Dazu regnete es häufig und ergiebig, sodass der Boden wassergesättigt war. Ab Januar stellten sich wintergerecht leichte Nachtfröste ein. Durch die einsetzende kühlere Witterung und leichte Spätfröste verzögerte sich die Rapsblüte im Vergleich zu den Vorjahren und setzte gegen Ende der zweiten Aprildekade ein. Die geringeren Niederschlagsmengen der Folgemonate waren optimal verteilt. Davon profitierte der Raps und es konnte eine nahezu normale Ernte eingefahren werden.

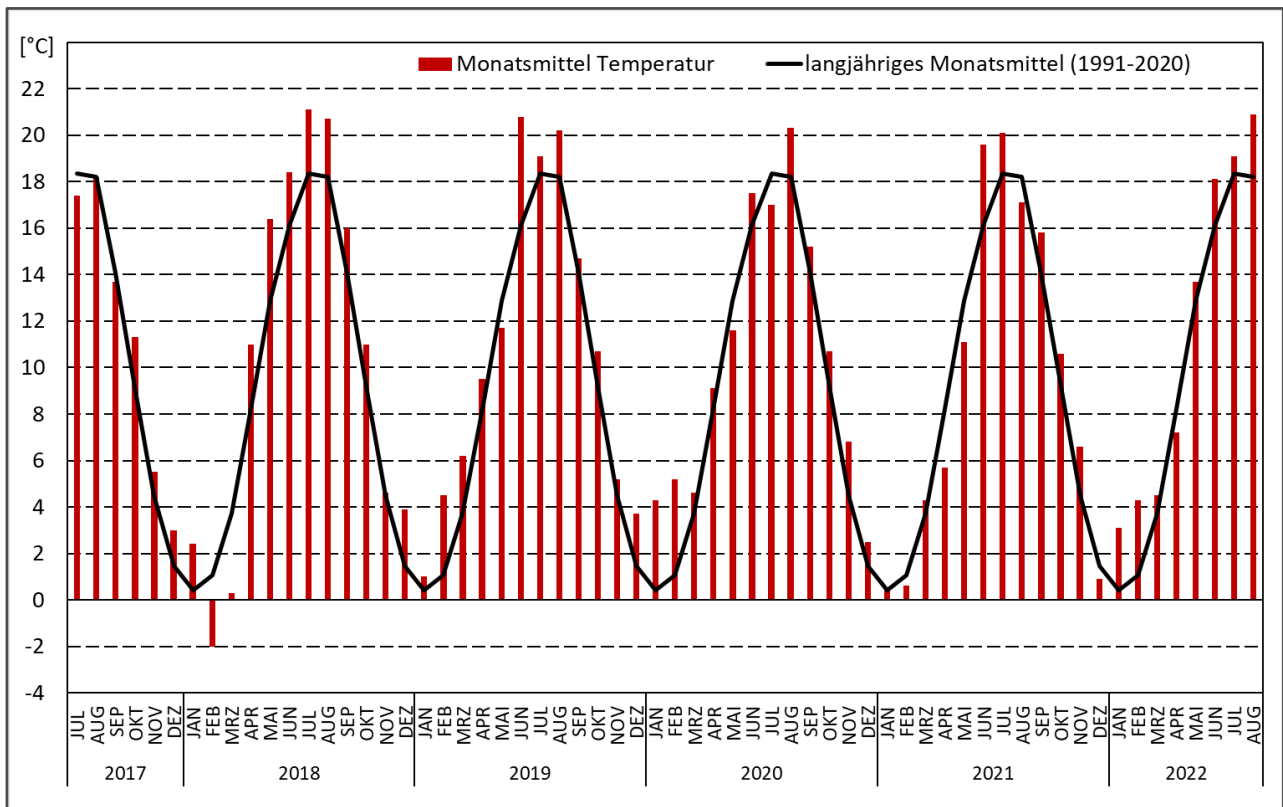


Abbildung 5: Temperaturverlauf in Tützpatz von Juli 2017-August 2022

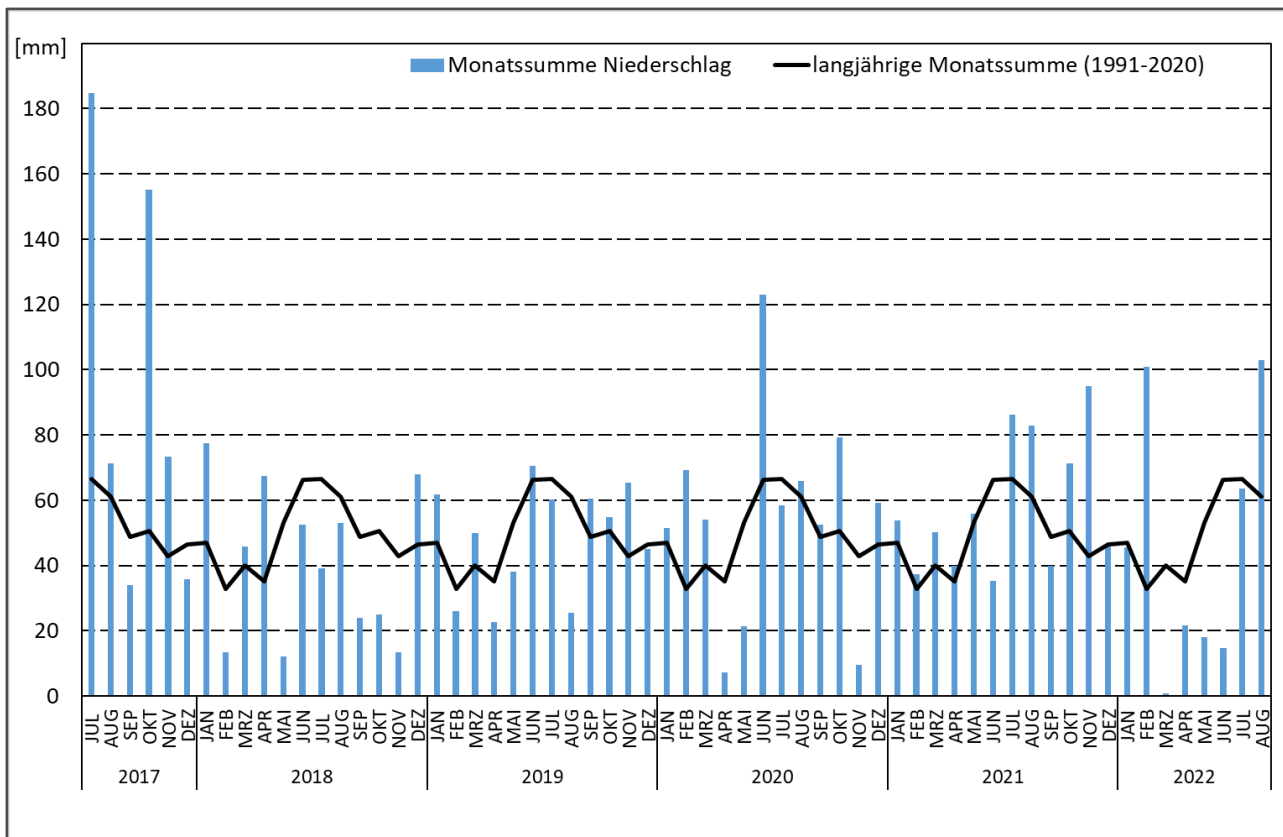


Abbildung 6: Niederschlagsverlauf in Tützpatz von Juli 2017- August 2022

3.3 Versuchsplan

An allen Standorten wurde der Exaktversuch identisch als eine zweifaktorielle Spaltanlage mit 4-facher Wiederholung angelegt. Geprüft wurden unterschiedliche Sorten (Faktor B) in differenzierten Düngungsregimen (Faktor A) (Tabelle 1). Der Versuch wurde nicht als Plot in Plot Anlage gedreht, stattdessen pro Parzelle mit je 3 Fahrspuren a 1,50 m Breite nebeneinander, um so eine Randwirkung der Prüffaktoren auf die Nachbarparzelle zu verhindern. Der Ertrag wurde nur von der mittleren Fahrspur erfasst.

Tabelle 1: Beschreibung der Prüffaktoren aller Standorte

A	B	Stufenbeschreibung
1		120 + 0 kg /ha N mit KAS als Einmalgabe
2		120 + 60 kg /ha N mit KAS in zwei Gaben
3		120 + 120 kg/ha N mit KAS in zwei Gaben
	1	PX 113 (kurzer Wuchstyp)
	2	PX 128 (kurzer Wuchstyp)
	3	PT 225 (langer Wuchstyp)
	4	Bender (langer Wuchstyp)

Eine Ausnahme gab es im ersten Versuchsjahr in Gülzow, wo an beiden Standorten auf Grund von Platzmangel nur eine definierte Auswahl der Sorten etabliert werden konnte (Tabelle 2 und Tabelle 3).

Tabelle 2: Beschreibung der Prüffaktoren am Gülzow D4 Standort im Erntejahr 2018

A	B	Stufenbeschreibung
1		120 + 0 kg /ha N mit KAS als Einmalgabe
2		120 + 60 kg /ha N mit KAS in zwei Gaben
3		120 + 120 kg/ha N mit KAS in zwei Gaben
	2	PX 128 (kurzer Wuchstyp)
	4	Bender (langer Wuchstyp)

Tabelle 3: Beschreibung der Prüffaktoren am Gülzow Grenzstandort im Erntejahr 2018

A	B	Stufenbeschreibung
1		120 + 0 kg /ha N mit KAS als Einmalgabe
2		120 + 60 kg /ha N mit KAS in zwei Gaben
3		120 + 120 kg/ha N mit KAS in zwei Gaben
	1	PX 113 (kurzer Wuchstyp)
	2	PX 128 (kurzer Wuchstyp)
	4	Bender (langer Wuchstyp)

Ein Beispiel für die Lagepläne der Versuchsanlagen ist im Anhang einzusehen (Abbildung A 1).

Alle Maßnahmen zur Bestandsführung außer der N-Düngung wurden ortsüblich und in Anlehnung an den Landesortenversuch Winterraps durchgeführt.

3.4 Bonituren

An allen Standorten wurden neben den in den BSA Richtlinien (BUNDESSORTENAMT 2000) festgelegten Bonituren zur Bestandesüberwachung zusätzlich die Anzahl der Pflanzen je m² vor und nach Winter an markierten Zählstrecken ermittelt. Dadurch kann ein Pflanzenverlust über Winter genau beschrieben werden. Zur Abschätzung des N-Aufnahmepotenzials der verschiedenen Sorten wurden zu Versuchs- und Vegetationsbeginn Bodenproben sowie zu Vegetationsende Pflanzenproben genommen. Dazu wurden aus jeder Parzelle 5 Pflanzen samt Wurzeln entnommen und zu einer Mischprobe pro Sorte zusammengefasst. Die Entnahme wurde immer nach dem gleichen Prinzip durchgeführt (2. Reihe der Randparzelle zum nächsten Prüfglied), um eine subjektive Probenahme zu vermeiden. Von der Mischprobe wurden der Biomasseaufwuchs sowie die N-Konzentration des oberirdischen und unterirdischen Aufwuchses separat bestimmt.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 N-Aufnahme der Wuchstypen

Die für das Biomassemodell übliche Bestimmung der N-Aufnahme des Bestandes vor Vegetationsende mit dem Bezug zur Fläche (kg je m²) ist für die Einschätzung von Sortenunterschieden ungeeignet. Bestandeslücken oder agrotechnisch verursachte Entwicklungsunterschiede zwischen Einzelpflanzen beeinflussen das Ergebnis, sind aber hier nicht relevant. Daher wurde die Sortenleistung im N-Aneignungsvermögen durch eine Untersuchung von 20 Einzelpflanzen pro Sorte bestimmt. Die genau festgelegte Methode der Probenahme (siehe Kapitel 3.4) verringert subjektive Beeinflussung der Probenahme.

Die Gesamtauswertung aller Sorten, Jahre und Orte zeigt einen tendenziellen Zusammenhang zwischen der ober- und unterirdischen N-Aufnahme. Dieser Trend sollte allerdings bei einem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,55$ nicht überbewertet werden (Abbildung 7). Bei fast allen hier getesteten Sorten ist nicht grundsätzlich davon auszugehen, dass bei einer guten oberirdischen Pflanzenentwicklung mit hoher Stickstoffaufnahme auch die Wurzeln dem entsprechen.

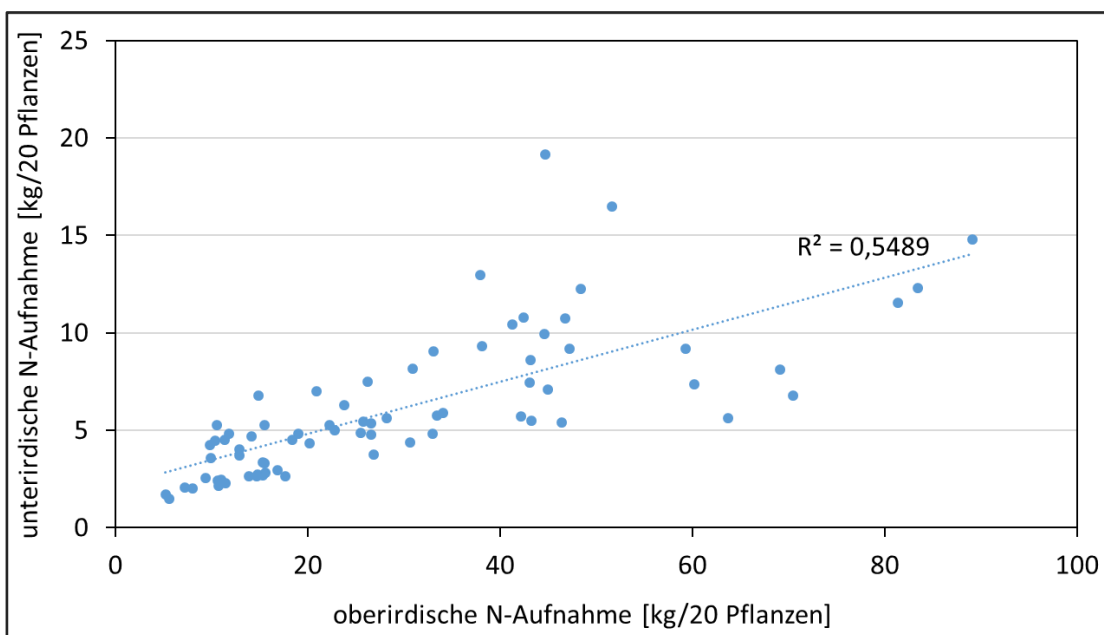


Abbildung 7: Unter- und oberirdische Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] je Sorte; alle Sorten, Standorte und Jahre

Ausnahme in der Gesamtauswertung ist die Sorte PX 128. Sie zeigt eine gute Korrelation zwischen der N-Aufnahme der ober- und unterirdischen Pflanzenteile. Das könnte auf eine differenzierte Sortenreaktion hinweisen, welche aber nicht per se mit dem Wuchstypen zusammenhängt (Abbildung 8).

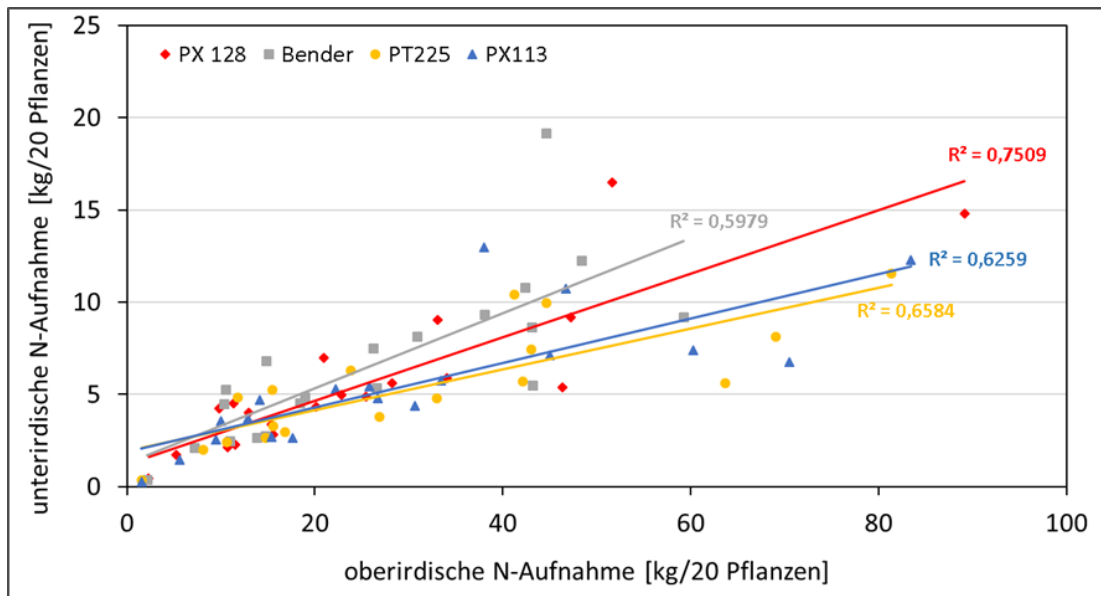


Abbildung 8: Unter- und oberirdische Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] in Abhängigkeit von der Sorte aller Standorte und Jahre

Wird die N-Aufnahme der Gesamtpflanzen der einzelnen Sorten betrachtet, so kann im Mittel aller Standorte kein eindeutiger Trend festgestellt werden. Lediglich die Sorte PX 128 hat an allen Standorten und somit auch im Mittel aller Sorten die geringste N-Aufnahme. Die Sorte PX 113 zeigt in Vipperow einen geringfügig höhere N-Aufnahme als alle anderen Sorten, dieser Unterschied ist allerdings mit 2 kg/ha Mehraufnahme marginal. Die Sorte PT 225 hat in Gülzow an beiden Standorten die höchste N-Aufnahme, rangiert allerdings an den anderen Standorten an zweiter Stelle. In Tützpatz zeigt die Sorte Bender die höchste N-Aufnahme, aber auch hier ist die Mehraufnahme mit nur 2 kg/ha marginal (Abbildung 9). Werden die Sorten in ihre Wuchstypengruppen zusammengefasst, so kann kein Trend hinsichtlich der N-Aufnahme festgestellt werden. Insgesamt lässt sich aus den vorgestellten Versuchen keinerlei Abhängigkeit der N-Aufnahme vom Wuchstyp der Rapssorte ableiten.

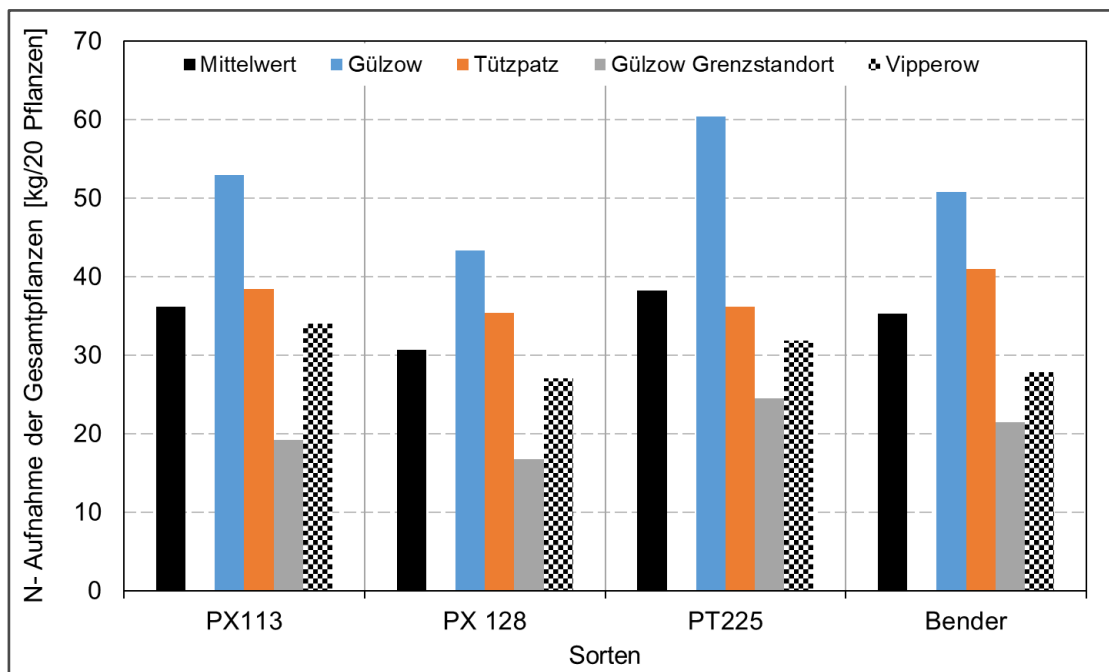


Abbildung 9: Mittlere Stickstoffaufnahme [kg/20 Pflanzen] der einzelnen Sorten der 20 Gesamtpflanzen als Mittelwert aller Standorte und je Standort, (Mittelwerte 2018-2022)

Die Stickstoffaufnahme des Bestandes vor Winter wurde unter Einbezug der Bestandesdichte ermittelt. Auch hier bleiben die bereits beschriebenen Rangfolgen bestehen (Abbildung A 2). Die Stickstoffversorgung der Standorte zu Versuchsbeginn, ermittelt als $N_{\min}$ vor der Saat, hat nur unter einer bestimmten Voraussetzung Einfluss auf die Stickstoffaufnahme des Bestandes. Bei niedrigen $N_{\min}$ -Ausgangsgehalten zur Saat (< 50 kg/ha in 0-90 cm) waren regelmäßig geringe N-Aufnahmen des Bestandes zu Vegetationsende zu verzeichnen, unabhängig vom Standort. Auch gute Mineralisationsbedingungen (warm und feucht) während des weiteren Vegetationsverlaufes konnten bei niedrigen $N_{\min}$ -Ausgangsgehalten zur Saat die Pflanzenentwicklung nicht positiv beeinflussen und spielten somit für eine Erhöhung der N- Aufnahmen des Bestandes dann keine Rolle (Abbildung 10).

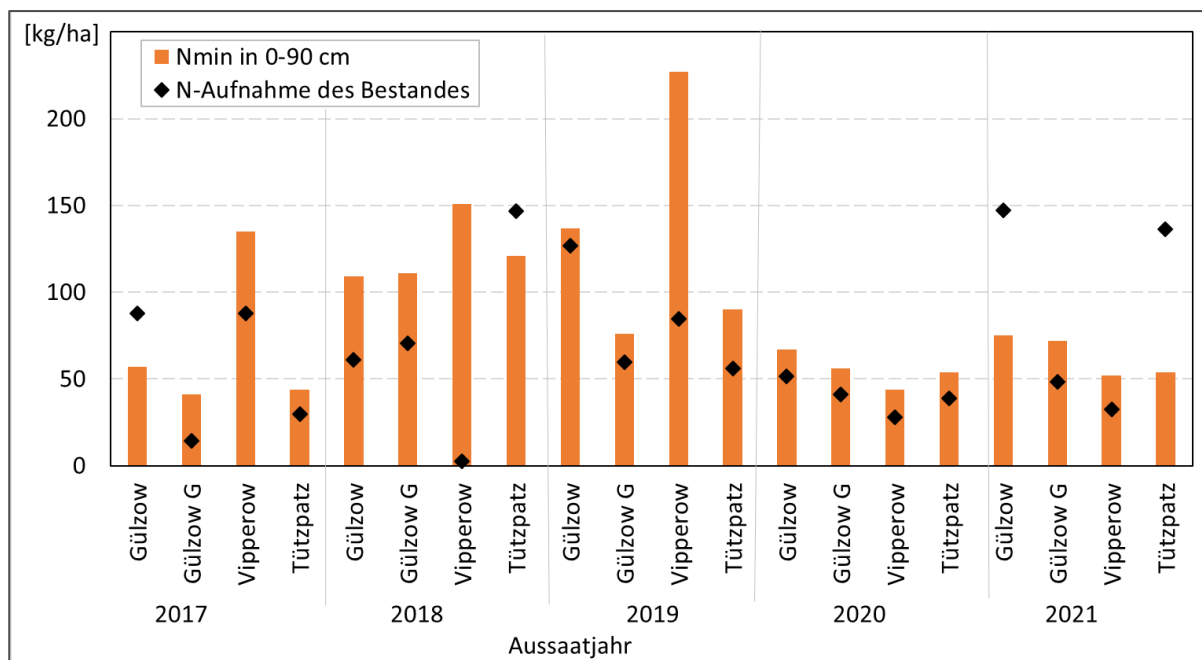


Abbildung 10: Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden in 0-90 cm Tiefe zur Aussaat [kg/ha] und N-Aufnahme des Bestandes zu Vegetationsende [kg/ha]

Hohe $N_{\min}$ -Gehalten zur Saat ($> 80\text{kg/ha}$) sind hingegen kein Garant für eine entsprechend hohe N-Aufnahme des Bestandes. Hier sind die nutzbare Feldkapazität (nFK) und die Witterungsbedingungen von Aussaat bis Vegetationsende entscheidende Faktoren. So konnten aufgrund der starken Trockenheit (nFK $< 30\%$) die hohen $N_{\min}$ -Gehalte in Gülzow, Gülzow Grenzstandort und Vipperow zur Aussaat 2018 nicht genutzt werden. Der Bestand in Vipperow ist beispielsweise schlichtweg vertrocknet. Bei mittleren $N_{\min}$ -Gehalten zu Versuchsbeginn ($50\text{--}80\text{ kg/ha}$) eröffnet die lange Zeitspanne von Aussaat bis Vegetationsende einhergehend mit warmer und feuchter Witterung höhere Chancen für zusätzliche Mineralisation im Boden bis zum Vegetationsende. Dies kam beispielsweise den bereits im Voraus gut entwickelten Beständen in 2021 in Gülzow und Tützpatz zu Gute und war ursächlich für die hohen N-Aufnahmen. Zusammenfassend lässt sich aus den vorangegangenen Interpretationen schließen, dass beim Raps die $N_{\min}$ -Gehalte im Boden zur Aussaat einen wesentlich geringeren Einfluss auf die N-Aufnahme bis zum Vegetationsende haben als vermutet.

4.2 Erträge der Wuchstypen

Einige Versuche konnten nicht beerntet werden bzw. die Ergebnisse wurden nach der Ernte wegen zu hoher Schwankungen verworfen. Gründe dafür waren z. B. eine schlechte Bestandesentwicklung vor Winter durch Trockenheit zur Aussaat oder sehr lückiger Bestände nach Winter durch Vorsommertrockenheit. Folglich werden diese Versuche auch nicht in die statistische Auswertung einbezogen. Es handelt sich um folgende Standorte und Anbaujahre:

- Gülzow Grenzstandort die Erntejahre 2018, 2019
- Vipperow das Erntejahr 2019
- Gülzow D4 Standort das Erntejahr 2020

Die Serienauswertung aller anderen Versuche (Tabelle A 1) zeigt keinen Einfluss der Wuchstypen und Sorten (nicht dargestellt) auf den Kornertrag, unabhängig vom Standort. Die N-Düngung beeinflusst den Ertrag erwartungsgemäß deutlich. Die drei Düngestufen sind klar voneinander getrennt und bekräftigen somit die Höhe der ausgewählten Abstufung der N-Düngung. An allen Standorten erzielte demnach die geringste Düngung auch den niedrigsten Ertrag und die überzogene Düngungsintensität von 240 kg/ha N den höchsten Ertrag (Abbildung 11). Das allgemein geringe Ertragsniveau aller Standorte im Mittel aller Jahre von unter 40 dt/ha verdeutlicht die Schwierigkeiten der Anbaujahre. Die Jahreserträge der einzelnen Standorte sind im Anhang in den Abbildung A 3 bis Abbildung A 6 dargestellt.

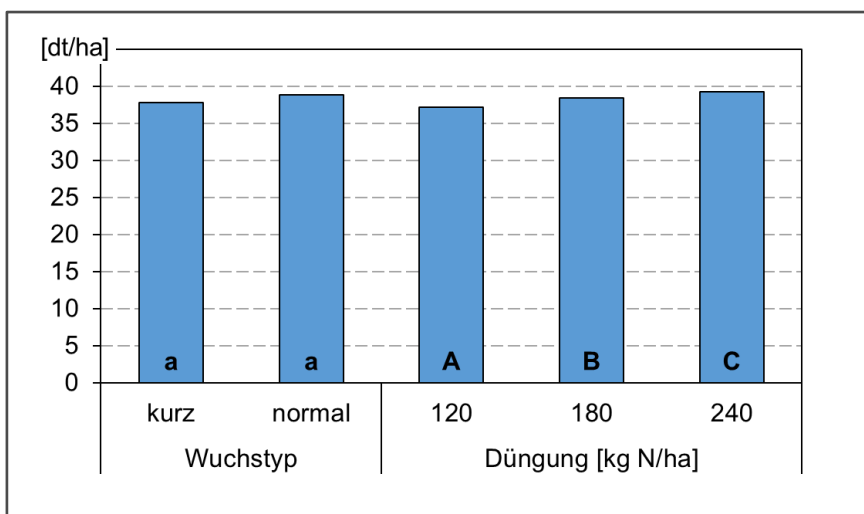


Abbildung 11: Mittlerer Kornertrag der Standorte Tützpatz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow in Abhängigkeit vom Wuchstyp und Düngungshöhe (2018-2022)

*unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede

Die vermuteten Wechselwirkungen zwischen den Wuchstypen und dem Düngungsregime konnte an keinem der Standorte gefunden werden. Insgesamt ist festzustellen, dass die kurzen Wuchstypen im geringen Düngungsniveau den niedrigsten Ertrag erzielten und die normalen Wuchstypen im hohen Düngungsregime den höchsten Ertrag. Innerhalb der Düngegruppen sind die normalen Wuchstypen den kurzen tendenziell immer überlegen (Abbildung 12). Bei der gesonderten Betrachtung der Wuchstypen zeigt sich, dass die kurzen Wuchstypen bei einer verringerten Düngung von 120 kg/ha N mit eindeutigen Ertragsverlusten reagieren. Hinsichtlich des Kornertrages widerspricht dieser Fakt demnach der These einer verbesserten N-Effizienz der kurzen Wuchstypen. Die normalen Wuchstypen können im niedrigem Düngebereich mit gleichen Erträgen aufwarten, wie im mittleren und unterstreichen somit ihre Effizienz hinsichtlich der Umsetzung des Stickstoffs in Kornertrag. Bei beiden Wuchstypen gilt für das hohe Düngenniveau von 240 kg/ha N, dass der Ertragszuwachs keine Relation zum eingesetzten Dünger darstellt.

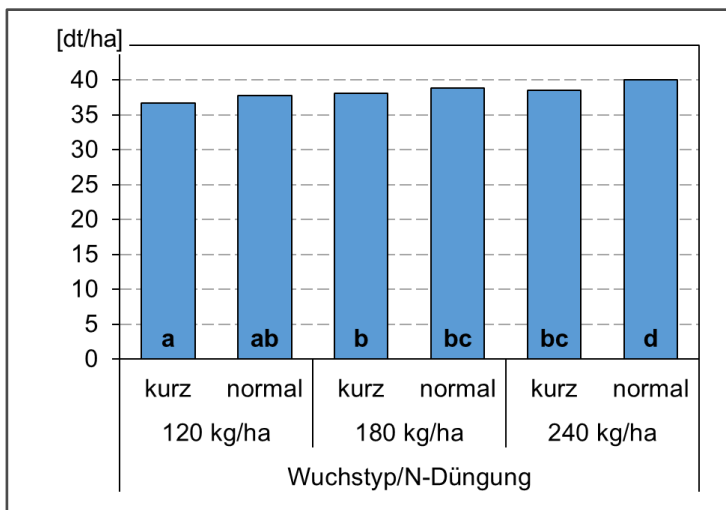


Abbildung 12: Mittlerer Kornertrag der Wuchstypen in Wechselwirkung mit den Düngegraden der Standorte Tützpatz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow (2018-2022)

*unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede

Die bei MIERSCH ET AL. 2016B erzielten Ertragsvorteile der „Kurzstrohtypen“ bei unterlassener N-Düngung konnten unter den hier festgelegten limitierten N-Bedingungen von 120 kg/ha N nicht reproduziert werden. Ob und ab wann sich ein Ertragsvorteil der kurzen Wuchstypen bei limitierten N-Intensitäten < 120 kg/ha N einstellen könnte, waren basierend auf früheren Ergebnissen nicht Gegenstand der Untersuchungen. SIELING UND KAGE 2008 konnten zum damaligen Zeitpunkt mit den getesteten Sorten auch in weiteren Abstufungen der N - Düngung bis hin zur Nulldüngung keine Ertragsvorteile der Kurzstrohsorten nachweisen. (MIERSCH ET AL. 2016B) verweisen darauf, dass dies mit dem genetischen Hintergrund der getesteten Sorten zusammen hängt. Der Nachweis des Ertragsvorteils der Kurzstrohsorten bei MIERSCH ET AL. 2016B basiert auf einem gleichen genetischen Hintergrundmaterial, aus denen die Kurzstrohtypen selektiert wurden. Sowie bei SIELING UND KAGE 2008 wurden in der hier vorliegenden Arbeit auch Sorten mit unterschiedlichem genetischen Hintergrund getestet. Demzufolge überdeckt der Ertragsvorteil verschiedener genetischer Herkünfte den positiven Ertragseffekt der selektierten und rekombinierten Kurzstrohtypen innerhalb einer Elternlinie.

4.3 Stickstoffnutzungseffizienz der Wuchstypen

Die Stickstoffnutzungseffizienz wird vereinfacht definiert als Kornertrag pro Stickstoffversorgung der Pflanzen. Diese setzt sich aus der Aufnahme- und Verwertungseffizienz zusammen (MOLL ET AL. 1982). Für die Pflanzenzüchtung ist von Bedeutung, welcher der beiden Parameter in welchem Maße die Stickstoffnutzungseffizienz in den geprüften genetischen Variationen beeinflusst (MIERSCH ET AL. 2016A; MOLL ET AL. 1982). Für die hier geprüften Sorten ist auf Grund der bereits genannten unterschiedlichen

genetischen Herkünfte eine vereinfachte Betrachtung der Stickstoffnutzungseffizienz sinnvoll. Diese setzt sich aus dem Output (Rohproteinertrag = Kornenertrag*N-Gehalt) und dem Input (Stickstoffgehalt im Boden + N-Düngung) zusammen. Der Quotient beider beschreibt dann die Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) (OENEMA 2014).

Der Rohproteinertrag zeigte keine signifikanten Unterschiede der Wuchstypen unabhängig vom Standort (Tabelle A 3). Auch in den einzelnen Düngungshöhen gab es keine Differenzierungen der Wuchstypen. Beeinflusst wurde der Rohproteinertrag und demnach die N-Abfuhr lediglich von der Düngung.

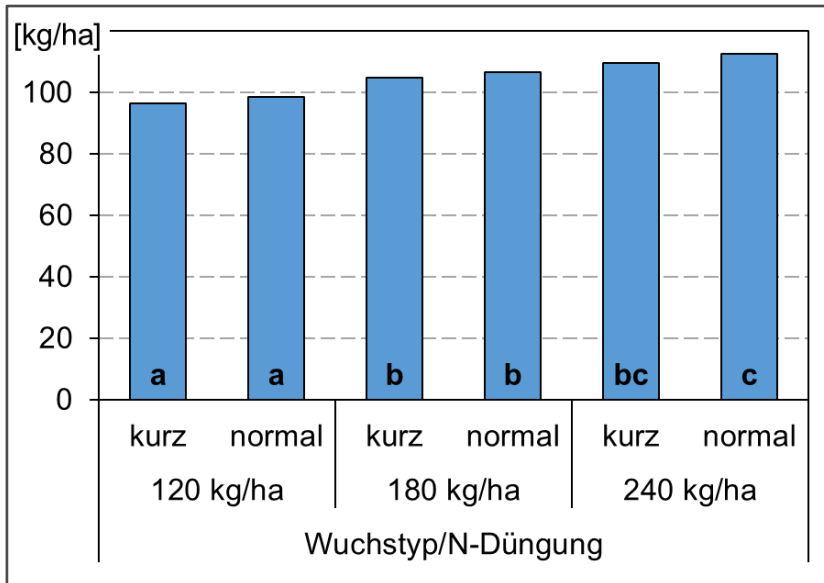


Abbildung 13: Mittlerer N-Abfuhr der Wuchstypen in Wechselwirkung mit den Düngestufen der Standorte Tützpatz, Gülzow, Gülzow-Grenzstandort und Vipperow (2018-2022)

**unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede*

Vor diesem Hintergrund ist auch kein wesentlicher Unterschied der NUE bei den einzelnen Wuchstypen zu erwarten gewesen. Abbildung 14 bestätigt diese Vermutung und verdeutlicht die grundsätzlich geringe Stickstoffnutzungseffizienz der Anbaujahre. Im Mittel aller Jahre konnte an keinem Standort die für eine ausgewogene Bilanz angestrebten 70-90 % NUE erreicht werden, nicht einmal bei einem geringen Stickstoffdüngungsniveau von 120 kg/ha. Laut (OENEMA 2014) ist ab einer NUE < 70 % mit N-Verlusten zu rechnen. Das unterschiedliche NUE-Niveau der einzelnen Standorte ist dabei gekoppelt an die Bodenzahl und die Wasserversorgung. Die Wuchstypen spielen dabei keine Rolle.

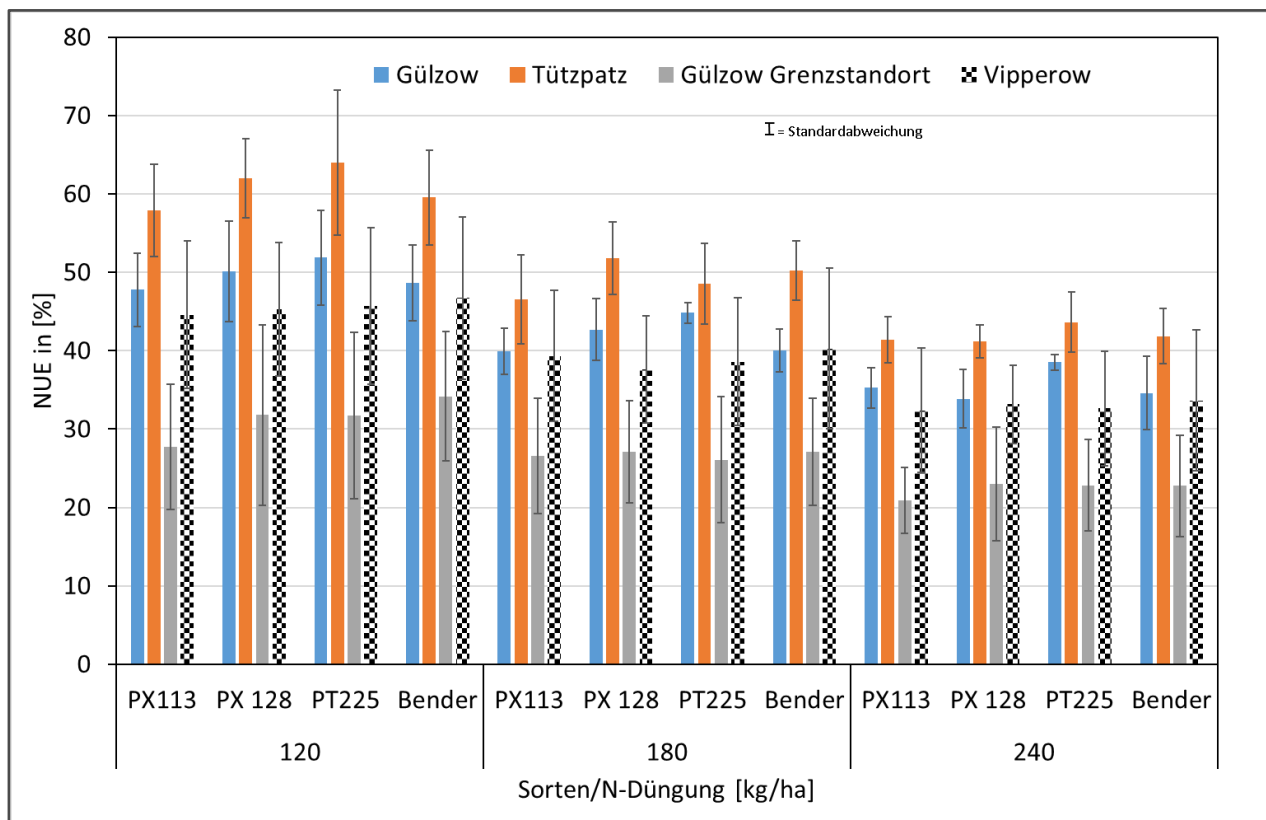


Abbildung 14: Mittlere standortspezifische Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) der Sorten in unterschiedlichen Düngenniveaus (Mittelwert 2018-2022)

4.4 Ökonomie

Erwartungsgemäß hatte die unterschiedliche N- Düngung einen statistisch gesicherten Einfluss auf den Ölertrag, die Wuchstypen hingegen nicht (Tabelle A 4). Folglich kann von einer detaillierten ökonomischen Betrachtung hinsichtlich unterschiedlicher Wuchstypen Abstand genommen werden. Eventuelle Einsparungen fungizider Maßnahmen im Herbst bei den kurzen Wuchstypen sind einerseits marginal, andererseits wird diese Maßnahme aus ökonomischer Sicht in den letzten Jahren sowieso immer mehr in Frage gestellt (HAHN 2023).

5 Fazit

Die Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Der in früheren Untersuchungen beschriebene Vorteil der kurzen Wuchstypen konnte in keinem der geprüften Merkmale nachgewiesen werden.
- Eine Wechselwirkung zwischen den Wuchstypen und den unterschiedlichen Standorten war nicht gegeben.
- Der Ertragsvorteil verschiedener genetischer Herkünfte überdeckt derzeit noch den positiven Ertragseffekt der selektierten und rekombinierten Kurzstrohtypen innerhalb einer Elternlinie.
- Folglich gibt es keine bessere Eignung der hier geprüften kurzen Wuchstypen für Sand- oder Trockenstandorte oder den Anbau in § 13 Gebieten.
- Aus den $N_{\min}$ -Gehalte zu Versuchsbeginn kann keine eindeutige Aussage hinsichtlich der Stickstoffaufnahme des Bestandes bis zum Vegetationsende getroffen werden. Hier spielen weitere Faktoren wie Witterung und Bestandesetablierung eine größere Rolle. Demzufolge können diese Untersuchungen bei ähnlich gelagerten Untersuchungsaspekten eingespart werden.
- Ökonomische Vorteile durch den Anbau kurzer Wuchstypen und daraus resultierender Einsparung an Wachstumsregelreinsatz im Herbst sind marginal.

6 Anhang-Tabellen

Tabelle A 1: Datenbasis der statistischen Auswertung der Versuchsserie (2018-2022)

Class	Levels	Values		
J	5	2018 2019 2020 2021 2022		
O	4	Gülzow GülzowG Tützpätz Vipperow		
S	4	Bender PT225 PX113 PX128		
T	2	kurz lang	Number of Observations Read	180
D	3	120 180 240	Number of Observations Used	180

Tabelle A 2: Statistische Auswertung des Korn-Ertrages der Versuchsserie (2018-2022)

COV PARM	Estimate
J*O	94,0294
J*O*T	0,8963
J*O*S*T	1,6251
Residual	4,0988

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
T	1	14	3,91	0,0681
D	2	116	15,59	<0,0001
T*D	2	116	0,51	0,6019

Least Squares Means

Effect	T	D	Estimate	Error	DF	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		37,7528	2,4559	15,4	0,05	32,5294	42,9762
T	lang		38,8853	2,46	15,5	0,05	33,656	44,1146
D		120	37,2187	2,4505	15,2	0,05	32,0029	42,4345
D		180	38,4719	2,4505	15,2	0,05	33,2561	43,6877
D		240	39,2666	2,4505	15,2	0,05	34,0508	44,4824
T*D	kurz	120	36,7202	2,4737	15,8	0,05	31,4715	41,9689
T*D	kurz	180	38,0491	2,4737	15,8	0,05	32,8004	43,2977
T*D	kurz	240	38,4892	2,4737	15,8	0,05	33,2405	43,7379
T*D	lang	120	37,7172	2,4791	16	0,05	32,4608	42,9736
T*D	lang	180	38,8947	2,4791	16	0,05	33,6383	44,1511
T*D	lang	240	40,044	2,4791	16	0,05	34,7875	45,3004

Differences of Least Squares Means und T-test

Effect	T	D	T	D	Estimate	Error	Pr > t	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		lang		-1,1325	0,5728	0,0681	0,05	-2,3612	0,09628
D		120		180	-1,2531	0,3698	0,001	0,05	-1,9857	-0,5206
D		120		240	-2,0478	0,3698	<0,0001	0,05	-2,7804	-1,3153
D		180		240	-0,7947	0,3698	0,0337	0,05	-1,5272	-0,06219
T*D	kurz	120	kurz	180	-1,3288	0,5142	0,011	0,05	-2,3473	-0,3103
T*D	kurz	120	kurz	240	-1,7689	0,5142	0,0008	0,05	-2,7874	-0,7504
T*D	kurz	120	lang	120	-0,997	0,7144	0,1723	0,05	-2,4511	0,4571
T*D	kurz	120	lang	180	-2,1744	0,7144	0,0046	0,05	-3,6286	-0,7203
T*D	kurz	120	lang	240	-3,3237	0,7144	<0,0001	0,05	-4,7779	-1,8696
T*D	kurz	180	kurz	240	-0,4401	0,5142	0,3938	0,05	-1,4586	0,5784
T*D	kurz	180	lang	120	0,3318	0,7144	0,6454	0,05	-1,1223	1,786
T*D	kurz	180	lang	180	-0,8456	0,7144	0,2451	0,05	-2,2998	0,6085
T*D	kurz	180	lang	240	-1,9949	0,7144	0,0087	0,05	-3,449	-0,5408
T*D	kurz	240	lang	120	0,772	0,7144	0,2878	0,05	-0,6822	2,2261
T*D	kurz	240	lang	180	-0,4055	0,7144	0,5742	0,05	-1,8596	1,0486
T*D	kurz	240	lang	240	-1,5548	0,7144	0,0369	0,05	-3,0089	-0,1007
T*D	lang	120	lang	180	-1,1775	0,5317	0,0287	0,05	-2,2305	-0,1244
T*D	lang	120	lang	240	-2,3267	0,5317	<0,0001	0,05	-3,3798	-1,2737
T*D	lang	180	lang	240	-1,1493	0,5317	0,0327	0,05	-2,2023	-0,09623

Tabelle A 3: Statistische Auswertung des Rohproteinertrages der Versuchsserie (2018-2022)

Cov Parm	Estimate
J*O	2,7797
J*O*T	0
J*O*S*T	0,07648
Residual	0,1381

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
T	1	43,1	2,57	0,1164
D	2	116	80,09	<0,0001
T*D	2	116	0,16	0,8486

Least Squares Means

Effect	T	D	Estimate	Error	DF	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		6,4784	0,4216	15,3	0,05	5,5814	7,3753
T	lang		6,6256	0,4222	15,4	0,05	5,7278	7,5234
D		120	6,0985	0,4212	15,3	0,05	5,2021	6,9949
D		180	6,6045	0,4212	15,3	0,05	5,7081	7,5009
D		240	6,953	0,4212	15,3	0,05	6,0566	7,8494
T*D	kurz	120	6,0277	0,4251	15,8	0,05	5,1259	6,9296
T*D	kurz	180	6,5487	0,4251	15,8	0,05	5,6468	7,4506
T*D	kurz	240	6,8586	0,4251	15,8	0,05	5,9568	7,7605
T*D	lang	120	6,1693	0,426	16	0,05	5,2662	7,0724
T*D	lang	180	6,6602	0,426	16	0,05	5,7571	7,5633
T*D	lang	240	7,0474	0,426	16	0,05	6,1442	7,9505

Differences of Least Squares Means

Effect	T	D	T	D	Estimate	Error	Pr > t	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		lang		-0,1473	0,0919	0,1164	0,05	-0,3326	0,03808
D		120		180	-0,506	0,0679	<0,0001	0,05	-0,6404	-0,3715
D		120		240	-0,8545	0,0679	<0,0001	0,05	-0,989	-0,72
D		180		240	-0,3485	0,0679	<0,0001	0,05	-0,483	-0,2141
T*D	kurz	120	kurz	180	-0,521	0,09441	<0,0001	0,05	-0,708	-0,334
T*D	kurz	120	kurz	240	-0,8309	0,09441	<0,0001	0,05	-1,0179	-0,6439
T*D	kurz	120	lang	120	-0,1415	0,1208	0,2439	0,05	-0,381	0,09793
T*D	kurz	120	lang	180	-0,6325	0,1208	<0,0001	0,05	-0,8719	-0,393
T*D	kurz	120	lang	240	-1,0196	0,1208	<0,0001	0,05	-1,2591	-0,7802
T*D	kurz	180	kurz	240	-0,3099	0,09441	0,0014	0,05	-0,4969	-0,1229
T*D	kurz	180	lang	120	0,3794	0,1208	0,0022	0,05	0,14	0,6189
T*D	kurz	180	lang	180	-0,1115	0,1208	0,3581	0,05	-0,351	0,128
T*D	kurz	180	lang	240	-0,4987	0,1208	<0,0001	0,05	-0,7381	-0,2592
T*D	kurz	240	lang	120	0,6894	0,1208	<0,0001	0,05	0,4499	0,9288
T*D	kurz	240	lang	180	0,1984	0,1208	0,1034	0,05	-0,04103	0,4379
T*D	kurz	240	lang	240	-0,1887	0,1208	0,1212	0,05	-0,4282	0,05074
T*D	lang	120	lang	180	-0,4909	0,09761	<0,0001	0,05	-0,6843	-0,2976
T*D	lang	120	lang	240	-0,8781	0,09761	<0,0001	0,05	-1,0714	-0,6848
T*D	lang	180	lang	240	-0,3872	0,09761	0,0001	0,05	-0,5805	-0,1938

Tabelle A 4: Statistische Auswertung des Rohfettertrages der Versuchsserie (2018-2022)

Cov Parm	Estimate
J*O	14,043
J*O*T	0,272
J*O*S*T	0,3482
Residual	0,9237

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
T	1	14	4,28	0,0576
D	2	116	8,13	0,0005
T*D	2	116	0,92	0,3999

Least Squares Means

Effect	T	D	Estimate	Error	DF	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		17,205	0,9572	15,6	0,05	15,172	19,2379
T	lang		17,7974	0,9599	15,8	0,05	15,7606	19,8343
D		120	17,109	0,9532	15,4	0,05	15,0818	19,1362
D		180	17,5978	0,9532	15,4	0,05	15,5706	19,625
D		240	17,7968	0,9532	15,4	0,05	15,7697	19,824
T*D	kurz	120	16,7609	0,9675	16,3	0,05	14,7131	18,8086
T*D	kurz	180	17,438	0,9675	16,3	0,05	15,3903	19,4858
T*D	kurz	240	17,416	0,9675	16,3	0,05	15,3683	19,4637
T*D	lang	120	17,4571	0,9709	16,5	0,05	15,4045	19,5098
T*D	lang	180	17,7575	0,9709	16,5	0,05	15,7049	19,8102
T*D	lang	240	18,1777	0,9709	16,5	0,05	16,125	20,2303

Differences of Least Squares Means

Effect	T	D	T	D	Estimate	Error	Pr > t	Alpha	Lower	Upper
T	kurz		lang		-0,5925	0,2865	0,0576	0,05	-1,2068	0,02186
D		120		180	-0,4888	0,1756	0,0063	0,05	-0,8365	-0,141
D		120		240	-0,6878	0,1756	0,0002	0,05	-1,0356	-0,3401
D		180		240	-0,1991	0,1756	0,2592	0,05	-0,5468	0,1487
T*D	kurz	120	kurz	180	-0,6771	0,2441	0,0065	0,05	-1,1606	-0,1937
T*D	kurz	120	kurz	240	-0,6551	0,2441	0,0083	0,05	-1,1386	-0,1716
T*D	kurz	120	lang	120	-0,6963	0,3509	0,0563	0,05	-1,4123	0,01979
T*D	kurz	120	lang	180	-0,9967	0,3509	0,0079	0,05	-1,7127	-0,2806
T*D	kurz	120	lang	240	-1,4168	0,3509	0,0003	0,05	-2,1329	-0,7008
T*D	kurz	180	kurz	240	0,02203	0,2441	0,9283	0,05	-0,4615	0,5055
T*D	kurz	180	lang	120	-0,01911	0,3509	0,9569	0,05	-0,7352	0,6969
T*D	kurz	180	lang	180	-0,3195	0,3509	0,3697	0,05	-1,0356	0,3965
T*D	kurz	180	lang	240	-0,7397	0,3509	0,0433	0,05	-1,4557	-0,02362
T*D	kurz	240	lang	120	-0,04114	0,3509	0,9075	0,05	-0,7572	0,6749
T*D	kurz	240	lang	180	-0,3415	0,3509	0,3381	0,05	-1,0576	0,3745
T*D	kurz	240	lang	240	-0,7617	0,3509	0,0378	0,05	-1,4777	-0,04565
T*D	lang	120	lang	180	-0,3004	0,2524	0,2364	0,05	-0,8003	0,1995
T*D	lang	120	lang	240	-0,7206	0,2524	0,0051	0,05	-1,2204	-0,2207
T*D	lang	180	lang	240	-0,4202	0,2524	0,0987	0,05	-0,92	0,07974

7 Anhang Abbildungen

2.2.4	2.3.4	2.4.4	2.1.4	3.1.4	3.4.4	3.2.4	3.3.4	1.3.4	1.1.4	1.4.4	1.2.4
1.4.3	1.1.3	1.3.3	1.2.3	3.2.3	3.3.3	3.4.3	3.1.3	2.2.3	2.4.3	2.3.3	2.1.3
3.3.2	3.2.2	3.1.2	3.4.2	2.4.2	2.1.2	2.3.2	2.2.2	1.1.2	1.3.2	1.2.2	1.4.2
2.1.1	2.4.1	2.2.1	2.3.1	1.3.1	1.2.1	1.1.1	1.4.1	3.4.1	3.2.1	3.1.1	3.3.1

Abbildung A 1: Beispielhafter Lageplan der Versuche

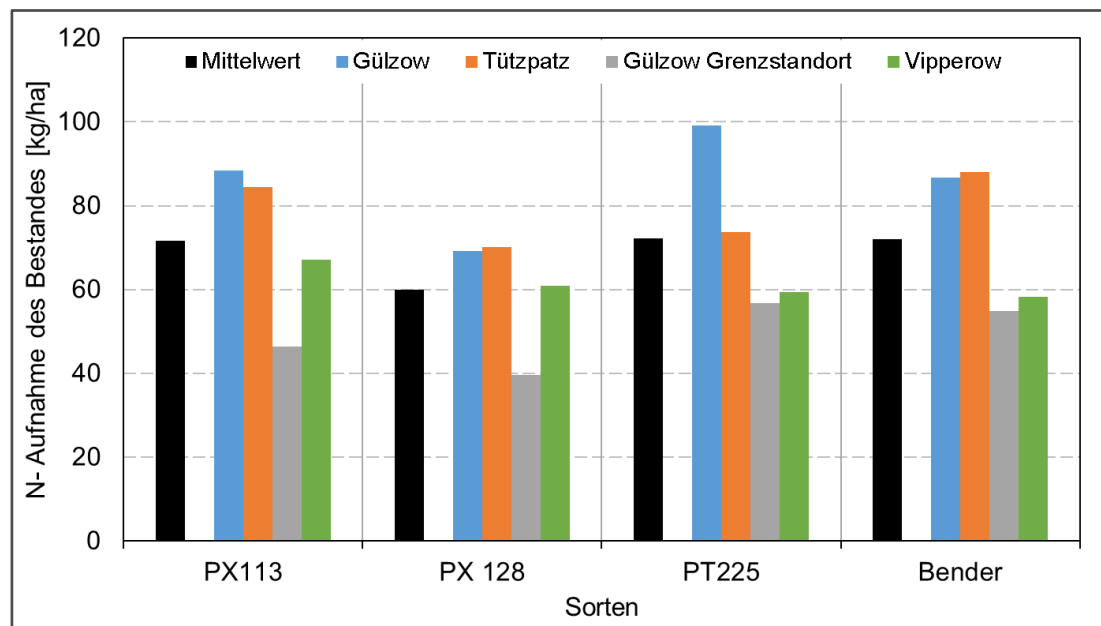


Abbildung A 2: Mittlere Stickstoffaufnahme des Bestandes [kg/ha] je geprüfter Sorte als Mittelwert aller Standorte und je Standort, (Mittelwerte 2018-2022)

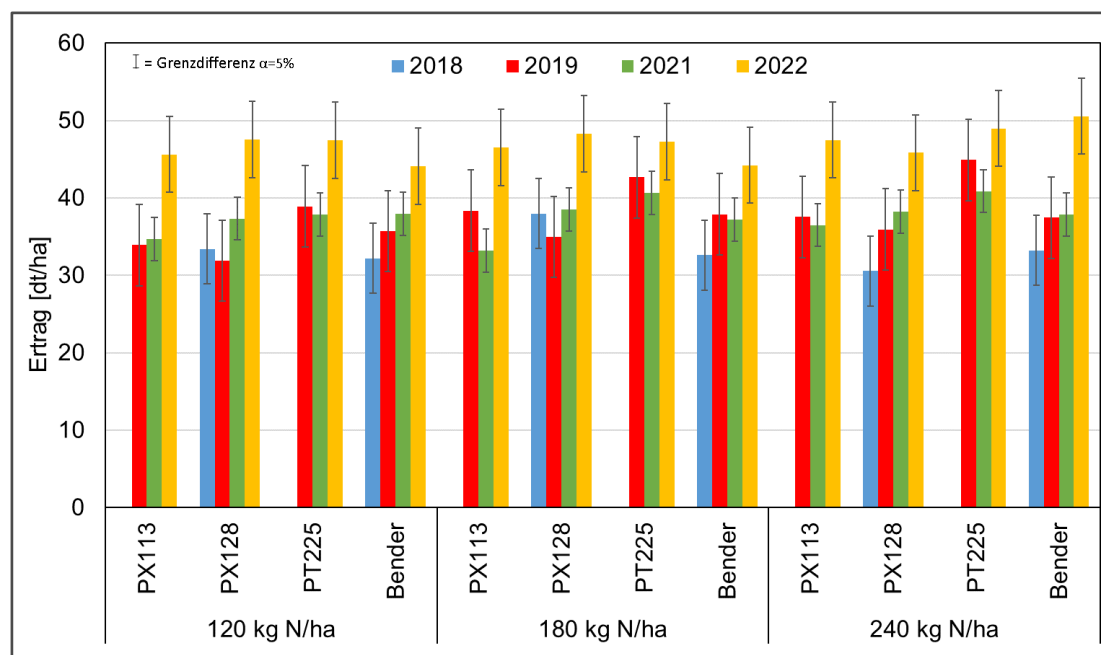


Abbildung A 3: Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Gülzow D4 in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung

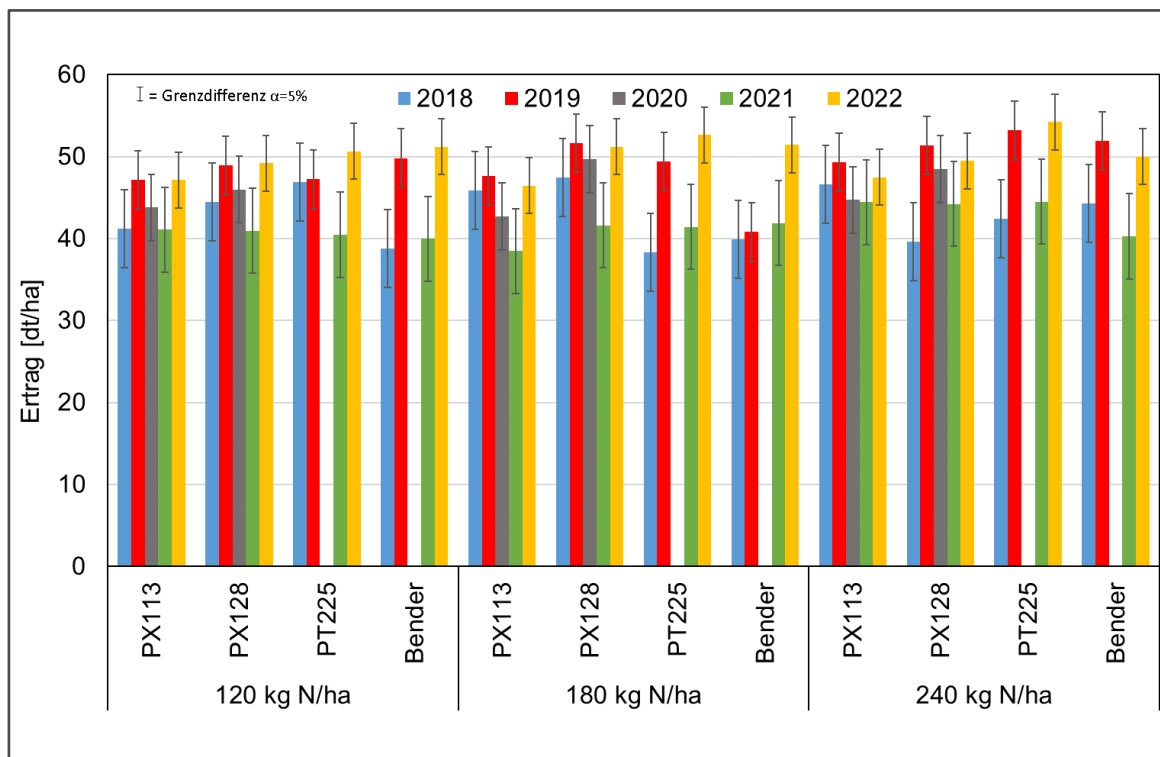


Abbildung A 4: Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Tützpatz in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung

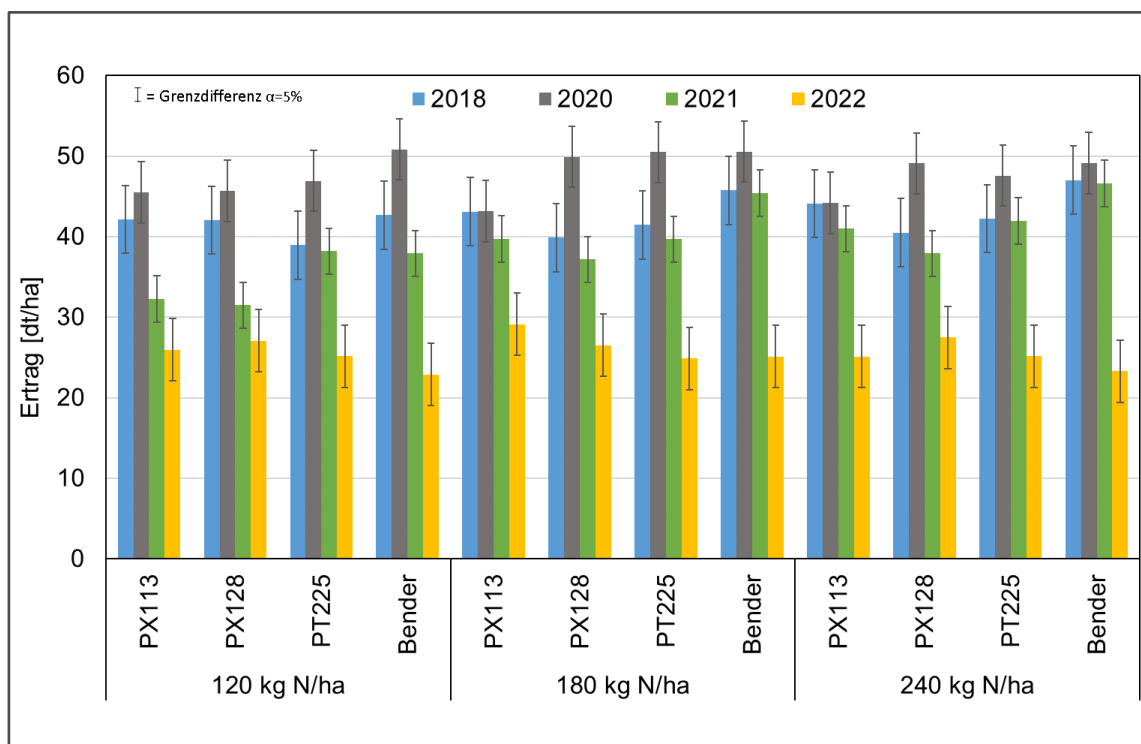


Abbildung A 5: Adjustierter jährlicher Kornertrag am Standort Vipperow in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung

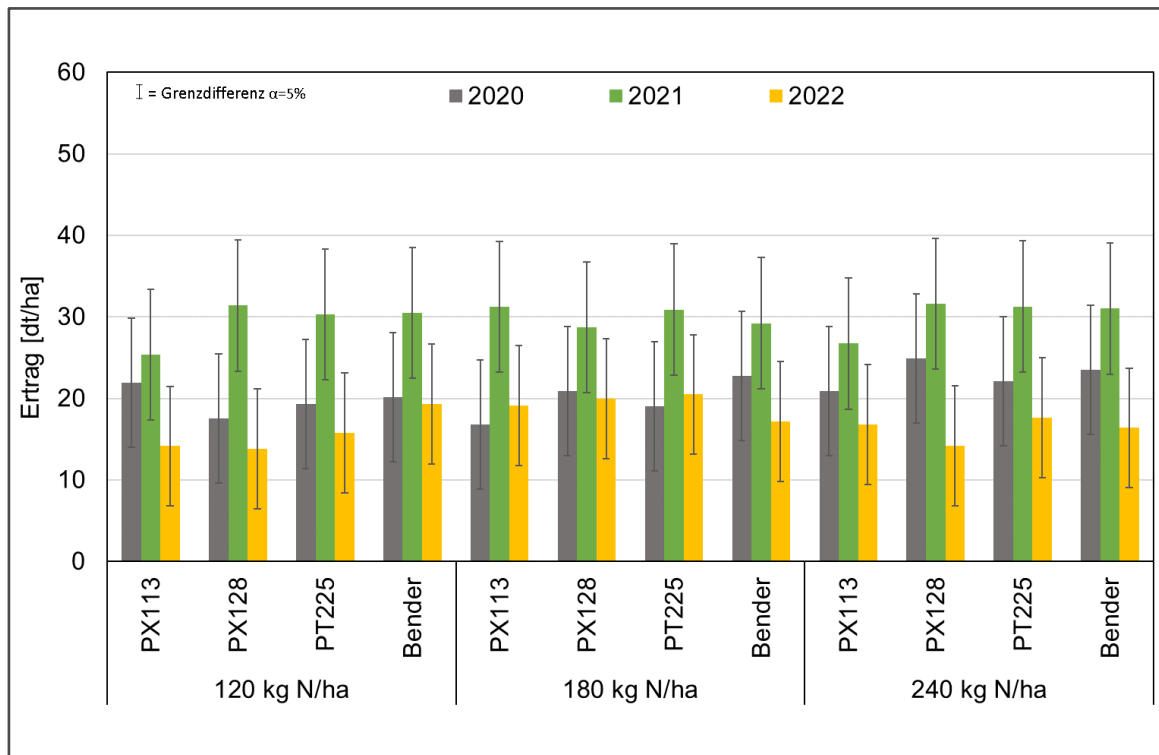


Abbildung A 6: Adjustierter jährlicher Kornertrag am Gülzow-Grenzstandort in Abhängigkeit von der Sorte und Höhe der N-Düngung

8 Literaturverzeichnis

- Bundesarbeitskreis Düngung (Hg.) (2017): Nährstoffeffizienz-zentrales Kriterium im Pflanzenbau. Unter Mitarbeit von F. Bentrup, G. Feger, H. Kage, S. Klinck, B. Osterburg, J. Eisele et al. Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e.V. (VLK) und des Bundesarbeitskreises Düngung. Würzburg, 11. und 12. April. Frankfurt (Main).
- Bundessortenamt (Hg.) (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenwesen. Landbuch-Verlag. Hannover.
- Hahn, M. (2023): Ergebnisse und Empfehlungen 2023. zum Integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau. Hg. v. Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Pflanzenschutzdienst.
- Miersch, S.; Gertz, A.; Breuer, F.; Schierholt, A.; Becker, H. C. (2016a): Influence of the Semi-dwarf Growth Type on Nitrogen Use Efficiency in Winter Oilseed Rape. In: *Crop Science* 56 (6), S. 2952. DOI: 10.2135/cropsci2016.01.0044.
- Miersch, S.; Gertz, A.; Breuer, F.; Schierholt, A.; Becker, H. C. (2016b): Influence of the Semi-dwarf Growth Type on Seed Yield and Agronomic Parameters at Low and High Nitrogen Fertilization in Winter Oilseed Rape. In: *Crop Science* 56 (4), S. 1573. DOI: 10.2135/cropsci2015.09.0554.
- Moll, R. H.; Kampratz, E. J.; Jackson, W. A. (1982): Analysis and Interpretation of Factors Which Contribute to Efficiency of Nitrogen Utilization. In: *Agron. J.* (74), S. 562–564. Online verfügbar unter https://www.nue.okstate.edu/Index_Publications/moll_NEW.pdf.
- Oenema, O. (2014): Stickstoffeffizienz der Landwirtschaft in Europa. Nutztiertagung Agroscope. Institut für Nutztierwissenschaften (INT). Agroscope. Agroscope Posieux, 01.10.2014.
- Schulz, R.-R.; Schumann, W. (2002): Verminderung von Stickstoffverlusten im Winterrapsanbau. Abschlussbericht. Hg. v. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern. Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft. Gülzow-Prüzen.
- Sieling, K.; Kage, H. (2008): The potential of semi-dwarf oilseed rape genotypes to reduce the risk of N leaching. In: *J. Agric. Sci.* 146 (1), S. 77–84. DOI: 10.1017/S0021859607007472.
- Stahl, A.; Pfeifer, M.; Frisch, M.; Wittkop, B.; Snowdon, R. J. (2017): Recent Genetic Gains in Nitrogen Use Efficiency in Oilseed Rape. In: *Frontiers in plant science* 8, S. 963. DOI: 10.3389/fpls.2017.00963.
- Storer, K. E.; Berry, P. M.; Kindred, D. R.; Sylvester-Bradley, R. (2018): Identifying oilseed rape varieties with high yield and low nitrogen fertiliser requirement. In: *Field Crops Research* 225, S. 104–116. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.06.005.